ACTUALIZACIÓN

# POMCA

CIÉNAGA DE MALLORQUÍN
Y LOS ARROYOS GRANDE Y LEÓN

## FASE DE DIAGNÓSTICO
## COMPONENTE BIOFÍSICO
## 2025

V 1

C.R.A
Corporación Autónoma
Regional del Atlántico

Consorcio
Mallorquín 2024

## TABLA DE CONTENIDO

**Pág.**

1. CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA CUENCA ..... 1
   1.1. Introducción ..... 1
   1.2. Ubicación geográfica de la Cuenca ..... 1
   1.3. Cartografía Base ..... 3
   1.4. Plantilla General ..... 5
      1.4.1. Estructura plantilla general ..... 6
      1.4.2. Sistema de referencia ..... 6
   1.5. Imágenes Satelitales ..... 7
   1.6. Modelo digital de elevación ..... 9
   1.7. Ajuste límite cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León ..... 11
      1.7.1. Verificación y ajuste de la red de drenaje ..... 12
      1.7.2. Ajuste limite cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León ..... 13
   1.8. División Político – Administrativa ..... 16
      1.8.1. Jerarquización de asentamientos urbanos ..... 21
      1.8.2. Áreas con reglamentación especial ..... 22
         1.8.2.1. Consejo comunitario de comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del municipio de Galapa ..... 23
2. GEOLOGÍA ..... 25
   2.1. Objetivos ..... 26
      2.1.1. Objetivo general ..... 26
      2.1.2. Objetivos específicos ..... 26
   2.2. Alcance ..... 26
   2.3. Metodología ..... 26
      2.3.1. Fase de pre-campo ..... 27
      2.3.2. Fase de campo ..... 28
      2.3.3. Fase de post-campo ..... 35
   2.4. Marco Geológico Regional ..... 35
      2.4.1. Estratigrafía regional ..... 39

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

2.4.1.1. Formación Las Perdices (PgNgp) ..... 43
2.4.1.2. Formación Hibácharo (Ngh) ..... 43
2.4.1.3. Formación Tubará (Ngt) ..... 45
2.4.1.4. Formación La Popa (Qpp) ..... 47
2.4.1.5. Depósitos eólicos (Qe) ..... 49
2.4.1.6. Depósitos Coluvioaluviales (Qcal) ..... 50
2.4.1.7. Depósitos fluviolacustre (Qfl) ..... 50
2.4.1.8. Depósitos marinos de playa (Qmp) ..... 50
2.5. Geología Básica con fines de Ordenamiento de cuencas Hidrográfica (Esc. 1:25.000) ..... 50
2.5.1. Formación Las Perdices (PgNgp) ..... 53
2.5.2. Formación Hibácharo (Ngh) ..... 55
2.5.3. Formación Tubará (Ngt) ..... 57
2.5.4. Formación La Popa (Qpp) ..... 59
2.5.5. Depósitos eólicos (Qe) ..... 61
2.5.6. Depósitos fluviolacustre (Qfl) ..... 62
2.5.7. Depósitos Coluvioaluviales (Qcal) ..... 62
2.5.8. Depósitos de playa (Qmp) ..... 63
3. GEOMORFOLOGÍA ..... 66
3.1. Geomorfología con fines edafológicos ..... 66
3.1.1. Categorías geomorfológicas ..... 66
3.1.2. Insumos ..... 67
3.1.3. Proceso metodológico ..... 67
3.1.4. Caracterización geomorfológica de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín ..... 67
3.1.4.1. Paisaje de lomerío (L) ..... 67
3.1.4.1.1. Ambiente estructural ..... 68
3.1.4.1.2. Ambiente denudacional ..... 69
3.1.4.1.3. Ambiente deposicional ..... 69
3.1.4.2. Paisaje de Planicie (R) ..... 71
3.1.4.2.1. Ambiente deposicional ..... 71
3.2. Geomorfología para la Gestión del riesgo ..... 77

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

3.2.1. Metodología ..... 78

3.2.2. Geomorfología de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León ..... 82

3.2.2.1. Geomorfoestructura ..... 83

3.2.2.2. Provincia geomorfológica ..... 83

3.2.2.3. Regiones ..... 84

3.2.2.4. Unidad geomorfológica ..... 85

3.2.2.5. Subunidad geomorfológica ..... 85

3.2.2.6. Componente o elemento geomorfológico ..... 85

3.2.3. Morfogénesis de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León ..... 88

3.2.3.1. Ambiente antropogénico ..... 91

3.2.3.1.1. Canal artificial (Aca) ..... 91

3.2.3.1.2. Cantera (Ac) ..... 92

3.2.3.1.3. Centro poblados (Acp) ..... 92

3.2.3.1.4. Excavaciones (Ase) ..... 93

3.2.3.1.5. Planta de tratamiento de aguas residuales (Apt) ..... 94

3.2.3.1.6. Rellenos de basura o rellenos sanitarios (Arb) ..... 95

3.2.3.1.7. Relleno de escombros y/o escombreras (Are) ..... 96

3.2.3.1.8. Superficie de explanación (Asp) ..... 97

3.2.3.1.9. Tajamares (At) ..... 98

3.2.3.2. Ambiente denudacional ..... 99

3.2.3.2.1. Cerro remanente o relicto (Dcrem) ..... 99

3.2.3.2.2. Escarpe de erosión mayor (Deem) ..... 100

3.2.3.2.3. Escarpe de erosión menor (Deeme) ..... 101

3.2.3.2.4. Ladera erosiva (Dle) ..... 101

3.2.3.2.5. Loma denudada (Dld) ..... 102

3.2.3.2.6. Loma residual (Dlor) ..... 102

3.2.3.2.7. Lomeríos disectados (Dldi) ..... 103

3.2.3.2.8. Lomeríos poco disectados (Dldp) ..... 104

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

3.2.3.2.9. Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo) ..... 105
3.2.3.2.10. Planicie ondulada (Dpo) ..... 106
3.2.3.3. Ambiente eólico ..... 107
3.2.3.3.1. Dunas (Edu) ..... 107
3.2.3.4. Ambiente estructural ..... 108
3.2.3.4.1. Cuesta (Sc) ..... 108
3.2.3.4.2. Ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc) ..... 109
3.2.3.4.3. Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc) ..... 109
3.2.3.4.4. Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc) ..... 110
3.2.3.4.5. Ladera estructural de cuesta (Scle) ..... 110
3.2.3.4.6. Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale) ..... 111
3.2.3.5. Ambiente fluvial ..... 111
3.2.3.5.1. Cauce aluvial (Fca) ..... 111
3.2.3.5.2. Laguna (Fla) ..... 112
3.2.3.5.3. Planicie aluvial confinada (Fpac) ..... 113
3.2.3.5.4. Plano o llanura de inundación (Fpi) ..... 114
3.2.4. Ambiente marino ..... 115
3.2.4.1. Acantilado (Ma) ..... 115
3.2.4.1.2. Espiga (Me) ..... 116
3.2.4.1.3. Laguna costera (Mlc) ..... 116
3.2.4.1.4. Playas (Mpl) ..... 117
3.2.4.1.5. Plano de inundación (Mpi) ..... 118
3.2.4.1.6. Plano y llanura con vegetación halófila (Mpv) ..... 119
3.2.4.1.7. Terrazas marinas (Mtm) ..... 120
3.2.5. Morfodinámica de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León ..... 121
3.2.5.1. Deslizamiento rotacional ..... 123
3.2.5.2. Reptaciones ..... 124
3.2.5.3. Deslizamiento translacional ..... 124
3.2.5.4. Socavación lateral ..... 125

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

3.2.5.5. Erosión laminar y en cárcavas ..... 126
3.2.6. Cambios Geomorfológicos de la Línea de Costa en la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León ..... 127
4. HIDROGEOLOGÍA ..... 130
4.1. Introducción ..... 130
4.1.1. Objetivos ..... 131
4.1.2. Marco de Referencia ..... 131
4.1.3. Metodología ..... 131
4.2. Inventario de Puntos de Agua Subterránea, Usos Actuales y Usuarios de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León ..... 132
4.2.1. Manantiales ..... 134
4.2.2. Pozos Profundos ..... 135
4.2.3. Aljibes ..... 136
4.2.4. Registro Fotográfico ..... 143
4.2.5. Análisis de la información ..... 170
4.2.5.1. Pozos tipo aljibe ..... 171
4.2.5.2. Pozos profundos ..... 172
4.2.6. Información complementaria ..... 172
4.3. Geotomografía ..... 174
4.3.1. Prospección geofísica ..... 174
4.3.2. Método de geotomografía de resistividad eléctrica: ..... 174
4.3.2.1. Marco teórico de la T.R.E. (2D) ..... 175
4.3.2.2. Variación vertical de la resistividad ..... 176
4.3.2.3. Metodología ..... 177
4.3.2.3.1. Wenner ..... 177
4.3.2.3.2. Schlumberger ..... 177
4.3.2.4. Interpretación ..... 178
4.3.2.5. Ventajas y limitaciones del método ..... 180
4.3.3. Localización ..... 181
4.3.4. Resultados obtenidos ..... 184
4.3.5. Registro fotográfico ..... 196

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

4.3.6. Análisis de los resultados ... 201
4.3.6.1. Perfil geotomográfico de resistividad eléctrica No. 1 ... 201
4.3.6.1.1. Interpretación por unidades hidrogeológicas ... 203
4.3.6.1.2. Interpretación por unidades estratigráficas ... 205
4.3.6.2. Perfil geotomográfico de resistividad eléctrica No. 2 ... 206
4.3.6.2.1. Interpretación por unidades hidrogeológicas ... 209
4.3.6.2.2. Interpretación por unidades estratigráficas ... 210
4.3.6.3. Perfil geotomográfico de resistividad eléctrica No. 3 ... 210
4.3.6.3.1. Interpretación por unidades hidrogeológicas ... 213
4.3.6.3.2. Interpretación por unidades estratigráficas ... 214
4.3.6.4. Perfil geotomográfico de resistividad eléctrica No. 4 ... 214
4.3.6.4.1. Interpretación por unidades hidrogeológicas ... 217
4.3.6.4.2. Interpretación por unidades estratigráficas ... 219
4.3.7. Conclusiones ... 219
4.3.8. Consideraciones generales ... 219
4.4. Estimación de la Oferta Hídrica Subterránea ... 220
4.4.1. 4Determinación de la retención pluvial (Ret) ... 222
4.4.2. Determinación de la precipitación infiltrada, Pin ... 222
4.4.3. Balance del suelo ... 222
4.4.4. Cálculo de la recarga potencial (Rp) ... 223
4.5. Prueba de Bombeo ... 225
4.5.1. Objetivos ... 226
4.5.2. Metodología ... 226
4.5.2.1. Pruebas de bombeo en pozos profundos ... 226
4.5.2.2. Pruebas de bombeo en pozos tipo aljibe ... 228
4.5.2.3. Permeabilidad o conductividad hidráulica (K): ... 229
4.5.2.4. Transmisividad ... 230
4.5.3. Localización ... 232
4.5.4. Pozo PB No. 1 – Vereda Las Margaritas ... 233
4.5.4.1. Datos del pozo ... 233

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

4.5.4.2. Capacidad específica: 233
4.5.4.3. Parámetros hidráulicos 233
4.5.4.4. Prueba de recuperación 236
4.5.5. Pozo PB No. 2 – Acueducto de Vereda Pital de Megua 238
4.5.5.1. Datos del pozo 238
4.5.5.2. Capacidad Especifica: 238
4.5.5.3. Parámetros hidráulicos 238
4.5.5.4. Prueba de recuperación 240
4.5.6. Pozo PB No. 3 – corregimiento de Juan Minas 242
4.5.6.1. Datos del pozo 242
4.5.6.2. Capacidad específica 244
4.5.6.3. Parámetros hidráulicos 244
4.5.6.4. Prueba de recuperación 245
4.5.7. Pozo PB No. 4 – Arroyo León 247
4.5.7.1. Datos del pozo 247
4.5.7.2. Capacidad específica: 247
4.5.7.3. Parámetros hidráulicos 247
4.5.7.4. Prueba de recuperación 249
4.5.8. Registro fotográfico 252
4.5.9. Conclusiones 256
4.6. Hidrogeoquímica de la Cuenca 257
4.6.1. Análisis "In Situ" 257
4.6.2. Clasificación del tipo de agua subterránea diagramas de pipper 259
4.6.2.1. Localización de los pozos muestreados 260
4.6.2.2. Fundamento teórico de los diagramas de pipper 260
4.6.2.3. Análisis de laboratorio 261
4.6.2.4. Diagrama de pipper 263
4.7. Unidades Hidrogeológicas 265
4.7.1. Sedimentos con flujo intergranular 266
4.7.1.1. Acuífero de depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal) 266
4.7.1.2. Acuífero de depósitos Eólicos (Qe) 268

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

4.7.1.3. Acuífero de la formación La Popa (Qpp) ..... 271
4.7.1.4. Acuífero de la formación Tubará (Ngt) ..... 273
4.7.1.5. Acuífero de la formación Las Perdices (PgNgp) ..... 275
4.8. Análisis Vulnerabilidad Preliminar del Acuífero por el Método DRASTIC ..... 277
4.8.1. Fundamento Teórico ..... 277
4.8.2. Vulnerabilidad del acuífero en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León ..... 283
4.9. Modelo Conceptual ..... 290
4.9.1. Generalidades ..... 290
4.9.2. Recarga y descarga: ..... 291
4.9.2.1. Periodo seco ..... 294
4.9.2.2. Periodo húmedo ..... 295
4.9.3. Observaciones finales ..... 295
5. HIDROGRAFÍA ..... 297
5.1. Revisión y Ajuste de los Límites Geográficos de la Cuenca ..... 298
5.2. Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas Nivel I ..... 304
5.3. Caracterización de la Red de Drenaje ..... 307
6. CLIMA ..... 313
6.1. Recopilación de Información Secundaria ..... 313
6.1.1. Recopilación de datos históricos climatológicos ..... 313
6.2. Estudio de Climatología ..... 314
6.2.1. Análisis de la información disponible ..... 315
6.2.1.1. Selección periodo de registro ..... 315
6.2.1.2. Complementación de datos ..... 319
6.2.1.3. Análisis de consistencia ..... 319
6.2.1.4. Análisis de homogeneidad conducente ..... 323
6.2.1.5. Corrección de datos ..... 323
6.2.1.6. Análisis de datos atípicos ..... 325
6.2.1.7. Análisis de variabilidad climática intra e interanual ..... 329
6.2.1.8. Análisis de variabilidad interanual de la precipitación ..... 330
6.2.1.8.1. ONI – Índice Oceánico de El Niño ..... 330

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

6.2.1.9. Análisis espacio temporal de brillo solar, humedad relativa y evaporación 333
6.2.1.9.1. Brillo solar ... 333
6.2.1.9.2. Humedad relativa ... 339
6.2.1.9.3. Evaporación ... 345
6.2.1.10. Análisis de precipitación ... 351
6.2.1.11. Análisis temperatura ... 358
6.2.1.11.1. Temperaturas puntuales ... 358
6.2.2. Zonificación climática ... 377
6.2.3. Índice de aridez ... 379
6.2.3.1. Evapotranspiración potencial ... 380
6.2.3.2. Evapotranspiración real ... 385
6.2.3.3. Resultado índice de aridez ... 390
6.3. ANEXOS ... 392
7. HIDROLOGÍA ... 394
7.1. Generalidades ... 394
7.1.1. Inventario de infraestructuras hidráulicas ... 394
7.1.2. Sistemas lénticos naturales ... 398
7.1.3. Información utilizada ... 401
7.1.4. Análisis de frecuencia de máximos de las estaciones ... 401
7.1.5. Análisis de frecuencia de mínimos de las estaciones ... 401
7.1.6. Sedimentos ... 401
7.2. Balance Hídrico ... 401
7.3. Caracterización del Régimen Hidrológico ... 402
7.3.1. Descripción conceptual del modelo GR4J ... 403
7.3.2. Datos de entrada al modelo GR4J ... 407
7.3.2.1. Preparación del entorno de trabajo de la modelación ... 407
7.3.2.2. Introducción de los datos para modelar el periodo (1993-2023) ... 409
7.3.3. Calibración del modelo ... 411
7.3.4. Simulación de caudales medios diarios ... 412
7.3.5. Cálculo de caudales mínimos ... 414

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

7.3.6. Cálculo de caudales máximos ..... 414
7.3.7. Rendimiento hídrico para condiciones hidrológicas medias, secas y húmedas 431
7.4. Caudales Ambientales ..... 433
7.4.1. Métodos para la estimación de caudales ambientales ..... 433
7.4.2. Valores de caudales ambientales de acuerdo con cada metodología ..... 441
7.5. Estimación de la oferta hídrica disponible ..... 443
7.6. Demanda hídrica superficial ..... 444
7.6.1. Metodología ..... 444
7.6.1.1. Estimación de la demanda hídrica total ..... 445
7.6.2. Módulos de consumo ..... 446
7.6.2.1. Módulos de consumo uso doméstico ..... 446
7.6.2.2. Módulos de consumo agrícola ..... 446
7.6.2.3. Módulos de consumo uso pecuario ..... 446
7.6.3. Demanda hídrica potencial para uso doméstico ..... 449
7.6.3.1. Estimación de las pérdidas técnicas ..... 452
7.6.3.2. Estimación de la dotación bruta ..... 452
7.6.3.3. Estimación de la demanda potencial de agua del sector doméstico ..... 453
7.6.4. Demanda hídrica potencial para uso agrícola ..... 457
7.6.4.1. Información de los tipos de cultivos ..... 458
7.6.5. Demanda hídrica potencial para uso pecuario ..... 462
7.6.5.1. Subsector bovino ..... 464
7.6.5.2. Determinación de la demanda hídrica bovinos ..... 464
7.6.5.3. Subsector porcino ..... 464
7.6.5.4. Determinación de la demanda hídrica porcinos ..... 465
7.6.5.5. Subsector avícola ..... 465
7.6.5.6. Determinación de la demanda hídrica avícola ..... 466
7.6.5.7. Subsector equino, caprino y ovino ..... 466
7.6.5.8. Determinación de la demanda hídrica equina, caprina y ovina ..... 467
7.6.5.9. Demanda hídrica total pecuaria ..... 467
7.6.6. Demanda hídrica potencial ..... 469
7.6.7. Demanda concesionada ..... 471

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

7.7. Indicadores de estado del recurso hídrico ..... 473
7.7.1. Índice de Retención y Regulación Hídrica – IRH ..... 473
7.7.2. Índice de uso de agua (IUA) ..... 476
7.7.3. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) ..... 481
7.8. Identificación de necesidades de información y conocimiento ..... 485
7.9. Conclusiones y recomendaciones ..... 486
8. MORFOMETRÍA ..... 488
8.1. Generalidades ..... 488
8.2. Parámetros Físicos de la Cuenca ..... 490
8.2.1. Área de drenaje de la cuenca (AC) [KM$^2$] ..... 490
8.2.2. Perímetro de la cuenca ..... 491
8.2.3. Longitud recta de la cuenca ..... 491
8.2.4. Ancho de la cuenca (W) [KM] ..... 491
8.2.5. Resultados y análisis de los parámetros físicos de la cuenca ..... 491
8.3. Parámetros de Forma de la Cuenca ..... 492
8.3.1. Índice de compacidad o índice de gravelius ..... 492
8.3.2. Factor de forma (KF) ..... 492
8.3.3. Índice de alargamiento ..... 493
8.3.4. Índice asimétrico ..... 494
8.3.5. Resultados y análisis de los parámetros de forma de la cuenca ..... 494
8.4. Características de Relieve de la Cuenca ..... 496
8.4.1. Pendiente media de la cuenca ..... 496
8.4.2. Elevación media de la cuenca ..... 497
8.4.3. Resultados y análisis de las características del relieve de la cuenca ..... 497
8.5. Características del Sistema de Drenaje ..... 500
8.5.1. Longitud del cauce (L) [KM] ..... 500
8.5.2. Perfil del cauce ..... 500
8.5.3. Pendiente media del cauce ..... 500
8.5.4. Tiempo de concentración ..... 501
8.5.5. Resultados y análisis de las características del sistema de drenaje ..... 503
9. PENDIENTES ..... 506

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

9.1. Introducción ..... 506
9.2. Objetivos ..... 506
9.2.1. General ..... 506
9.2.2. Específicos ..... 506
9.3. Generalidades ..... 507
9.4. Metodología ..... 508
10. CALIDAD DE AGUA Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO ..... 518
10.1. Redes de Monitoreo Existentes en la Cuenca ..... 518
10.1.1. Estudio regional de aguas 2023 ..... 518
10.1.2. Estudio de caracterización de agua superficial – CRA ..... 521
10.1.3. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM) – INVEMAR ..... 523
10.1.4. Otros monitoreos ..... 526
10.2. Estaciones de Monitoreo para la Cuenca ..... 528
10.2.1. Factores considerados para la localización de los puntos de monitoreo ..... 529
10.2.1.1. Hidrografía y centros poblados ..... 529
10.2.1.2. Desarrollo de actividades económicas ..... 531
10.2.1.3. Red de monitoreo existente ..... 531
10.2.2. Red de monitoreo propuesta ..... 532
10.2.3. Descripción de puntos de monitoreo ..... 535
10.2.3.1. Arroyo León aguas arriba y aguas abajo del vertimiento PTAR El Pueblito ..... 535
10.2.3.2. Arroyo León aguas abajo desembocadura Arroyo Grande ..... 545
10.2.3.3. Arroyo León antes de desembocadura al Mar Caribe ..... 548
10.2.3.4. Arroyo Grande aguas abajo casco urbano Galapa (antes de Peaje Juan Mina) ..... 551
10.2.3.5. Arroyo Grande aguas abajo desembocadura Arroyo Granada ..... 555
10.2.3.6. Arroyo Granada antes de desembocadura en Arroyo Grande ..... 558
10.2.3.7. Ciénaga de Mallorquín (centro) ..... 562
10.2.4. Objetivos de calidad ..... 565
10.2.4.1. Resolución 0503 de 2018 CRA ..... 565

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

10.2.4.2. Resolución 0449 de 2021 CRA ..... 566
10.2.5. Análisis de los resultados del monitoreo ..... 568
10.2.5.1. Temperatura ..... 569
10.2.5.2. Potencial de Hidrógeno pH ..... 569
10.2.5.3. Oxígeno disuelto ..... 570
10.2.5.4. Conductividad ..... 572
10.2.5.5. Fósforo ..... 573
10.2.5.6. Nitrógeno ..... 574
10.2.5.7. Materia orgánica (Demanda Bioquímica de Oxígeno -$DBO_5$- y Demanda Química de Oxigeno – DQO-) ..... 574
10.2.5.8. Sólidos en suspensión totales ..... 576
10.2.5.9. Coliformes ..... 577
10.3. Identificación de Actividades Generadoras de Vertimientos ..... 580
10.3.1. Antecedentes POMCA 2007 ..... 580
10.3.2. Actividades revisadas en actualización 2025 ..... 581
10.3.2.1. Sector doméstico ..... 582
10.3.2.2. Sector agrícola ..... 584
10.3.2.3. Sector pecuario y agroindustria ..... 584
10.3.2.4. Sector Industrial ..... 584
10.3.2.5. Sector minero ..... 585
10.3.2.6. Sector Servicios ..... 586
10.4. Manejo de Vertimientos y Residuos Sólidos ..... 587
10.4.1. Municipio de Baranoa ..... 589
10.4.2. Distrito de Barranquilla ..... 594
10.4.2.1. Manejo de vertimientos en la cuenca ..... 594
10.4.2.1.1. Estación Depuradora de Aguas Residuales – EDAR El Pueblo ..... 595
10.4.2.1.2. Sectores críticos y/o con ausencia de sistemas de alcantarillado ..... 604
10.4.2.2. Manejo de residuos sólidos ..... 609
10.4.2.2.1. Antecedentes antiguo Relleno Sanitario Henequén ..... 609
10.4.2.2.2. Relleno Sanitario Parque Ambiental Los Pocitos ..... 611
10.4.3. Municipio de Galapa ..... 620

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

10.4.3.1. Manejo de vertimientos ..... 621
10.4.3.1.2. Urbanización Villa Olímpica ..... 623
10.4.3.1.3. Sectores críticos y/o con ausencia de sistemas de alcantarillado ..... 628
10.4.3.2. Manejo de residuos ..... 631
10.4.4. Municipio de Puerto Colombia ..... 633
10.4.4.1. Manejo de vertimientos ..... 633
10.4.4.2. Manejo de residuos ..... 638
10.4.5. Municipio de Soledad ..... 640
10.4.6. Municipio de Tubará ..... 640
10.5. Estado del Servicio de Acueducto ..... 641
10.5.1. Municipio de Baranoa ..... 646
10.5.2. Municipio de Galapa ..... 651
10.5.2.1. Sector Paluato ..... 652
10.5.2.2. PTAP Urbanización Villa Olímpica ..... 655
10.5.3. Municipio de Tubará ..... 658
10.5.4. Municipio de Puerto Colombia ..... 662
10.5.5. Acueducto Regional del Norte ..... 665
10.6. Índice de Calidad del Agua ..... 667
10.6.1. Metodología de cálculo ..... 667
10.6.2. Resultados de evaluación del ICA para la cuenca ..... 669
10.7. Estimación de Cargas Contaminantes ..... 673
10.7.1. Metodología ..... 673
10.7.2. Inventarios de usuarios existentes ..... 674
10.7.3. Resultados de carga contaminante por unidad hidrográfica de nivel I ..... 676
10.7.3.1. Cargas contaminantes de origen doméstico ..... 676
10.7.3.2. Cargas contaminantes de origen agrícola ..... 677
10.7.3.3. Cargas contaminantes de origen pecuario ..... 678
10.7.3.4. Cargas contaminantes de origen industrial, comercial y de servicios ..... 679
10.7.4. Presión por carga contaminante al agua superficial en la subzona hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León ..... 680
10.8. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua ..... 681

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

10.8.1. Metodología de cálculo ..... 681
10.8.2. Resultados de la evaluación del IACAL ..... 684
11. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS ..... 689
11.1. Introducción ..... 689
11.2. Objetivos ..... 690
11.2.1. Objetivo general ..... 690
11.2.2. Objetivos específicos ..... 690
11.3. Desarrollo Metodológico ..... 690
11.3.1. Etapa 1: análisis y evaluación de la información existente en el área de la cuenca ..... 691
11.3.1.1. Las expresiones de la geomorfología en la cuenca ..... 692
11.3.1.2. Clima ambiental ..... 692
11.3.1.3. Materiales parentales de suelos ..... 692
11.3.2. Etapa 2: oferta de información generada por el POMCA. ..... 693
11.3.2.1. Mapa de pendientes a escala 1:25.000 ..... 694
11.3.2.2. Información geológica ..... 696
11.3.2.3. Informe de Geomorfología con criterios edafológicos ..... 697
11.3.3. Etapa 3: Mosaico edáfico de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León modificado y complementado con los mapas generados por el POMCA ..... 702
11.3.3.1. Observaciones realizadas ..... 702
11.3.3.2. Descripción de las unidades geomorfopedológicas ..... 708
11.3.3.3. El sistema de clasificación ..... 723
11.3.3.4. Factores que limitan la capacidad de uso de las tierras ..... 724
11.3.3.5. Clases y subclases ..... 726
11.3.3.5.1. Tierras aptas para agricultura y ganadería con cultivos transitorios intensivos, semi-intensivos y ganadería semi-intensivos, clase 3 ..... 734
11.3.3.5.2. Tierras aptas para cultivos transitorios semi-intensivos y ganadería, clase 4. ..... 739
11.3.3.5.3. Tierras aptas para ganadería estacional y conservación del ecosistema clase 5 ..... 745

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

11.3.3.5.4. Tierras aptas para reforestación, ganadería extensiva, cultivos permanentes y sistemas agroforestales clase 6 ..... 747
11.3.3.5.5. Tierras que requieren cobertura vegetal permanente multiestrata-bosque protector productor clase 7 ..... 752
11.3.3.5.6. Tierras para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, clase 8 ..... 754
11.3.3.6. Definición de las unidades de uso. ..... 757
11.3.3.6.1. Cultivos transitorios intensivos (CTI) ..... 757
11.3.3.6.2. Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) ..... 757
11.3.3.6.3. Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) ..... 758
11.3.3.6.4. Pastoreo extensivo (PEX) ..... 758
11.3.3.6.5. Sistemas Agro silvícolas (AGS) ..... 759
11.3.3.6.6. Sistemas silvopastoriles (SPA) ..... 759
11.3.3.6.7. Sistemas forestales protectores (FPR) ..... 760
11.3.3.6.8. Áreas para la conservación y/o para recuperación de la naturaleza (CRE) ..... 760
12. COBERTURA Y USO DE LA TIERRA ..... 763
12.1. Objetivos ..... 764
12.1.1. Objetivos generales ..... 765
12.1.2. Objetivos específicos ..... 765
12.2. Aspectos Metodológicos ..... 765
12.2.1. Metodología CORINE Land Cover ..... 766
12.2.1.1. Imágenes ..... 768
12.2.1.1.1. Combinación de bandas ..... 769
12.2.1.2. Etapas en la elaboración y verificación del mapa de coberturas de la tierra ..... 770
12.2.1.2.1. Interpretación preliminar del mapa de coberturas ..... 771
12.2.1.2.2. Trabajo de verificación en campo ..... 772
12.2.1.3. Interpretación definitiva y control de calidad final ..... 773
12.2.2. Metodología uso actual de la tierra ..... 774
12.2.2.1. Etapas en la clasificación del uso actual de la tierra ..... 775

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

12.2.3. Metodología análisis multitemporal ..... 775
12.2.3.1. Etapas en la realización del análisis multitemporal de coberturas ..... 779
12.2.4. Metodología cálculo de indicadores de estado ..... 780
12.2.4.1. Indicador de tasa de cambio de las coberturas naturales (TCCN) ..... 781
12.2.4.2. Índice de vegetación remanente (IVR) ..... 782
12.2.4.3. Índice de fragmentación (IF) ..... 782
12.2.4.4. Índice de presión demográfica (IPD) ..... 783
12.2.4.5. Índice de ambiente critico (IAC) ..... 784
12.2.4.6. Índice del estado actual de las coberturas naturales (IEACN) ..... 784
12.2.5. Otras consideraciones metodológicas ..... 786
12.3. Descripción de las Coberturas de la Tierra en la Cuenca ..... 786
12.3.1. Territorios artificializados ..... 789
12.3.1.1. Tejido urbano continuo (1.1.1) ..... 789
12.3.1.2. Tejido urbano discontinuo (1.1.2) ..... 789
12.3.1.3. Zonas industriales o comerciales (1.2.1) ..... 789
12.3.1.4. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados (1.2.2) ..... 789
12.3.1.5. Aeropuertos (1.2.4) ..... 789
12.3.1.6. Obras hidráulicas (1.2.5) ..... 789
12.3.1.7. Zonas de extracción minera (1.3.1) ..... 790
12.3.1.8. Zona de disposición de residuos (1.3.2) ..... 790
12.3.1.9. Zonas verdes urbanas (1.4.1) ..... 790
12.3.1.10. Instalaciones recreativas (1.4.2) ..... 790
12.3.2. Territorios agrícolas ..... 792
12.3.2.1. Otros cultivos transitorios (2.1.1) ..... 792
12.3.2.2. Oleaginosas y leguminosas (2.1.3) ..... 792
12.3.2.3. Tubérculos (2.1.5) ..... 793
12.3.2.4. Cultivos permanentes herbáceos (2.2.1) ..... 793
12.3.2.5. Cultivos permanentes arbóreos (2.2.3) ..... 793
12.3.2.6. Pastos limpios (2.3.1) ..... 793
12.3.2.7. Pastos arbolados (2.3.2) ..... 793
12.3.2.8. Pastos enmalezados (2.3.3) ..... 794

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

12.3.2.9. Mosaico de cultivos (2.4.1) ..... 794
12.3.2.10. Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2) ..... 794
12.3.2.11. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3) ..... 794
12.3.2.12. Mosaico de pastos con espacios naturales (2.4.4) ..... 794
12.3.2.13. Mosaico de cultivos y espacios naturales (2.4.5) ..... 795
12.3.3. Bosques y áreas seminaturales ..... 797
12.3.3.1. Bosque denso (3.1.1) ..... 797
12.3.3.2. Bosque abierto (3.1.2) ..... 797
12.3.3.3. Bosque fragmentado (3.1.3) ..... 798
12.3.3.4. Bosque de galería y/o ripario (3.1.4) ..... 798
12.3.3.5. Plantación forestal (3.1.5) ..... 798
12.3.3.6. Herbazal (3.2.1) ..... 798
12.3.3.7. Arbustal (3.2.2) ..... 799
12.3.3.8. Vegetación secundaria o en transición (3.2.3) ..... 799
12.3.3.9. Zonas arenosas naturales (3.3.1) ..... 799
12.3.3.10. Tierras desnudas y degradadas (3.3.3) ..... 799
12.3.3.11. Zonas quemadas (3.3.4) ..... 800
12.3.4. Áreas húmedas ..... 802
12.3.4.1. Zonas pantanosas (4.1.1) ..... 802
12.3.4.2. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua (4.1.3) ..... 802
12.3.4.3. Pantanos Costeros (4.2.1) ..... 803
12.3.4.4. Salitral (4.2.2) ..... 803
12.3.4.5. Sedimentos expuestos en bajamar (4.2.3) ..... 803
12.3.5. Superficies de agua ..... 804
12.3.5.1. Ríos (5.1.1) ..... 804
12.3.5.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales (5.1.2) ..... 804
12.3.5.3. Canales (5.1.3) ..... 805
12.3.5.4. Cuerpo de agua artificiales (5.1.4) ..... 805
12.3.5.5. Lagunas costeras (5.2.1) ..... 805
12.3.5.6. Mares y océanos (5.2.2) ..... 805
12.4. Usos de la Tierra ..... 807

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

12.5. Análisis Multitemporal ..... 817
12.6. Indicadores de Estado ..... 821
12.6.1. Indicador de tasa de cambio de las coberturas naturales (TCCN) ..... 821
12.6.2. Índice de vegetación remanente (IVR) ..... 823
12.6.3. Índice de fragmentación (IF) ..... 827
12.6.4. Índice de presión demográfica (IPD) ..... 828
12.6.5. Índice de ambiente crítico (IAC) ..... 832
12.6.6. Índice del estado actual de las coberturas naturales (IEACN) ..... 836
13. CARACTERIZACIÓN VEGETACIÓN Y FLORA ..... 839
13.1. Información Secundaria ..... 839
13.1.1. Zonas de vida ..... 840
13.1.2. Áreas naturales protegidas ..... 841
13.1.3. Especies focales ..... 843
13.2. Información Primaria ..... 845
13.2.1. Resultados generales caracterización florística de la cuenca ..... 847
13.2.1.1. Composición y estructura ..... 847
13.2.1.2. Índices de diversidad alfa ..... 850
13.2.1.3. Índices de diversidad beta ..... 852
13.2.2. Caracterización estructural y florística de las coberturas vegetales ..... 853
13.2.2.1. Territorios de bosques y áreas seminaturales ..... 853
13.2.2.1.1. Bosque de galería y/o ripario ..... 853
13.2.2.2. Vegetación secundaria baja ..... 863
13.2.2.3. Arbustal abierto y arbustal denso ..... 867
13.2.2.4. Territorios agrícolas ..... 873
13.2.2.4.1. Pastos limpios, pastos enmalezados y pastos arbolados ..... 873
13.2.2.5. Mosaicos pastos con espacios naturales y cultivos, pastos y espacios naturales ..... 876
13.2.2.6. Superficies de agua ..... 883
13.2.2.6.1. Lagunas costeras ..... 883
13.2.3. Especies de la Vegetación y Flora amenazadas y/o endémicas ..... 886
13.2.4. Especies de valor sociocultural y económico ..... 887

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

13.2.5. Conclusiones caracterización de vegetación cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León ... 888
14. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA ... 890
14.1. Información Secundaria Fauna ... 890
14.1.1. Anfibios ... 892
14.1.2. Reptiles ... 892
14.1.3. Aves ... 893
14.1.4. Mamíferos ... 893
14.1.5. Peces ... 894
14.2. Información Primaria Fauna ... 894
14.2.1. Metodologías para la fauna ... 895
14.2.1.1. Metodología de observación directa de la fauna ... 895
14.2.1.2. Metodologías de observación específicas para la fauna ... 896
14.2.2. Anfibios ... 897
14.2.3. Reptiles ... 899
14.2.4. Aves ... 904
14.2.5. Mamíferos ... 914
14.2.6. Peces ... 917
14.2.7. Conclusiones caracterización fauna en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León ... 918
15. ÁREAS Y ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS ... 920
15.1. Introducción ... 920
15.2. Metodología ... 922
15.2.1. Compilación y evaluación de información geográfica de áreas y ecosistémicas estratégicos ... 922
15.2.2. Procesamiento de información ... 922
15.2.3. Definición de áreas y ecosistémicas estratégicos ... 922
15.2.4. Mapa consolidado de áreas y ecosistemas estratégicos ... 923
15.3. Áreas Protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP ... 923
15.4. Áreas Complementarias para la Conservación ... 923
15.4.1. Áreas protegidas de orden internacional ... 923

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

15.4.1.1. Sitio RAMSAR sistema delta estuarino del río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta ..... 923
15.4.2. Áreas protegidas de orden nacional ..... 927
15.4.2.1. Prioridades de conservación Nacional CONPES 3680 de 2010 ..... 927
15.4.3. Áreas protegidas de orden nacional declaradas por municipios ..... 928
15.4.3.1. Determinantes ambientales del POMCA Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos grande y León 2017 ..... 928
15.4.4. Suelos de protección que hacen parte de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT) debidamente adoptados. ..... 930
15.5. Áreas de Importancia Ambiental ..... 932
15.5.1. Humedales ..... 932
15.5.2. Manglar ..... 935
15.5.3. Ronda hídrica de la Ciénaga de Mallorquín ..... 937
15.5.4. Zonas de recarga de acuíferos ..... 939
15.5.5. Bosque seco ..... 940
15.5.6. Otras subzonas de importancia ambiental identificadas de interés para la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la cuenca ..... 942
15.5.6.1. Bosques ..... 942
15.5.6.2. Rondas hídricas ..... 943
15.5.6.3. Suelos Clase 8 ..... 945
15.6. Áreas con Reglamentación Especial ..... 947
15.6.1. Consejo comunitario de comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del municipio de Galapa ..... 947
15.7. Análisis Porcentual ..... 948
15.8. Conclusiones ..... 952
16. BIBLIOGRAFÍA ..... 953

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

## LISTA DE FIGURAS

**Pág.**

Figura 1.1. Macro localización de la cuenca hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. 2

Figura 1.2. Codificación de Cuencas Hidrográficas -IDEAM 2013. 3

Figura 1.3. Distribución de planchas, escala 1.25.000. 4

Figura 1.4. Catálogo de objetos cartografía básica POMCA Ciénaga de Mallorquín a escala 1:25.000. 5

Figura 1.5. Estructura de la plantilla general. 6

Figura 1.6. Imagen Sentinel-2 (Combinación color natural). 8

Figura 1.7. DEM cuenca de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. 11

Figura 1.8. Esquema metodológico de ajuste de la delimitación del área de la cuenca. 12

Figura 1.9. Verificación y ajuste de la red de drenaje. 13

Figura 1.10. Fragmentos trazo del límite de la cuenca Ciénaga de Mallorquín vigente (verde) y límite por el Consorcio Mallorquín, 2024 (rojo). 15

Figura 1.11. Porcentaje de participación de los municipios en la cuenca. 17

Figura 1.12. División municipal de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. 17

Figura 1.13. División político-administrativa de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. 20

Figura 1.14. Consejo Comunitario de comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del municipio de Galapa. 24

Figura 2.1. Esquema metodológico para el desarrollo del componente de geología en el POMCA de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 27

Figura 2.2. Índice de planchas topográficas y ubicación fisiográfica de la zona de estudio ESC 1:25.000 de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 28

Figura 2.3. Ubicación de las estaciones levantadas durante los recorridos en campo. 34

Figura 2.4. Mapa litotectónico y morfoestructural de la región Caribe. SN: Cinturón del Sinú; SJ: Cinturón de San Jacinto; SM: Sierra Nevada de Santa Marta; PA: Terreno Panamá; SI: Bloque San Lucas; SP: Macizo de Santander; ME: Sierra de Mérida. 37

Figura 2.5. Cuadro Cronoestratigráfico del Cinturón Plegado de San Jacinto. 39

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 2.6. Mapa geológico regional a escala 1:100.000 de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 42

Figura 2.7. Columna estratigráfica de las formaciones Tubará – Hibácharo. 45

Figura 2.8. Columna estratigráfica de las formaciones Tubará. 47

Figura 2.9. Columna estratigráfica de las formaciones La Popa. 49

Figura 2.10. Mapa de geología básica local de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, escala 1:25.000. 52

Figura 2.11. Areniscas finas deleznable con concreciones centimétricas a métricas y vetillas de carbonatos en el sector de la circunvalar de la prosperidad. 54

Figura 2.12. Areniscas finas deleznable y capas delgadas de arcillolitas con costras de óxido de hierro en el sector de la circunvalar de la prosperidad. 55

Figura 2.13. Areniscas finas deleznable con concreciones y areniscas conglomeráticas en la vía Pital de Megua – Sibarco. 56

Figura 2.14. Areniscas finas deleznable y arcillolitas oscuras en el sector del lago Mata Vidi. 57

Figura 2.15. Areniscas calcáreas con restos de bivalvos, gasterópodos y ostreidos en la salida de Tubará hacia Juan Mina. 58

Figura 2.16. Secuencia sedimentaria de la formación Tubará de areniscas finas intercaladas con arcillolitas, en el sector de la verdad la Cruz. 59

Figura 2.17. Exposición de la formación La Popa sobre la vía hacia la Playa en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 60

Figura 2.18. Exposición de areniscas calcáreas altamente deleznables en el sector del castillo de Salgar. 61

Figura 2.19. Exposición de los depósitos fluviolacustre en la zona norte de la cuenca, inmediaciones de la Ciénaga de Mallorquín. 62

Figura 2.20. Exposición de los depósitos Coluvioaluviales en inmediaciones a Pital de Megua. 63

Figura 2.21. Exposición de los depósitos de playa en inmediaciones de Salgar. 64

Figura 2.22. Exposición de los depósitos de playa en geoforma de espiga al noroccidente de Puerto Mocho. 65

Figura 3.1. Análisis e interpretación del modelo de sombras para la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 80

Figura 3.2. Localización de los puntos de estaciones levantado en la fase de campo para la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 81

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 3.3. Esquema de jerarquización geomorfológica para la Cuenca Hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. ..... 83

Figura 3.4. Mapa de subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. ..... 90

Figura 3.5. Geoforma de canal artificial del arroyo El Salao – Barrio Pradera (Barranquilla). 91

Figura 3.6. Geoforma de cantera (Ac) en el municipio de Tubará. ..... 92

Figura 3.7. Geoforma de centro poblado (Acp) en la ciudad de Barranquilla. ..... 93

Figura 3.8. Geoforma de excavaciones (Ase) representado en el lago Mata Vidi municipio de Tubará. ..... 94

Figura 3.9. Geoforma de planta de tratamiento de aguas residuales (Apt) en la ciudad de Barranquilla. ..... 95

Figura 3.10. Geoforma de relleno de basura o relleno sanitario (Arb) Los Pocitos. ..... 96

Figura 3.11. Geoforma de relleno de escombro y/o escombreras (Are) RCD Maraseo sas esp. ..... 97

Figura 3.12. Geoforma de superficie de explanación (Asp) en el sector del Lago del Cisne. 98

Figura 3.13. Geoforma de tajamares (At) en el sector de Puerto Mocho. ..... 99

Figura 3.14. Perfil longitudinal de geoforma de cerro remanente o relicto (Dcrem) en el suroccidente de Barranquilla. ..... 100

Figura 3.15. Escarpe de erosión mayor (Deem) ubicado al noroeste del centro de poblado de Guaimaral. ..... 100

Figura 3.16. Perfil longitudinal de geoforma de escarpe de erosión menor (Deeme). ..... 101

Figura 3.17. Perfil longitudinal de geoforma de ladera erosiva (Dle). ..... 101

Figura 3.18. Loma denudada (Dld) en el municipio de Tubará. ..... 102

Figura 3.19. Loma residual (Dld) en el municipio de Galapa. ..... 103

Figura 3.20. Lomeríos disectados (Dldi) en el municipio de Baranoa. ..... 104

Figura 3.21. Lomeríos poco disectados (Dldp) en la vereda Mata Vida. ..... 105

Figura 3.22. Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo) en el sector de la finca la Caña - Cuatro Bocas. ..... 106

Figura 3.23. Planicie ondulada (Dpo), zona aledaña a la cabecera urbana de Pital de Megua. ..... 107

Figura 3.24. Dunas (Edu), zona aledaña a la cabecera urbana de Galapa. ..... 108

Figura 3.25. Cuesta (Sc), zona aledaña al lago del Cisne. ..... 108

Figura 3.26. Perfil longitudinal de ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc). ..... 109

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 3.27. Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Saslc). ..... 109
Figura 3.28. Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc). ..... 110
Figura 3.29. Perfil longitudinal de ladera estructural de cuesta (Scle). ..... 111
Figura 3.30. Perfil longitudinal de ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale). ..... 111
Figura 3.31. Geoforma de cauce aluvial (Fca), arroyo León en zona urbana de Barranquilla. ..... 112
Figura 3.32. Geoforma de laguna (Fla), lago de Galapa. ..... 113
Figura 3.33. Geoforma de planicie aluvial confinada (Fpac). ..... 114
Figura 3.34. Perfil longitudinal de plano o llanura de inundación (Fpi). ..... 114
Figura 3.35. Geoforma de acantilado (Ma) en el sector del castillo de salgar. ..... 115
Figura 3.36. Geoforma de espiga (Me) en el sector de la playa. ..... 116
Figura 3.37. Geoforma de laguna costera (Mlc) en el sector de la ciénaga de Mallorquín. 117
Figura 3.38. Geoforma de playa (Mpl) en el sector de Puerto Mocho. ..... 118
Figura 3.39. Geoforma de plano de inundación (Mpi) en el sector de Sabanilla. ..... 119
Figura 3.40. Geoforma de plano y llanura con vegetación halófila (Mpv) en el sector de la Playa ..... 120
Figura 3.41. Perfil longitudinal de terrazas marinas (Mtm). ..... 120
Figura 3.42. Localización de los procesos morfodinámicos en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y arroyos Grande y León. ..... 122
Figura 3.43. Deslizamiento rotacional sobre rocas de la formación Hibácharo, que afecta la vía Sibarco – Pital de Megua. ..... 123
Figura 3.44. Reptaciones sobre rocas de la formación Hibácharo, en la vía Sibarco – Pital de Megua. ..... 124
Figura 3.45. Deslizamiento traslacional sobre rocas de la formación La Popa, en el sector del castillo de Salgar. ..... 125
Figura 3.46. Socavación lateral sobre cauce del arroyo León en zona urbana de Barranquilla. ..... 126
Figura 3.47. Erosión en cárcavas sobre la vía que conduce al lago Mata Vidi. ..... 127
Figura 3.48. Evolución morfodinámica de la línea de costa en la cuenca ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. ..... 128
Figura 4.1. Actividades para el desarrollo de la Fase de diagnóstico para un PMAM. ..... 132
Figura 4.2. Localización de los puntos inventariados. ..... 134
Figura 4.3. Esquema de un pozo tipo aljibe. ..... 137

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 4.4. Geología de los puntos inventariados en el área de estudio. ..... 142
Figura 4.5. Pozo tipo aljibe Pa01..... 143
Figura 4.6. Pozo tipo aljibe Pa02..... 143
Figura 4.7. Manantial Pm03. ..... 144
Figura 4.8. Pozo tipo aljibe Pa04..... 144
Figura 4.9. Pozo tipo aljibe Pa05..... 145
Figura 4.10. Pozo tipo aljibe Pa06. ..... 145
Figura 4.11. Pozo tipo aljibe Pa07. ..... 146
Figura 4.12. Pozo tipo aljibe Pa08. ..... 146
Figura 4.13. Pozo profundo Pp09. ..... 147
Figura 4.14. Pozo tipo aljibe Pa10. ..... 147
Figura 4.15. Pozo tipo aljibe Pa11. ..... 148
Figura 4.16. Pozo tipo aljibe Pa12. ..... 148
Figura 4.17. Pozo tipo aljibe Pa13. ..... 149
Figura 4.18. Pozo tipo aljibe Pa14. ..... 149
Figura 4.19. Pozo tipo aljibe Pa15. ..... 150
Figura 4.20. Pozo tipo aljibe Pa16. ..... 150
Figura 4.21. Pozo tipo aljibe Pa17. ..... 151
Figura 4.22. Pozo tipo aljibe Pa18. ..... 151
Figura 4.23. Pozo tipo aljibe Pa19. ..... 152
Figura 4.24. Pozo tipo aljibe Pa20. ..... 152
Figura 4.25. Pozo profundo Pa21. ..... 153
Figura 4.26. Pozo tipo aljibe Pa22. ..... 153
Figura 4.27. Pozo profundo Pp23. ..... 154
Figura 4.28. Pozo tipo aljibe Pa24. ..... 154
Figura 4.29. Pozo tipo aljibe Pa25. ..... 155
Figura 4.30. Pozo tipo aljibe Pa26. ..... 155
Figura 4.31. Pozo tipo aljibe Pa27. ..... 156
Figura 4.32. Pozo tipo aljibe Pa28. ..... 156
Figura 4.33. Pozo tipo aljibe Pa20. ..... 157
Figura 4.34. Pozo tipo aljibe Pa30. ..... 157

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 4.35. Pozo tipo aljibe Pa31. ..... 158
Figura 4.36. Pozo tipo aljibe Pa32. ..... 158
Figura 4.37. Pozo tipo aljibe Pa33. ..... 159
Figura 4.38. Pozo tipo aljibe Pa34. ..... 159
Figura 4.39. Pozo tipo aljibe Pa35. ..... 160
Figura 4.40. Pozo tipo aljibe Pa36. ..... 160
Figura 4.41. Pozo tipo aljibe Pa37. ..... 161
Figura 4.42. Pozo tipo aljibe Pa38. ..... 161
Figura 4.43. Pozo tipo aljibe Pa39. ..... 162
Figura 4.44. Pozo tipo aljibe Pa40. ..... 162
Figura 4.45. Pozo tipo aljibe Pa41. ..... 163
Figura 4.46. Pozo tipo aljibe Pa42. ..... 163
Figura 4.47. Pozo tipo aljibe Pa43. ..... 164
Figura 4.48. Pozo tipo aljibe Pa44. ..... 164
Figura 4.49. Pozo profundo Pa45. ..... 165
Figura 4.50. Pozo tipo aljibe Pa49. ..... 165
Figura 4.51. Pozo tipo aljibe Pa50. ..... 166
Figura 4.52. Pozo tipo aljibe Pa51. ..... 166
Figura 4.53. Pozo tipo aljibe Pa52. ..... 167
Figura 4.54. Pozo tipo aljibe Pa53. ..... 167
Figura 4.55. Pozo profundo Pp54. ..... 168
Figura 4.56. Pozo profundo Pp55. ..... 168
Figura 4.57. Pozo tipo aljibe Pa56. ..... 169
Figura 4.58. Pozo profundo Pa57. ..... 169
Figura 4.59. Análisis de calidad del agua “In situ”. ..... 170
Figura 4.60. Grafica de usos del agua de los pozos tipo aljibe visitados. ..... 171
Figura 4.61. Grafica de usos del agua de los pozos profundos visitados. ..... 172
Figura 4.62. Perfil de resistividad y distribución de electrodos en la Geotomografía. ..... 175
Figura 4.63. Esquema general de configuración de la Geotomografía TRE – 2D. ..... 176
Figura 4.64. Distribución del perfil de resistividad en el subsuelo. ..... 178
Figura 4.65. Valores de resistividad para las rocas más comunes y algunos minerales. ..... 179

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 4.66. Localización general de las líneas de Geotomografía No. 1 y No. 2. ..... 181
Figura 4.67. Localización general de las líneas de Geotomografía No. 3 y No. 4. ..... 182
Figura 4.68. Vista 3D de Geotomografía de Resistividad Eléctrica (Foto Google Earth)..... 184
Figura 4.69. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 1, método Wenner. ..... 185
Figura 4.70. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 1, método Schlumberger.. 186
Figura 4.71. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 1, método Dipolo-Dipolo. 187
Figura 4.72. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 2, método Wenner. ..... 188
Figura 4.73. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 2, método Schlumberger.. 189
Figura 4.74. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 2, método Dipolo-Dipolo. 190
Figura 4.75. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 3, método Wenner. ..... 191
Figura 4.76. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 3, método Schlumberger.. 192
Figura 4.77. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 3, método Dipolo-Dipolo. 193
Figura 4.78. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 4, método Wenner. ..... 194
Figura 4.79. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 4, método Schlumberger.. 195
Figura 4.80. Geotomografía No. 1, realizada sobre la vía al Mar en el tramo Barranquilla-Puerto Colombia, frente al colegio Altamira International School. ..... 196
Figura 4.81. Geotomografía No. 2, realizada sobre la carrera 38 vía a Juan Minas, frente a la fábrica Proymetal S.A. ..... 197
Figura 4.82. Geotomografía No. 3, realizada sobre la Circunvalar de la Prosperidad al noroccidente de Galapa, cerca del Centro Recreacional Villa Lucy. ..... 198
Figura 4.83. Geotomografía No. 4, realizada sobre la vía Circunvalar en el tramo Galapa-Baranoa, cerca de la Planta PRIMAX de Galapa. ..... 199
Figura 4.84. Equipo ABEM modelo TERRAMETER LS, usado para realizar el estudio. ..... 200
Figura 4.85. Geología de la Geotomografía No. 1, realizada nororiente del municipio de Puerto Colombia (Formación La Popa (Qpp)) ..... 201
Figura 4.86. Línea de Geotomografía No. 1 realizada en el corregimiento Los Haticos. .... 203
Figura 4.87. Interpretación de la línea de Geotomografía No. 1 y Perfil de elevación asociado. ..... 204
Figura 4.88. Geología de la Geotomografía No. 2, realizada frente a la fábrica Proymetal S.A. (Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal)). ..... 206
Figura 4.89. Línea de Geotomografía No. 2 realizada sobre la carrera 38 vía a Juan Minas. ..... 208

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 4.90. Interpretación de la línea de Geotomografía No. 2 y Perfil de elevación asociado. ..... 209

Figura 4.91. Geología de la Geotomografía No. 3, realizada sobre la Circunvalar de la Prosperidad al noroccidente de Galapa. ..... 211

Figura 4.92. Línea de Geotomografía No. 3 realizada cerca del Centro Recreacional Villa Lucy. ..... 212

Figura 4.93. Interpretación de la línea de Geotomografía No. 3 y Perfil de elevación asociado. ..... 213

Figura 4.94. Geología de la Geotomografía No.4, realizada sobre la vía Circunvalar en el tramo Galapa-Baranoa. ..... 215

Figura 4.95. Línea de Geotomografía No. 4 realizada cerca de la Planta PRIMAX de Galapa. ..... 217

Figura 4.96. Interpretación de la línea de Geotomografía No. 4 y Perfil de elevación asociado. ..... 218

Figura 4.97. Recarga potencial anual en acuíferos de la cuenca de Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. ..... 225

Figura 4.98. Grafica de Jacob-Cooper: Abatimiento vs log de tiempo (min) (Tendencia lineal). ..... 227

Figura 4.99. Curvas Patrón de Schosinsky. ..... 229

Figura 4.100. Ubicación general de los pozos en donde se realizaron las Pruebas de Bombeo. ..... 232

Figura 4.101. Superposición de las Curvas Patrón de Schosinsky con la gráfica de campo. ..... 234

Figura 4.102. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de recuperación No. 1. ..... 237

Figura 4.103. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de Bombeo en la Vereda Pital de Megua. ..... 240

Figura 4.104. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de recuperación No. 2. ..... 242

Figura 4.105. Superposición de las Curvas Patrón de Schosinsky con la gráfica de campo. ..... 244

Figura 4.106. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de recuperación No. 3. ..... 245

Figura 4.107. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de Bombeo en el pozo cerca al arroyo León. ..... 249

Figura 4.108. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de recuperación No. 4. ..... 251

Figura 4.109. Toma de niveles y medición de caudal durante la prueba la prueba de bombeo del pozo PB No. 1 (Vereda Las Margaritas). ..... 252

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 4.110. Toma de niveles y medición de caudal durante la prueba la prueba de bombeo del pozo PB No. 2 (Vereda Pital de Megua). 253

Figura 4.111. Toma de niveles y medición de caudal durante la prueba la prueba de bombeo del pozo PB No. 3 (Corregimiento de Juan Minas) 254

Figura 4.112. Toma de niveles y medición de caudal durante la prueba la prueba de bombeo del pozo PB No. 4 (Arroyo León - Nororiente de Puerto Colombia). 255

Figura 4.113. Localización de los pozos inventariados en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 257

Figura 4.114. Diagrama de Pipper (1944) para la clasificación del agua subterránea. 261

Figura 4.115. Formaciones con potencial acuífero en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 265

Figura 4.116. Localización de los depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 267

Figura 4.117. Localización de los Depósitos Eólicos (Qe) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 270

Figura 4.118. Localización de la Formación La Popa (Qpp) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 272

Figura 4.119. Localización de la Formación Tubará (Ngt) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 274

Figura 4.120. Localización de la Formación Las Perdices (PgNgp) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 276

Figura 4.121. Parámetros del método DRASTIC para definir Vulnerabilidad en Acuíferos. 278

Figura 4.122. Isoyetas de precipitación anual en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 284

Figura 4.123. Geotomografía representativa de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 285

Figura 4.124. Mapa del Tipo de suelo del área de estudio POMCA de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín 2010. 286

Figura 4.125. Modelo Digital de Elevación de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 287

Figura 4.126. Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación en la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. 289

Figura 4.127. Esquema de sedimentación. 291

Figura 4.128. Mapa general de las Zonas de recarga directa y zona de descarga. 292

Figura 4.129. Zonas Protección de recarga del Acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 293

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 4.130. Esquema del Modelo Conceptual Regional del acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. 295

Figura 5.1. Ajustes de los límites de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. 299

Figura 5.2. Sistema de codificación de las Unidades Hidrográficas Nivel I. 305

Figura 5.3. Delimitación de las Unidades Hidrográficas de Nivel I de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. 306

Figura 5.4. Delimitación de las microcuencas abastecedoras. 307

Figura 5.5. Ordenes de corriente según Strahler (1969). 308

Figura 5.6. Ordenes de corriente en la Cuenca. 309

Figura 6.1. Ubicación de las estaciones. 314

Figura 6.2. Diagramas de Barras de Registros Históricos de la Precipitación. 316

Figura 6.3. Diagramas de Barras de Registros Históricos Temperatura. 317

Figura 6.4. Diagramas de Barras de Registros Históricos Brillo Solar. 317

Figura 6.5. Diagramas de Barras de Registros Históricos Evaporación. 318

Figura 6.6. Diagramas de Barras de Registros Históricos Humedad Relativa. 318

Figura 6.7. Análisis de Dobles Masas estación La Pintada (Precipitación). 320

Figura 6.8. Análisis de Dobles Masas estación Polonuevo (Precipitación). 320

Figura 6.9. Análisis de masa simple estación Galerazamba - Au (Temperatura). 321

Figura 6.10. Análisis de masa simple estación Galerazamba - Au (Brillo Solar). 321

Figura 6.11. Análisis de masa simple estación Galerazamba - Au (Evaporación). 322

Figura 6.12. Análisis de masa simple estación Galerazamba - Au (Humedad relativa). 322

Figura 6.13. Análisis de Dobles Masas Estación con Datos Corregidos La Pintada. 324

Figura 6.14. Análisis de Dobles Masas Estación con Datos Corregidos Polonuevo. 325

Figura 6.15. Estructura de Diagrama de Cajas y Bigotes. 326

Figura 6.16. Análisis de Datos Atípicos Estación La Pintada (Precipitación). 326

Figura 6.17. Análisis de Datos Atípicos Estación Polonuevo (Precipitación). 327

Figura 6.18. Análisis de Datos Atípicos Estación Galerazamba – Au (Temperatura). 327

Figura 6.19. Análisis de Datos Atípicos Estación Galerazamba – Au (Brillo Solar). 328

Figura 6.20. Análisis de Datos Atípicos Estación Galerazamba – Au (Evaporación). 328

Figura 6.21. Análisis de Datos Atípicos Estación Galerazamba – Au (Humedad Relativa). 329

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 6.22. Comportamiento precipitación frente a fenómeno ENSO - Estación La Pintada. ..... 331
Figura 6.23. Comportamiento precipitación frente a fenómeno ENSO - Estación Polonuevo. ..... 331
Figura 6.24. Ciclo anual de la precipitación - Estación La Pintada. ..... 332
Figura 6.25. Ciclo anual de la precipitación - Estación Polonuevo. ..... 333
Figura 6.26. Histogramas Brillo Solar. ..... 334
Figura 6.27. Distribución espacial del brillo solar medio multianual. ..... 335
Figura 6.28. Mosaico brillo solar medio mensual multianual. ..... 337
Figura 6.29. Histogramas Humedad relativa. ..... 339
Figura 6.30. Distribución espacial de la humedad relativa media multianual. ..... 341
Figura 6.31. Mosaico humedad relativa media mensual multianual. ..... 343
Figura 6.32. Histogramas Evaporación. ..... 345
Figura 6.33. Distribución espacial de la evaporación media multianual. ..... 347
Figura 6.34. Mosaico evaporación media mensual multianual. ..... 349
Figura 6.35. Histogramas Precipitación. ..... 352
Figura 6.36. Distribución espacial de la precipitación media multianual. ..... 354
Figura 6.37. Mosaico precipitación media mensual multianual. ..... 356
Figura 6.38. Histogramas Temperatura mínima. ..... 359
Figura 6.39. Distribución espacial de la temperatura mínima multianual. ..... 361
Figura 6.40. Mosaico temperatura mínima mensual multianual. ..... 363
Figura 6.41. Histogramas Temperatura máxima. ..... 366
Figura 6.42. Distribución espacial de la temperatura máxima multianual. ..... 367
Figura 6.43. Mosaico temperatura máxima mensual multianual. ..... 369
Figura 6.44. Histogramas Temperatura media. ..... 372
Figura 6.45. Distribución espacial de la temperatura media mensual multianual. ..... 373
Figura 6.46. Mosaico temperatura media mensual multianual. ..... 375
Figura 6.47. Zonificación climática. ..... 378
Figura 6.48. Evapotranspiración potencial total anual. ..... 381
Figura 6.49. Mosaico evapotranspiración potencial mensual. ..... 383
Figura 6.50. Evapotranspiración real anual. ..... 386

DOCUMENTO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

Figura 6.51. Mosaico evapotranspiración real mensual. 388
Figura 6.52. Índice de aridez. 392
Figura 7.1. Ubicación de las concesiones en la cuenca. 396
Figura 7.2. Ubicación de los vertimientos en la cuenca. 397
Figura 7.3. Ubicación de estructuras hidráulicas. 398
Figura 7.4. Ciénaga de Mallorquín; se muestra la ubicación de la barra de arena y la desembocadura del arroyo León. 399
Figura 7.5. Sistema lenticos - Ciénaga Mallorquín. 400
Figura 7.6. Diagrama del Modelo GR4J. 404
Figura 7.7. Configuración de los datos de entrada al RS MINERVE. 408
Figura 7.8. Esquematización con RS Minerve de la cuenca. 409
Figura 7.9. Hietogramas de precipitación y temperatura cargado en el database de RS MINERVE. 410
Figura 7.10. Parámetros cargados en el modelo en RS MINERVE (Onda Cinemática y GR4J). 411
Figura 7.11. Curva de duración de caudales para la cuenca hidrográfica y las unidades hidrográficas de nivel I (caudal $m^3/s$) 413
Figura 7.12. Distribución Hietograma de Diseño – NS-085. 419
Figura 7.13. Hietogramas acumulados de las estaciones. 421
Figura 7.14. Metodología de funcionamiento herramienta para el cálculo de caudal ambiental en Colombia – HeCCA. 436
Figura 7.15. Información de entrada para la Pestaña "1. SerieFtoIDEAM. 437
Figura 7.16. Valores calculados de mínimos, promedios, máximos, y mínimos y máximos revisados. 438
Figura 7.17. Valores calculados de Caudales medios, mínimos y mínimos revisados mensuales multianuales. 438
Figura 7.18. Calculo y verificación del aprovechamiento máximo y caudal ambiental. 440
Figura 7.19. Inconvenientes en iteraciones pestaña "5. EventosAlterada". 441
Figura 7.20. Demanda doméstica. 456
Figura 7.21. Cobertura en las subcuencas de estudio. 460
Figura 7.22. Demanda agrícola por subcuenca. 462
Figura 7.23. Número de animales y demanda total pecuaria. 469

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 7.24. Ejemplo de curva de duración de caudales. ..... 474
Figura 7.25. Índice de regulación hídrica – IRH. ..... 476
Figura 7.26. Índice de uso del agua condición hidrológica media. ..... 480
Figura 7.27. Índice de uso del agua condición hidrológica seca. ..... 481
Figura 7.28. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para la condición hidrológica media. ..... 484
Figura 7.29. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para la condición hidrológica seca. ..... 485
Figura 8.1. Delimitación de las unidades hidrográficas nivel I de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. ..... 489
Figura 8.2. Área de drenaje típica. ..... 490
Figura 8.3. Área de drenaje vista en 3D. ..... 491
Figura 8.4. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación. ..... 493
Figura 8.5. Curva hipsométrica para la cuenca hidrográfica. ..... 498
Figura 8.6. Curva hipsométrica para las unidades hidrográficas de nivel I. ..... 499
Figura 8.7. Perfil del cauce principal para la cuenca hidrográfica. ..... 504
Figura 8.8. Perfil del cauce principal para las unidades hidrográficas de nivel I. ..... 505
Figura 9.1. Rangos de pendiente utilizados con propósitos de análisis de ingeniería y zonificación de amenazas por movimientos en masa. ..... 508
Figura 9.2. Ventana ampliada del mapa inicial de pendientes en porcentaje. ..... 509
Figura 9.3. Ventana ampliada mapa de pendientes inicial reclasificado en categorías IGAC. ..... 510
Figura 9.4. Ventana ampliada resultado del SIEVE. ..... 510
Figura 9.5. Ventana ampliada resultado del smooth line. ..... 511
Figura 9.6. Ventana ampliada resultado del Eliminate. ..... 511
Figura 9.7. Modelo de Elevación Digital (DEM) Cuenca Mallorquín. ..... 512
Figura 9.8. Ventana ampliada pendientes del terreno en grados. ..... 513
Figura 9.9. Ventana ampliada pendientes del terreno reclasificadas intervalos SGC. ..... 513
Figura 9.10. Mapa de pendientes cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, según rangos del IGAC. ..... 516
Figura 9.11. Mapa de pendientes cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, según rangos del Servicio Geológico Colombiano. ..... 517

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 10.1. Registro ICA 2014 – 2016 – ERA 2023 - Estaciones en jurisdicción de la cuenca. ..... 519
Figura 10.2. Índice de Calidad de Agua departamento del Atlántico. ..... 520
Figura 10.3. Grado de calidad ambiental de Ciénaga de Mallorquín (izquierda) y Ciénaga Rincón (derecha). ..... 523
Figura 10.4. Registro histórico ICAM en estaciones REDCAM dentro de la cuenca. ..... 524
Figura 10.5. ICA (2019) a lo largo del recorrido del arroyo León. ..... 527
Figura 10.6. Registro histórico de ICA del Arroyo León 2012-2019. ..... 528
Figura 10.7. Red de drenaje principal y asentamientos de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. ..... 530
Figura 10.8. Coberturas de la tierra (2015) presentes en la cuenca. ..... 531
Figura 10.9. Ubicación de estaciones de monitoreo de la CRA en el área de la cuenca. ..... 532
Figura 10.10. Ubicación propuesta de estaciones de muestreo de calidad de agua. ..... 533
Figura 10.11. Monitoreo Calidad de Agua estaciones ALE 01 y ALE -02. ..... 536
Figura 10.12. Contexto ubicación de estaciones ALE 01 y ALE 02. ..... 537
Figura 10.13. Comparación de jornadas de monitoreo estación ALE01. ..... 538
Figura 10.14. Comparación de jornadas de monitoreo estación ALE02. ..... 540
Figura 10.15. Vertimientos directos sobre Arroyo León entre estaciones ALE 01 y ALE02 sector Nororiental. ..... 541
Figura 10.16. Sector suroccidental entre estaciones ALE 01 y ALE02. ..... 542
Figura 10.17. Focos de contaminación por residuos en Arroyo león entre estaciones ALE 01 y ALE 02. ..... 543
Figura 10.18. Vivienda en riesgo por socavación del Arroyo. ..... 544
Figura 10.19. Acompañamiento y contra muestreo empresa Triple A ESP. ..... 544
Figura 10.20. Contexto ubicación de estación. ..... 546
Figura 10.21. Comparación de jornadas de monitoreo estación ALE03. ..... 547
Figura 10.22. Isla de residuos en estación ALE03. ..... 547
Figura 10.23. Contexto ubicación de estación ALE 04. ..... 549
Figura 10.24. Estación ALE 04. ..... 549
Figura 10.25. Socavamiento Arroyo León en sector occidental estación ALE04. ..... 550
Figura 10.26. Contexto ubicación de estación AGR-01. ..... 552
Figura 10.27. Acumulación de grasas en márgenes de Arroyo Grande estación AGR01. ..... 553

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 10.28. Socavación Arroyo Grande en Barrio Mundo Feliz. 554
Figura 10.29. Contexto ubicación de estación AGR-02. 556
Figura 10.30. Desembocadura de Arroyo Granada en Arroyo Grande. 556
Figura 10.31. Estación AGR02 – monitoreo marzo 2025. 557
Figura 10.32. Contexto ubicación de estación AGA-01. 559
Figura 10.33. Punto inicial de monitoreo propuesto. 560
Figura 10.34. Estación AGA01. 561
Figura 10.35. Vertimiento cerca de Zona Franca Cayena. 562
Figura 10.36. Comportamiento de temperatura. 569
Figura 10.37. Comportamiento del pH. 570
Figura 10.38. Comportamiento Oxígeno disuelto. 571
Figura 10.39. Comportamiento de conductividad. 572
Figura 10.40. Comportamiento fósforo. 573
Figura 10.41. Comportamiento nitrógeno. 574
Figura 10.42. Comportamiento de $DBO_5$ y DQO. 575
Figura 10.43. Comportamiento sólidos suspendidos totales. 577
Figura 10.44. Coliformes totales en la cuenca. 578
Figura 10.45. Coliformes Termotolerantes. 580
Figura 10.46. Coberturas de la tierra. 582
Figura 10.47. Cantera Munarriz. 586
Figura 10.48. Infraestructura para saneamiento básico identificada en recorrido del agua. 588
Figura 10.49. Vertimientos directos sobre Arroyo Simón – Megua. 589
Figura 10.50. Cajuelas con problemas de rebose sector Barrio Bajo Pital de Megua. 591
Figura 10.51. Vertimientos sobre Arroyo Megua – Barrio Bajo. 592
Figura 10.52. Disposición de residuos en Arroyo Megua. 593
Figura 10.53. Sistema de tratamiento EDAR El Pueblo. 596
Figura 10.54. Vertimiento EDAR El Pueblo. 597
Figura 10.55. Zona de desbaste EDAR El Pueblo – visita equipo POMCA. 599
Figura 10.56. Zona de rejas (izquierda) y sedimentadores (derecha). 600
Figura 10.57. Cuarto de bombas (izquierdo) laboratorio EDAR (derecha). 600

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 10.58. Visita a lagunas EDAR Pueblo. 601
Figura 10.59. Proyecto medidas de mitigación sobre la Ciénaga de Mallorquín. 602
Figura 10.60. Vertimientos sobre Arroyo Cascabel sector Villa Iris – Juan Mina. 605
Figura 10.61. Vertimientos en zona de Juan Mina (origen doméstico y presuntamente textil (color azul). 605
Figura 10.62. Contaminación Arroyo Granada aguas abajo de vertimientos zona industrial. 606
Figura 10.63. Aguas servidas a cielo abierto – foco riesgo salud pública Barrio La Cangrejera. 607
Figura 10.64. Vertimientos directos canal abierto sector Cangrejera. 608
Figura 10.65. Tubería adecuada por la comunidad Cangrejera sin servicio de alcantarillado con destino a la Ciénaga de Mallorquín. 608
Figura 10.66. Vertimientos en sector La Playa. 609
Figura 10.67. Relleno Henequén 2007 – 2025. 610
Figura 10.68. Lixiviados antiguo Henequén 2022 611
Figura 10.69. Área de prestación de servicio de aseo en Barranquilla – Triple A S.A E.S. P. 612
Figura 10.70. Relleno sanitario Los Pocitos 614
Figura 10.71. Zonificación interna del relleno sanitario Los Pocitos. 614
Figura 10.72. Carros recolectores de residuos en Corregimiento de Guaimaral (Tubará).. 615
Figura 10.73. Planta de Biogás Relleno Sanitario Los Pocitos. 617
Figura 10.74. Parque tecnológico Ambiental del Caribe – VEOLIA 618
Figura 10.75. Vertimiento de lodos peligrosos empresa SAE SAS en inmediaciones Ciénaga de Mallorquín. 619
Figura 10.76. Disposición de residuos en sector Cangrejera. 620
Figura 10.77. EDAR Galapa año 2025. 622
Figura 10.78. Estación de bombeo I Barrio Mundo Feliz. 622
Figura 10.79. Estación de bombeo 1 urbanización Villa Olímpica – AGUAS CARIBE E.S.P. 623
Figura 10.80. Estación de bombeo 1 urbanización Villa Olímpica – AGUAS CARIBE E.S.P. 624
Figura 10.81. PTARD Agua Caribe SAS – Villa Olímpica Galapa. 625
Figura 10.82. Visita de equipo POMCA a las instalaciones PTAR AGUACARIBE Villa Olímpica Galapa. 625

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 10.83. Sistema de aireación previo a su puesta en funcionamiento 2020 y posterior 2025. 626
Figura 10.84. Desarenador y Laguna de aireación. 626
Figura 10.85. Vertimiento PTAR Villa Olímpica 627
Figura 10.86. Sector Villa Génesis Galapa 628
Figura 10.87. Vertimientos a cielo abierto Villa Génesis – Galapa. 629
Figura 10.88. Vertimientos y disposición de residuos en Jagüey Petronitas. 630
Figura 10.89. Vertimientos Barrio Mundo Feliz hacia Arroyo Grande. 630
Figura 10.90. Vertimiento Barrio 12 de septiembre Galapa dirigido hacia Arroyo Grande. 631
Figura 10.91. Área de prestación de servicio de aseo en Galapa, Triple A ESP. 632
Figura 10.92. Disposición de residuos en área rural e inmediaciones de urbanizaciones Galapa. 633
Figura 10.93. Plastiquera en sector rural Petronitas Galapa. 633
Figura 10.94. Afectaciones por rebose de alcantarillado e inundaciones y socavación Arroyo San Lorenzo. 635
Figura 10.95. Visita al Arroyo León 200 m antes de trampa de residuos en paso por Puerto Colombia con veeduría ciudadana. 636
Figura 10.96. Carga contaminante de Arroyo León a la altura de trampa de residuos Carrera 51 B – 2025 637
Figura 10.97. Área de cobertura servicio de aseo en Puerto Colombia. 638
Figura 10.98. Visita a trampa de residuos Arroyo León con líderes comunitarios Puerto Colombia 639
Figura 10.99. Trampa Arroyo León. 639
Figura 10.100. Ruta de recolección aseo Triple A S.A. E.S.P en corregimiento Guaimaral. 641
Figura 10.101. Etapas de tratamiento en PTAP Distrito de Barranquilla. 642
Figura 10.102. Acueducto Distrital de Barranquilla, empresa Triple A ESP. 644
Figura 10.103. Tanque Siete de abril Empresa Triple A S.A E.S. P. 645
Figura 10.104. Infraestructura de acueducto identificada. 645
Figura 10.105. Pozo profundo acueducto ACOPIT. 647
Figura 10.106. Socavación Arroyo Megua cerca de Acopit. 648
Figura 10.107. Acueducto y red de tanques Pital de Megua. 649
Figura 10.108. Tanques de 5000 litros entregados por la Gobernación. 649

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 10.109. Pozo ancestral del Diablo..... 650
Figura 10.110. Pozo perforados y reservorios en tanque de agua lluvia..... 651
Figura 10.111. Tanque agua potable Paluato Galapa. ..... 653
Figura 10.112. Pozo de Paluato. ..... 653
Figura 10.113. Pozo Manga de Pital Galapa. ..... 654
Figura 10.114. Antiguo tanque acueducto Manga de Pital – continuo al pozo. ..... 654
Figura 10.115. Canaleta Parshall y zona de floculadores..... 656
Figura 10.116. Zona de sedimentadores y zona de filtros. ..... 656
Figura 10.117. Zona de lodos y tanques de almacenamiento. ..... 657
Figura 10.118. Calamidad pública por desabastecimiento agua potable en Villa Olímpica. ..... 657
Figura 10.119. Tanque un km antes de Corregimiento Cuatro Bocas 3000m3. ..... 658
Figura 10.120. Tanque regional Guaimaral. ..... 659
Figura 10.121. Tanque de agua Barrio Loma Fresca limites Guaimaral – Paluato. ..... 660
Figura 10.122. Ubicación de tanques y pozos ancestrales Guaimaral y Paluato. ..... 660
Figura 10.123. Tanques provisionales de agua potable Guaimaral Tubará..... 661
Figura 10.124. Pozo El Diablo – Guaimaral (Tubará), antiguo acueducto. ..... 662
Figura 10.125. PTAP Las Flores. ..... 663
Figura 10.126. Protesta de comunidades por impacto de cuña marina en servicio de acueducto. ..... 664
Figura 10.127. Acueducto regional del Norte. ..... 666
Figura 10.128. Avances de obra en planta PTAP Acueducto Regional del Norte. ..... 667
Figura 10.129. Índice de Calidad del Agua en la cuenca – época seca (marzo 2025). ..... 669
Figura 10.130. Índice de Calidad del Agua en la cuenca – época normal (mayo 2025). ..... 672
Figura 10.131. Comportamiento ICA época seca y normal en la cuenca 2025. ..... 673
Figura 10.132. Metodología para el cálculo del IACAL. ..... 682
Figura 10.133. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua -condiciones normales. ..... 687
Figura 10.134. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua -condiciones secas. 688
Figura 11.1. Materiales parentales que han originado los suelos de acuerdo con el estudio general. ..... 693
Figura 11.2. Mapa de pendientes de la cuenca..... 695

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 11.3. Mapa Geología escala 1:25.000. ..... 697
Figura 11.4. Geomorfología de Zinck en escala 1_25.000 a nivel de paisaje dentro de la cuenca. ..... 701
Figura 11.5. Localización de las observaciones realizadas. ..... 706
Figura 11.6. Localización de los perfiles representativos descritos en campo. ..... 721
Figura 11.7. Mapa Unidades Geomorfopedológicas. ..... 722
Figura 11.8. Distribución porcentual de las clases agrologicas. ..... 727
Figura 11.9. Distribución espacial de cada clase agrológica. ..... 728
Figura 11.10. Ubicación espacial de las Tierras de la clase 3. ..... 735
Figura 11.11. Distribución de las Tierras de la clase 4 dentro de la cuenca. ..... 740
Figura 11.12. Distribución espacial clase 5 ..... 746
Figura 11.13. Distribución espacial clase 6 ..... 748
Figura 11.14. Distribución espacial clase 7 ..... 753
Figura 11.15. Distribución espacial clase 8 ..... 756
Figura 11.16. Distribución porcentual usos propuestos ..... 761
Figura 11.17. Mapa usos propuestos. ..... 762
Figura 12.1. Clases principales metodología CLC. ..... 767
Figura 12.2. Características de las imágenes del sensor SENTINEL 2 ..... 769
Figura 12.3. Proceso para la obtención del mapa de coberturas de la tierra CLC. ..... 770
Figura 12.4. Trabajo en campo. ..... 773
Figura 12.5. Proceso para la realización del análisis multitemporal de coberturas. ..... 779
Figura 12.6. Indicadores de estado para el componente de cobertura y uso actual de la tierra POMCA. ..... 781
Figura 12.7. Proceso calculo TCNN. ..... 782
Figura 12.8. Proceso Calculo IVR ..... 782
Figura 12.9. Proceso calculo IF ..... 782
Figura 12.10. Proceso calculo IPD ..... 783
Figura 12.11. Proceso calculo IAC ..... 784
Figura 12.12. Grupos de uso de la tierra. ..... 812
Figura 12.13. Uso actual de la tierra. ..... 814
Figura 12.14. Indicadores de cambio 2013 – 2024. ..... 818

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 12.15. Cambio general de coberturas 2013 - 2024. 819
Figura 12.16. Análisis multitemporal, indicadores de cambio. 820
Figura 12.17. Indicador tasa de cambio coberturas naturales. 823
Figura 12.18. Indicador de vegetación remanente. 826
Figura 12.19. índice de fragmentación. 828
Figura 12.20. Indicador de presión demográfica. 832
Figura 12.21. índice de ambiente crítico. 836
Figura 12.22. índice del estado actual de las coberturas naturales 838
Figura 13.1. Imagen satelital coberturas vegetales cuenca de la Ciénaga de Mallorquín Incluye los Arroyos Grande y León (Ícono abreviatura cobertura vegetal: muestra la ubicación de las parcelas de muestreo). 846
Figura 13.2. Riqueza de especies a nivel de orden taxonómico. 847
Figura 13.3. Riqueza de especies a nivel de familia taxonómica. 847
Figura 13.4. Dendrograma similitud (índice de Bray-Curtis) para coberturas en cuenca Mallorquín. 853
Figura 14.1. Composición porcentual de gremios tróficos de aves registradas. I: insectívoro, G: Granívoro, F: Frugívoro, Ca: Carnívoro, N: Nectarívoro, Cr: Carroñero, P: Piscívoro. 908
Figura 15.1. Esquema conceptual de las Áreas y Ecosistemas Estratégicos a nivel de cuenca. 921
Figura 15.2. Sitio RAMSAR Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta. 923
Figura 15.3. Zonificación Ambiental PMA Sitio RAMSAR. 925
Figura 15.4. Prioridades de Conservación Nacional CONPES 3680 de 2010. 928
Figura 15.5. Zonificación ambiental POMCA 2017. 930
Figura 15.6. Suelos de protección de los POT en la cuenca. 932
Figura 15.7. Humedales en la cuenca. 935
Figura 15.8. Manglares en la cuenca. 936
Figura 15.9. Ronda hídrica de la Ciénaga de Mallorquín. 938
Figura 15.10. Zona de Recarga de acuíferos de la Ciénaga de Mallorquín. 940
Figura 15.11. Áreas de bosque seco en la cuenca. 941
Figura 15.12. Cobertura de Bosques en la cuenca. 943
Figura 15.13. Rondas Hídricas en la cuenca. 944

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Figura 15.14. Capacidad de uso-suelos clase 8. 946

Figura 15.15. Consejo Comunitario de Comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del Municipio de Galapa. 948

Figura 15.16. Áreas y ecosistemas estratégicos en la cuenca. 951

## LISTA DE TABLAS

**Pág.**

Tabla 1.1. Parámetros de la proyección cartográfica Origen Nacional. 7

Tabla 1.2. Parámetros imagen Sentinel – 2. 8

Tabla 1.3. Especificaciones DEM. 10

Tabla 1.4. Distribución municipal en la cuenca. 16

Tabla 1.5. División político-administrativa de la cuenca. 18

Tabla 1.6. Jerarquización de asentamientos urbanos para los municipios con influencia en el área de la Cuenca. 21

Tabla 1.7. Parcialidades indígenas reconocidas en los municipios con jurisdicción en la Cuenca. 23

Tabla 2.1. Recorridos desarrollados en campo. 29

Tabla 2.2. Nomenclaturas de las unidades geológica presentes en la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 35

Tabla 2.3. Formaciones y unidades geológicas regionales aflorantes en la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 40

Tabla 2.4. Unidades geológicas aflorantes en la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 53

Tabla 3.1. Insumos para la interpretación geomorfológica. 67

Tabla 3.2. leyenda geomorfológica con fines edafológicos. 74

Tabla 3.3. Ambientes morfogenéticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa. 84

Tabla 3.4. Índice de relieve relativo. 86

Tabla 3.5. Inclinación de la ladera. 86

Tabla 3.6. Longitud de la ladera. 87

Tabla 3.7. Forma de la ladera. 87

Tabla 3.8. Subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. 88

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 4.1. Inventario de puntos de agua: Coordenadas de Localización y Propietario. ..... 135

Tabla 4.2. Inventario de puntos de agua: Material del revestimiento, Geometría y Usos. . 135

Tabla 4.3. Inventario de puntos de agua: Nivel Piezométrico, Parámetros Fisicoquímicos "In situ" y Tipo de Equipo de Bombeo. ..... 135

Tabla 4.4. Inventario de puntos de agua: Coordenadas de Localización y Propietario. ..... 136

Tabla 4.5. Inventario de puntos de agua: Material del revestimiento, Geometría y Usos. . 136

Tabla 4.6. Inventario de puntos de agua: Nivel Piezométrico, Parámetros Fisicoquímicos "In situ" y Tipo de Equipo de Bombeo. ..... 136

Tabla 4.7. Inventario de puntos de agua: Coordenadas de Localización y Propietario. ..... 137

Tabla 4.8. Inventario de puntos de agua: Material del revestimiento, Geometría y Usos. . 138

Tabla 4.9. Inventario de puntos de agua: Nivel Piezométrico, Parámetros Fisicoquímicos "In situ" y Tipo de Equipo de Bombeo. ..... 140

Tabla 4.10. Análisis general de los pozos inventariados. ..... 170

Tabla 4.11. Coordenadas MAGNA-SIRGAS – Origen Nacional de los puntos inventariados. ..... 173

Tabla 4.12. Coordenadas geográficas GMS del primero y el ultimo electrodo de las Geotomografías realizadas. ..... 183

Tabla 4.13. Coordenadas MAGNA-SIRGAS – Origen Nacional del primero y el ultimo electrodo de las Geotomografías realizadas. ..... 183

Tabla 4.14. Resumen de recargas por unidad hidrográfica de primer nivel. ..... 223

Tabla 4.15. Recarga potencial anual en acuíferos de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León ..... 224

Tabla 4.16. Valores de permeabilidad en formaciones sedimentarias. ..... 230

Tabla 4.17. Coordenadas geográficas GMS de los pozos en donde se realizaron las Pruebas de Bombeo ..... 233

Tabla 4.18. Datos de campo de la prueba de bombeo No. 1, realizada en la Vereda Las Margaritas. ..... 235

Tabla 4.19. Datos de campo de la prueba de recuperación, realizada en la Vereda Las Margaritas. ..... 236

Tabla 4.20. Datos de campo de la prueba de bombeo No. 2, realizada en la Vereda Pital de Megua. ..... 239

Tabla 4.21. Datos de campo de la prueba de recuperación, realizada en la Vereda Pital de Megua. ..... 241

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 4.22. Datos de campo de la prueba de bombeo No. 3, realizada en el Correg. De Juan Minas. ..... 243

Tabla 4.23. Datos de campo de la prueba de recuperación, Finca Los Merengues. ..... 246

Tabla 4.24. Datos de campo de la prueba de bombeo No. 4, realizada en el pozo cerca al arroyo León. ..... 248

Tabla 4.25. Datos de campo de la prueba de recuperación, realizada en el pozo cerca al arroyo León. ..... 250

Tabla 4.26. Resultados de los parámetros hidráulicos calculados en las Pruebas de Bombeo. ..... 256

Tabla 4.27. Coordenadas MAGNA-SIRGAS – Origen Nacional de los pozos en donde se realizaron las Pruebas de Bombeo ..... 256

Tabla 4.28. Resultados de los parámetros de calidad tomados "In situ". ..... 258

Tabla 4.29. Coordenadas geográficas GMS de los pozos en donde se tomaron las muestras para realizarles análisis fisicoquímicos. ..... 260

Tabla 4.30. Resultados de laboratorio de los pozos Pz PB No. 1 y Pz PB No. 2. ..... 262

Tabla 4.31. Resultados de laboratorio de los pozos Pz PB No. 3 y Pz PB No. 4. ..... 263

Tabla 4.32. Clasificación del tipo de agua subterránea de los pozos localizados en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. ..... 264

Tabla 4.33. Índice multiplicador de cada parámetro (peso según su importancia). ..... 279

Tabla 4.34. Puntaje según la profundidad del nivel freático. ..... 279

Tabla 4.35. Puntaje según la recarga (infiltración) promedio en la zona. ..... 280

Tabla 4.36. Puntaje según el tipo de acuífero. ..... 280

Tabla 4.37. Puntaje basado en las características del suelo. ..... 281

Tabla 4.38. Puntaje basado en la pendiente del terreno. ..... 281

Tabla 4.39. Puntaje basado en las características del suelo. ..... 282

Tabla 4.40. Puntaje basado en la conductividad hidráulica (Permeabilidad). ..... 282

Tabla 4.41. Puntaje de vulnerabilidad del acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín. ..... 288

Tabla 4.42. Grados de vulnerabilidad determinados por el Método DRASTIC. ..... 288

Tabla 5.1. Relación numeración de las Unidades Hidrográficas Nivel I delimitadas en la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. ..... 305

Tabla 5.2. Distribución de los órdenes de Horton por porcentaje en la cuenca. ..... 310

Tabla 5.3. Clasificación de cauces – Patrón de alineamiento. ..... 310

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 5.4. Caracterización de la red de drenaje – Cuenca hidrográfica y las Unidades Hidrográficas Nivel I. ..... 311

Tabla 6.1. Estaciones Climatológicas en Cercanías de la Zona de Estudio. ..... 313

Tabla 6.2. Clasificación Caldas. ..... 377

Tabla 6.3. Clasificación Lang. ..... 377

Tabla 7.1. Concesiones por unidades hidrográficas de nivel I. ..... 395

Tabla 7.2. Vertimientos por unidades hidrográficas de nivel I. ..... 395

Tabla 7.3. Caudal medio de largo plazo para la cuenca y las subcuencas. ..... 402

Tabla 7.4. Parámetros del modelo GR4J. ..... 407

Tabla 7.5. Rendimientos de la calibración. ..... 411

Tabla 7.6. Parámetros óptimos obtenidos para las unidades hidrográficas. ..... 412

Tabla 7.7. Caudales medios mensuales para la cuenca hidrográfica y las unidades hidrográficas de nivel I (caudal $m^3/s$). ..... 412

Tabla 7.8. Caudales mínimos para diferentes períodos de retorno para la cuenca hidrográfica y las unidades hidrográficas de nivel I (Caudal $m^3/s$). ..... 414

Tabla 7.9. Cálculo de las áreas. ..... 417

Tabla 7.10. Lluvias máximas para distintos periodos de retorno. ..... 417

Tabla 7.11. Distribución del Hietograma de Diseño. ..... 418

Tabla 7.12. Ponderación de las estaciones. ..... 420

Tabla 7.13. Número de curva de escurrimiento (CN) para grupos hidrológicos en cuencas condición III. ..... 422

Tabla 7.14. Determinación del valor CN en la cuenca. ..... 425

Tabla 7.15. Resultados del tiempo de concentración. ..... 429

Tabla 7.16. Resultados de los caudales máximos (Caudal $m^3/s$). ..... 431

Tabla 7.17. Rendimiento hídrico para condiciones medias ($L/s/km^2$). ..... 432

Tabla 7.18. Rendimiento hídrico para condiciones secas ($L/s/km^2$). ..... 432

Tabla 7.19. Rendimiento hídrico para condiciones húmedas ($L/s/km^2$). ..... 433

Tabla 7.20. Caudales ambientales aplicando las metodologías 1 y 2 (Caudal $m^3/s$). ..... 442

Tabla 7.21. Caudales ambientales medios mensuales aplicando la metodología 3 (Caudal $m^3/s$). ..... 442

Tabla 7.22. Oferta disponible para condiciones hidrológicas medias (Caudal en $m^3/s$). ..... 443

Tabla 7.23. Oferta disponible para condiciones hidrológicas secas (Caudal en $m^3/s$). ..... 444

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 7.24. Oferta disponible para condiciones hidrológicas húmedas (Caudal en $m^3/s$). 444
Tabla 7.25. Dotación máxima neta para poblaciones con clima cálido. 446
Tabla 7.26. Módulo de consumo uso pecuario – Avícola. 447
Tabla 7.27. Módulo de consumo uso pecuario – Porcino. 448
Tabla 7.28. Módulo de consumo uso pecuario – Bovinos. 448
Tabla 7.29. Módulos de consumo manejo, beneficio y sacrificio animal. 449
Tabla 7.30. Dotación doméstica proyectada. 451
Tabla 7.31. Perdidas máximas admisibles de pérdidas técnicas según el RAS. 452
Tabla 7.32. Población por subcuenca. 454
Tabla 7.33. Demanda doméstica. 455
Tabla 7.34. Coeficientes de escorrentía. 458
Tabla 7.35. Cultivos por cobertura. 461
Tabla 7.36. Demanda agrícola por subcuenca. 462
Tabla 7.37. Densidad bovina. 464
Tabla 7.38. Bovinos por municipio. 464
Tabla 7.39. Densidad porcina. 465
Tabla 7.40. Porcinos por municipio. 465
Tabla 7.41. Densidad avícola. 466
Tabla 7.42. Avícola por municipio. 466
Tabla 7.43. Densidad Equina, Caprino y Ovino. 467
Tabla 7.44. Caprinos por subcuenca. 467
Tabla 7.45. Ovinos por subcuenca. 467
Tabla 7.46. Demanda hídrica pecuaria. 468
Tabla 7.47. Demanda total ($m^3$/año). 470
Tabla 7.48. Demanda concesionada. 472
Tabla 7.49. Calificación de los rangos de valores IRH. 474
Tabla 7.50. Resultados del Índice de retención y regulación hídrica en las subcuencas. 475
Tabla 7.51. Rangos y categorías del Índice de uso del agua (IUA). 478
Tabla 7.52. Índice de uso del agua condición hidrológica media. 479
Tabla 7.53. Índice de uso del agua condición hidrológica seca. 479

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 7.54. Matriz de relación para caracterizar el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH). ..... 482
Tabla 7.55. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para la condición hidrológica media ..... 483
Tabla 7.56. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento para la condición hidrológica seca. ..... 483
Tabla 8.1. Relación numeración de las unidades hidrográficas nivel I delimitadas en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. ..... 488
Tabla 8.2. Resultados de los parámetros físicos de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I. ..... 491
Tabla 8.3. Índice de compacidad para la evaluación de la forma. ..... 492
Tabla 8.4. Clasificación del factor de forma. ..... 493
Tabla 8.5. Índice de alargamiento. ..... 494
Tabla 8.6. Índice asimétrico ..... 494
Tabla 8.7. Resultados de los parámetros de forma de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I. ..... 495
Tabla 8.8. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente ..... 497
Tabla 8.9. Resultados de las características del relieve de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I. ..... 498
Tabla 8.10. Resultados de las características del sistema de drenaje de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I. ..... 503
Tabla 9.1. Clases e intervalos en porcentaje y grados, utilizados por el IGAC para clasificar las pendientes del terreno. ..... 508
Tabla 9.2. Resultados de las clases por pendiente y su correspondiente área en hectáreas y porcentaje IGAC. ..... 514
Tabla 9.3. Resultados de las clases por pendiente y su correspondiente área en hectáreas y porcentaje Servicio Geológico Colombiano. ..... 515
Tabla 10.1. Estaciones de monitoreo calidad de agua ERA 2023 en la cuenca. ..... 518
Tabla 10.2. IACAL para la cuenca ERA 2023 CRA. ..... 520
Tabla 10.3. Puntos de monitoreo en la cuenca – estudio de caracterización 2023 ..... 521
Tabla 10.4. Categoría de grado de calidad. ..... 522
Tabla 10.5. Estaciones monitoreo ICAM – REDCAM en jurisdicción de la cuenca ..... 524
Tabla 10.6. $ICAM_{PFF}$ para estación Arroyo León – REDCAM INVEMAR ..... 526
Tabla 10.7. Descripción de las estaciones de muestreo de calidad de agua propuestas. ..... 534

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 10.8. Descripción estación ALE-01. ..... 537
Tabla 10.9. Descripción estación ALE 02. ..... 539
Tabla 10.10. Descripción estación. ..... 545
Tabla 10.11. Descripción estación ALE04. ..... 548
Tabla 10.12. Descripción estación AGR01. ..... 551
Tabla 10.13. Descripción estación AGR02 ..... 555
Tabla 10.14. Descripción estación AGA01. ..... 558
Tabla 10.15. Descripción estación CMQ01. ..... 563
Tabla 10.16. Descripción estación CMQ-02. ..... 564
Tabla 10.17. Descripción estación CQM-03. ..... 565
Tabla 10.18. Objetivos de calidad Ciénaga de Mallorquín y Arroyo León. ..... 566
Tabla 10.19. Clasificación de los tramos de control para el establecimiento de los objetivos de calidad CRA. ..... 567
Tabla 10.20. Objetivos de calidad Resolución 0449 de 2021 CRA. ..... 567
Tabla 10.21. Usos y clase (parámetros y topes de calidad) a corto, mediano y largo plazo. ..... 568
Tabla 10.22. Estaciones de bombeo de aguas residuales en jurisdicción de la cuenca. ..... 594
Tabla 10.23. Componentes del sistema de tratamiento EDAR El Pueblo. ..... 596
Tabla 10.24. Proyectos 2026-2036 de alcantarillado sanitario en distrito de Barranquilla en jurisdicción de la cuenca. ..... 603
Tabla 10.25. Procesos Relleno Sanitario Los Pocitos. ..... 612
Tabla 10.26. EBAR Villa Olímpica Galapa. ..... 623
Tabla 10.27. Variables involucradas en cálculo ICA. ..... 668
Tabla 10.28. Categorías de descripción del ICA. ..... 668
Tabla 10.29. Permisos de Vertimiento vigentes en el área de la Cuenca. ..... 675
Tabla 10.30. Vertimientos objeto de cobro de tasa retributiva en la Cuenca. ..... 676
Tabla 10.31. Resultados de estimación de cargas contaminantes de origen doméstico. ..... 677
Tabla 10.32. Resultados de estimación de cargas contaminantes de origen agrícola. ..... 678
Tabla 10.33. Resultados de estimación de cargas contaminantes de origen pecuario. ..... 679
Tabla 10.34. Resultados de estimación de cargas contaminantes de origen industrial, comercial y de servicios. ..... 679

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 10.35. Cargas contaminantes al agua superficial estimadas por unidad hidrográfica de nivel I. ..... 680
Tabla 10.36. Indicadores de presión por carga contaminante. ..... 680
Tabla 10.37. Rangos para la clasificación de presión de carga contaminante. ..... 683
Tabla 10.38. Alteración Potencial de la Calidad del Agua en condiciones hidroclimáticas normales. ..... 685
Tabla 10.39. Alteración Potencial de la Calidad del Agua en condiciones secas. ..... 685
Tabla 11.1. Perfiles descritos por el estudio general de suelos en el año 2004 (IGAC 2004). ..... 692
Tabla 11.2. Rangos de pendientes dentro de la cuenca. ..... 696
Tabla 11.3. Leyenda geomorfológica de la cuenca en escala 1:25.000. ..... 698
Tabla 11.4. Cantidad de observaciones requeridas de acuerdo con la guía. ..... 703
Tabla 11.5. Total, de perfiles representativos dentro de la cuenca. ..... 704
Tabla 11.6. Leyenda geomorfopedológica para la cuenca. ..... 710
Tabla 11.7. Perfiles representativos recolectados dentro de la cuenca. ..... 720
Tabla 11.8. Calificación de acuerdo con la pendiente. ..... 725
Tabla 11.9. Calificación de acuerdo con la erosión del suelo. ..... 725
Tabla 11.10. Calificación de acuerdo con el drenaje del suelo. ..... 725
Tabla 11.11. Calificación de acuerdo con la profundidad efectiva y los fragmentos en el suelo. ..... 726
Tabla 11.12. Calificación de acuerdo con la pedregosidad y los afloramientos rocosos. ..... 726
Tabla 11.13. Calificación de acuerdo con las condiciones químicas de los suelos. ..... 726
Tabla 11.14. Tabla Distribución clases agrologicas a nivel municipal. ..... 730
Tabla 11.15. Leyenda Capacidad de uso de las tierras. ..... 730
Tabla 12.1. Datos imagen SENTINEL 2 ..... 771
Tabla 12.2. Grupos de uso y usos actuales en la cuenca Mallorquín. ..... 774
Tabla 12.3. Indicadores de cambio de coberturas considerados en el análisis multitemporal. ..... 775
Tabla 12.4. Proceso de análisis multitemporal de coberturas. ..... 780
Tabla 12.5. Valores para cada variable y categoría para la construcción del índice de estado de coberturas naturales ..... 785
Tabla 12.6. Valores índice estado actual cobertura naturales. ..... 785

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 12.7. Coberturas presentes en la cuenca. ..... 786
Tabla 12.8. Coberturas presentes en la cuenca a tercer nivel. ..... 806
Tabla 12.9. Grupo de uso y usos actuales. ..... 808
Tabla 12.10. Usos actuales. ..... 813
Tabla 12.11. Indicadores de cambio entre 2013 y 2024. ..... 817
Tabla 12.12. Tipo de cambio general de coberturas entre 2013 - 2024. ..... 819
Tabla 12.13. Indicador tasa de cambio de las coberturas naturales. ..... 822
Tabla 12.14. Biomas identificados. ..... 824
Tabla 12.15. Coberturas naturales actuales por bioma identificado e IVR. ..... 825
Tabla 12.16. índice de fragmentación. ..... 827
Tabla 12.17. Cálculos de IPD por unidad territorial. ..... 828
Tabla 12.18. Relación entre IAC, IVR, IPD y área afectada. ..... 833
Tabla 12.19. Coberturas naturales identificadas con grado de IAC. ..... 834
Tabla 12.20. índice del estado actual de las coberturas naturales, rango, descriptor y áreas. ..... 837
Tabla 13.1. Áreas Naturales Protegidas del Departamento del Atlántico. ..... 843
Tabla 13.2. Coberturas vegetales en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León. ..... 845
Tabla 13.3. Distribución de coberturas en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León. ..... 847
Tabla 13.4. Listado taxonómico flora cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León. ..... 848
Tabla 13.5. Índices de diversidad alfa para coberturas arbóreas en cuenca Ciénaga de Mallorquín. ..... 850
Tabla 13.6. Listado taxonómico de flora identificada en Bosque de galería y ripario. ..... 854
Tabla 13.7. IVI para las especies arbóreas del bosque ripario y/o de galería. ..... 856
Tabla 13.8. Listado taxonómico especies de flora identificadas en la Vegetación secundaria baja. ..... 864
Tabla 13.9. IVI para las especies arbóreas de la Vegetación secundaria baja. ..... 865
Tabla 13.10. Listado taxonómico especies arbóreas en los Arbustales densos. ..... 869
Tabla 13.11. Listado taxonómico especies arbóreas en los Arbustales abiertos. ..... 869

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Tabla 13.12. Listado taxonómico de flora identificada en el Mosaico de pastos con espacios naturales..... 877
Tabla 13.13. IVI para las especies arbóreas del Mosaico de pastos con espacios naturales. ..... 878
Tabla 13.14. Especies de flora de Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales..... 880
Tabla 13.15. Listado taxonómico especies de lagunas costeras. ..... 884
Tabla 13.16. Listado taxonómico especies de flora en alguna categoría de amenaza o veda. ..... 886
Tabla 14.1. Anfibios observados en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León. ..... 897
Tabla 14.2. Especies de reptiles cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.899
Tabla 14.3. Especies de aves en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León. ..... 905
Tabla 14.4. Mamíferos observados en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León. ..... 914
Tabla 15.1. Análisis de áreas y ecosistemas estratégicos en la cuenca. ..... 949

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 1. CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA CUENCA

## *1.1. Introducción*

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible publicó en 2014 la Guía Técnica para la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas POMCA, donde establece criterios, procedimientos y metodologías para brindar orientación en la formulación de un POMCA.

El componente de caracterización básica de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, comprende: la descripción espacial del área de la cuenca tomando como referencia la cartografía base disponible por el IGAC a escala 1:25.000, las especificaciones del modelo digital de elevación, y por ultimo incluye la definición de las unidades político administrativas a nivel departamental, municipal y entidades territoriales, incluyendo la jerarquización de asentamientos y la presencia de comunidades étnicas en el área de la cuenca.

La caracterización está orientada a describir las principales particularidades de la cuenca, igualmente, se señala la correcta estructuración y validación de la información de la cartografía base fundamentada en los lineamientos técnicos del IGAC y de las normas técnicas colombianas NTC 5043 – "Información geográfica. Conceptos básicos de calidad de los datos geográficos", y la NTC 4611 "Información geográfica. Metadato geográfico". Conforme a lo anterior, la información de cartografía base se estructuró en formato Geodatabase, y se diseñó la plantilla general para la generación de los diferentes productos cartográficos y mapas temáticos resultantes del POMCA en la fase de diagnóstico.

## *1.2. Ubicación geográfica de la Cuenca*

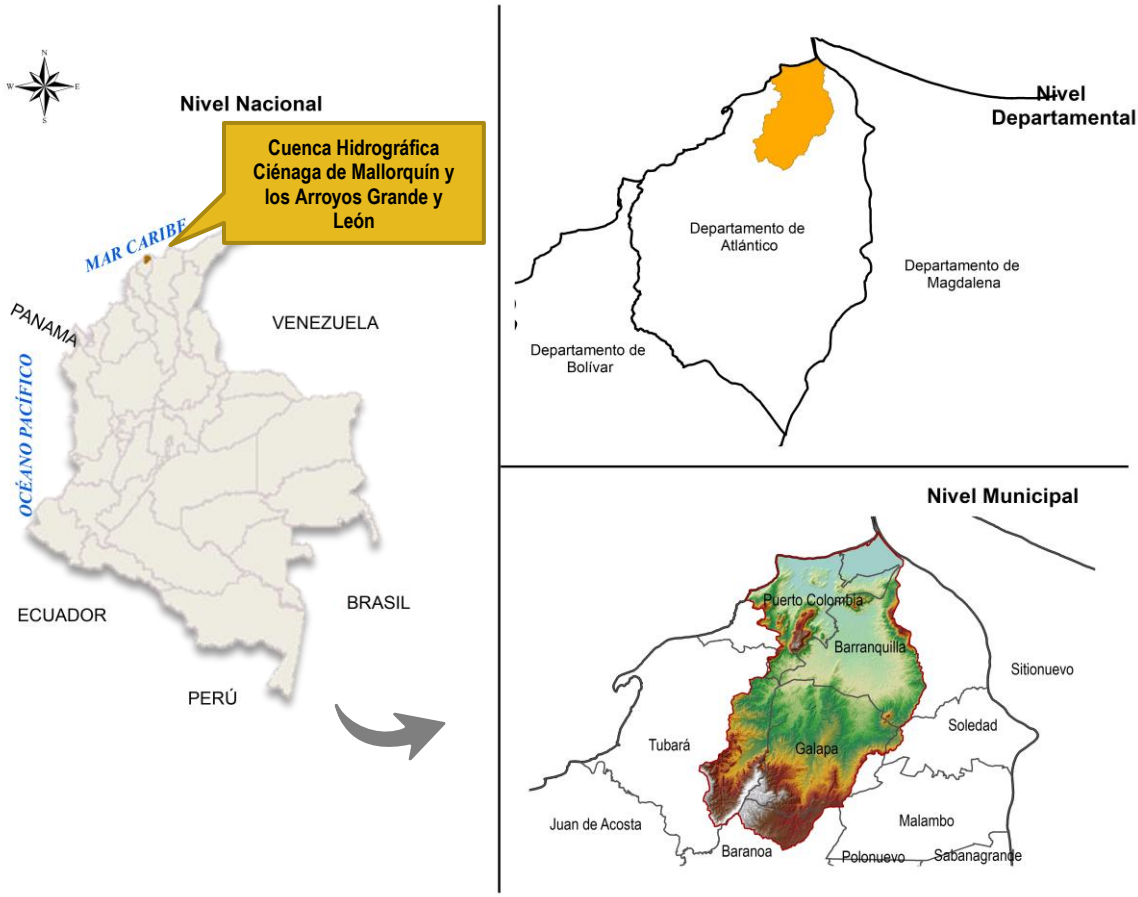
La cuenca hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León se localiza al norte del departamento del Atlántico abarcando parte de los municipios de Baranoa, Galapa, Malambo, Puerto Colombia, Soledad, Tubará y el Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, es una cuenca costera de la región Caribe ubicada geográficamente entre las coordenadas las coordenadas: 10° 49' 9,556" y 11° 3' 51,359" de latitud norte y 74° 58' 50,868" y 74° 48' 26,869" de longitud oeste de Greenwich. Su extensión superficial es de aproximadamente **295,2** km2 (92,7 km de perímetro) constituida por los arroyos Grande y León, también abarca otros cuerpos de agua como la ciénaga de Mallorquín y la Ciénaga de

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

manatíes, pertenece a la subzona hidrográfica del Bajo Magdalena y se encuentra bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).

En la Figura 1.1 se ilustra la ubicación espacial de la cuenca hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León en el contexto nacional, regional y municipal.

**Figura 1.1. Macro localización de la cuenca hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**




En el ámbito de estudio la cuenca, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas planas del sistema de referencia MAGNA Colombia Origen Único, adoptado por la resolución IGAC 471 de 2020:

| | |
|---|---|
| X min: 4.783.525,7365 | X máx.: 4.802.637,0952. |
| Y min: 2.754.275,3582 | Y máx.: 2.781.243,0872. |

De acuerdo a la codificación de Cuencas Hidrográficas del IDEAM (2013) y el mapa de unidades hidrográficas del IDEAM, la cuenca Ciénaga de Mallorquín - SZH (2909) comparte los siguientes límites hidrográficos a nivel de subzona hidrográfica:

- Este: Cuenca Complejo Humedales Ciénaga Grande de santa Marta – NSS (2906-01).
- Oeste: Arroyos Directos al Caribe Norte – NSS (1206-02).
- Sureste: Cuenca directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi) – SZH (2904).

**Figura 1.2. Codificación de Cuencas Hidrográficas -IDEAM 2013.**

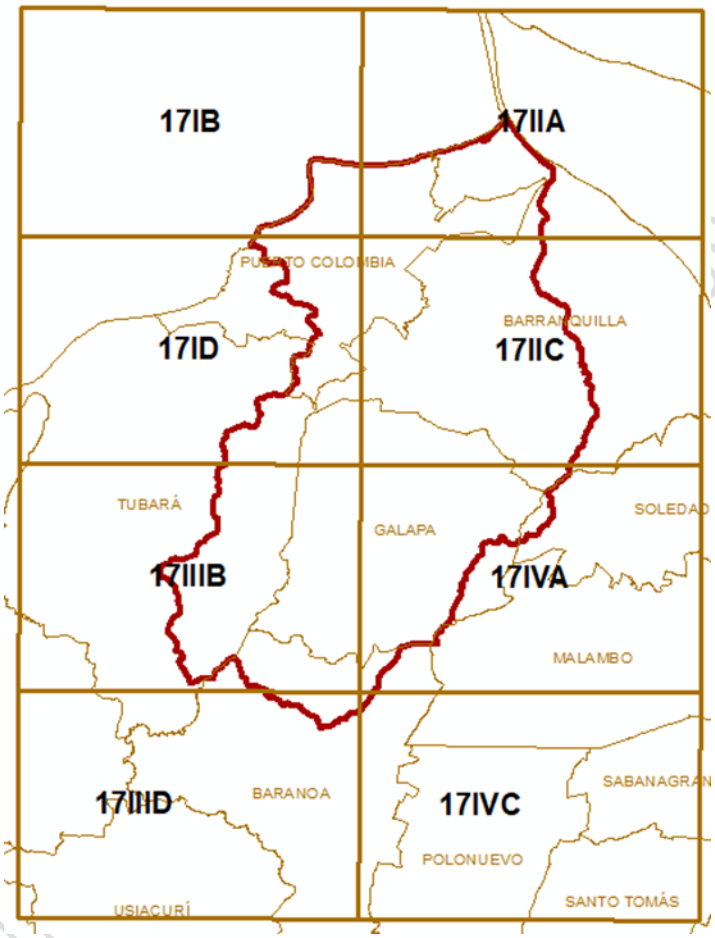
## *1.3. Cartografía Base*

Como modelo de datos de cartografía base se tomó la información publicada datos abiertos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), que comprende 8 planchas sin empalmar a escala 1:25.000 (17IB, 17IIB, 17ID, 17IIC, 17IIIB, 17IVA, 17IIID, 17IVC), tal como se aprecia en la Figura 1.3.

DOCUMENTO DE CONSULTA PÚBLICIDAD

Así mismo se hace mención la unión de las planchas en una sola base de datos geográfica manteniendo la integridad espacial, lo cual facilita su manipulación y además permite cumplir con los alcances del proyecto.

**Figura 1.3. Distribución de planchas, escala 1.25.000.**




El modelo de datos a nivel de cartografía base se encuentran estructurado y organizado por 13 conjuntos de datos espaciales asociados por temática (dataset) como se observa en la Figura 1.4, permitiendo la lectura actual y futura de los resultados del POMCA.

DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

**Figura 1.4. Catálogo de objetos cartografía básica POMCA Ciénaga de Mallorquín a escala 1:25.000.**

Fuente: Modelo de datos IGAC 1:25.000.

La información geográfica tanto base como temática de la cuenca se encuentra conforme a la Resolución 471 de 2020 a través de la cual se establece un sistema de proyección cartográfico con un único origen para Colombia, denominado «origen nacional», de manera que se integró a la estructura de la base de datos geográfica manteniendo la integridad espacial, lo cual facilita su manipulación y, además, permite cumplir con los alcances del proyecto. Las especificaciones técnicas cartográficas detalladas se desarrollan en el Volumen 07 (07_CartSIG).

## *1.4. Plantilla General*

La descripción de las especificaciones técnicas para los productos cartográficos incluye, entre otros componentes, el diseño e implementación de un conjunto de imágenes, colores, simbología, leyendas, escalas y diagramación que conforman un estilo cartográfico, en tal virtud, para la presentación de todos los productos cartográficos del POMCA de la Ciénaga de Mallorquín se diseñó la plantilla general a escala 1:25.000 tanto para las salidas cartográficas como para los mapas.

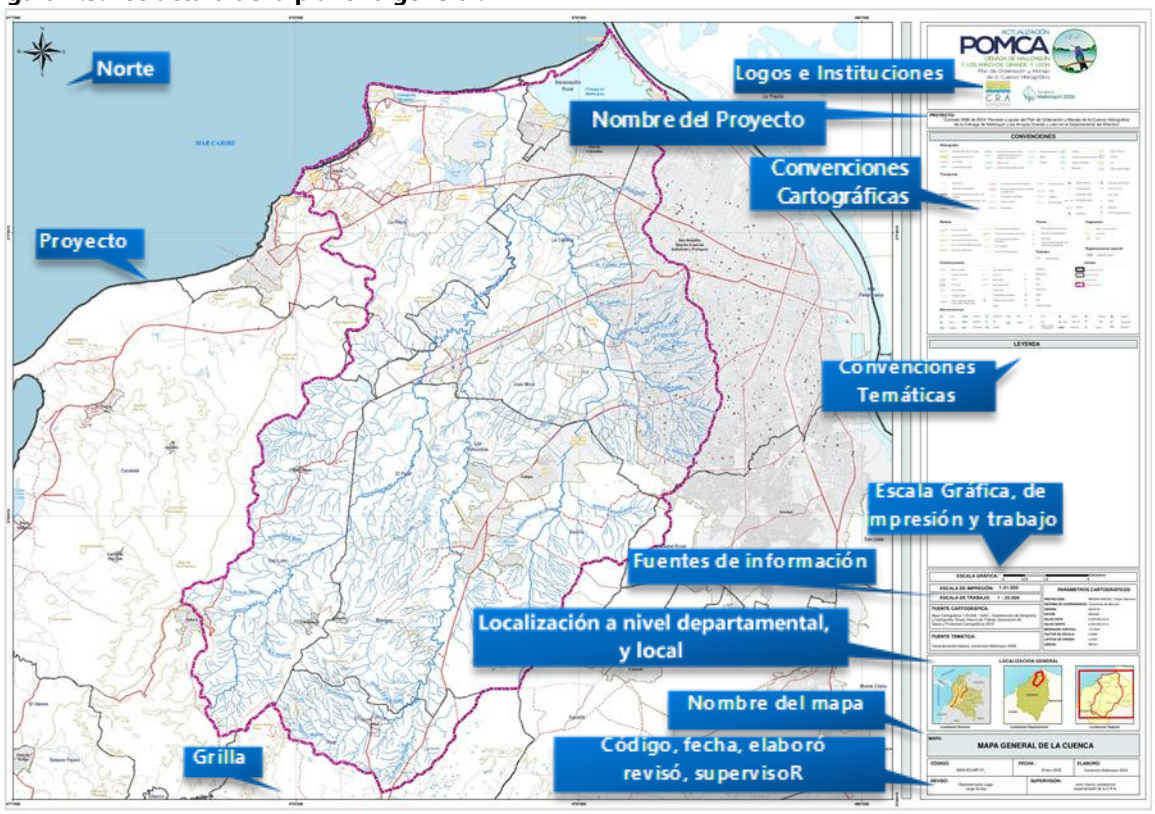
El diseño de las plantillas provee los elementos gráficos: norte, escala gráfica, escala numérica, grilla, sistema de coordenadas y proyección, leyenda y convenciones, fuentes de información, logos del proyecto e instituciones, mapa de localización, participantes, fechas de publicación y elaboración, título y numeración del mapa o salida cartográfica.

Conforme a lo anterior, la información de cartografía base se estructuró en formato Geodatabase, y se diseñó la plantilla general para la generación de los diferentes productos cartográficos y mapas temáticos resultantes del POMCA en la fase de diagnóstico.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 1.4.1. Estructura plantilla general

**Figura 1.5. Estructura de la plantilla general.**




### 1.4.2. Sistema de referencia

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 471 y 529 de 2020, todos los productos de la cartografía básica deben hacer uso del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia es MAGNA-SIRGAS, establecido mediante Resolución 068 de 2005, o aquel que lo modifique o lo sustituya.

La información geográfica recopilada se encuentra organizada conforme a la Resolución 471 de 2020 a través de la cual se establece un sistema de proyección cartográfico con un único origen para Colombia, denominado «origen nacional», lo cual facilita su manipulación y, además, permite cumplir con los alcances del proyecto. La proyección cartográfica se encuentra definida en un único origen de coordenadas, con los parámetros establecidos en la Tabla 1.1.

DOCUMENTO DE

**Tabla 1.1. Parámetros de la proyección cartográfica Origen Nacional.**

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| **Proyección** | Transversa Mercator |
| **Elipsoide** | GRS80 |
| **Origen Latitud** | 4° N |
| **Origen Longitud** | 73° W |
| **Falso este** | 5.000.000 |
| **Falso norte** | 2.000.000 |
| **Unidades** | metros |
| **Factor de escala** | 0.9992 |
| **Datum** | MAGNA-SIRGAS |

Fuente: Resolución 471 de 2020.

## *1.5. Imágenes Satelitales*

Es importante señalar que las imágenes satelitales son insumo básico en la elaboración y evaluación de cartografía temática de los diferentes componentes del POMCA, igualmente permite valorar las consecuencias producidas en el ambiente por eventos naturales o antrópicos; convirtiéndose en un insumo esencial dentro de los estudios de planificación y ordenamiento territorial.

En tal sentido para efectos del desarrollo del proyecto y realizar productos posteriores como análisis multitemporal es necesario la adquisición de imágenes de satélites o fotografías aéreas para facilitar el monitoreo de las coberturas de la tierra, usos de suelo, masas de agua, o la detección de fenómenos naturales o provocados por la actividad humana, evaluando la satisfacción de la escala requerida y teniendo en cuenta aspectos generales como nubosidad y contraste. Se recopilaron imágenes satelitales del programa Copernicus correspondiente al satélite Sentinel 2, estas presentan una resolución espacial de entre 10 a 60 metros, lo que facilita la interpretación y adecuación de la información en escala 1:25.000. Además, el programa proporciona imágenes multiespectrales con gran resolución y amplitud lo que permite la aplicación de diversas combinaciones de bandas para para el monitoreo de coberturas de la tierra, usos de suelo, masas de agua, o la detección de fenómenos naturales o provocados por la actividad humana, por ende, se le otorga una alta calificación para el análisis de pertinencia, calidad, fiabilidad y actualidad.

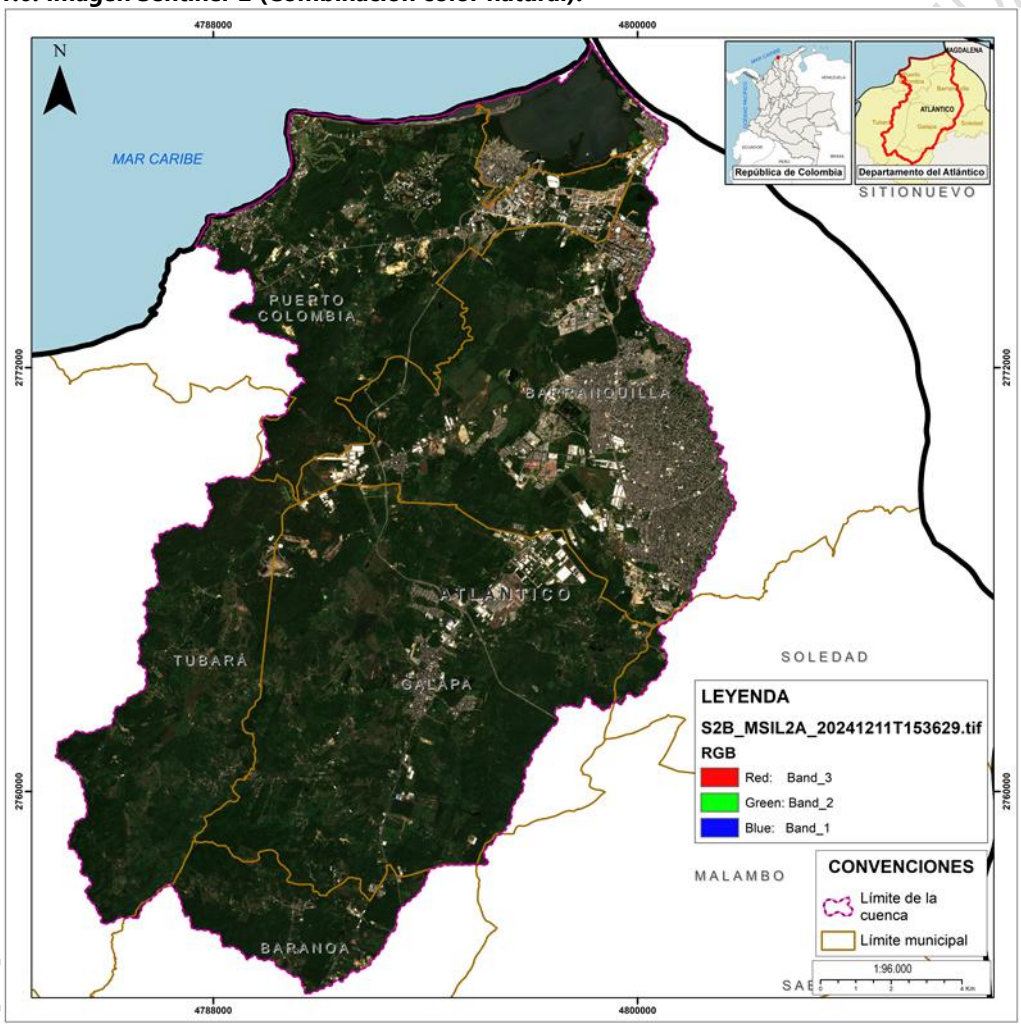
En la Tabla 1.2 se visualizan los parámetros de la imagen obtenida para la actualización del del POMCA de la Ciénaga de Mallorquín.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 1.2. Parámetros imagen Sentinel – 2.**

| S2B_MSIL2A_20241211T153629 | |
|---|---|
| **ID de la escena** | S2B_MSIL2A_20241211T153629_N0511_R068_T18PWT_20241211T221637 |
| **Plataforma** | Sentinel -2 |
| **Nubes** | 1,6% |
| **Fecha de captura** | 11-12-2024 |
| **Resolución** | 10,20,60 m |

**Figura 1.6. Imagen Sentinel-2 (Combinación color natural).**



## *1.6. Modelo digital de elevación*

El Modelo Digital de Elevación (DEM) hace referencia a una representación tridimensional de la superficie, se expresa en una matriz de celdas o pixeles con los datos de elevación (cota o altura de terreno) en relación a un sistema de referencia.

Los archivos del tipo DEM son utilizados para la extracción de parámetros del terreno como pendientes, rugosidad y mapas de sombras, igualmente, son empleados dentro de los Sistemas de información Geográfica, a través de algoritmos para el análisis y modelación con fines de ordenamiento ambiental como morfometría, geomorfología, geología, suelos, climatología e hidrología y, en forma indirecta, estudios de coberturas, y uso de la tierra, entre otros.

Cabe agregar que entre sus usos también se encuentra caracterizar en forma cuantitativa de modelos digitales de los flujos de agua o del movimiento de masas incluso de incendios forestales en diferentes escenarios de riesgo, generando información para la toma de decisiones en diferentes ámbitos.

Las imágenes ALOS / PALSAR-RTC1 con resolución espacial de 12.5 m por pixel son un excelente recurso para obtener DEM, la información fue liberada y se encuentra accesible por la Agencia de exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA); los productos generados cuentan con corrección radiométrica del terreno (RTC) y se encuentran en formato GeoTIFF compatible con SIG.

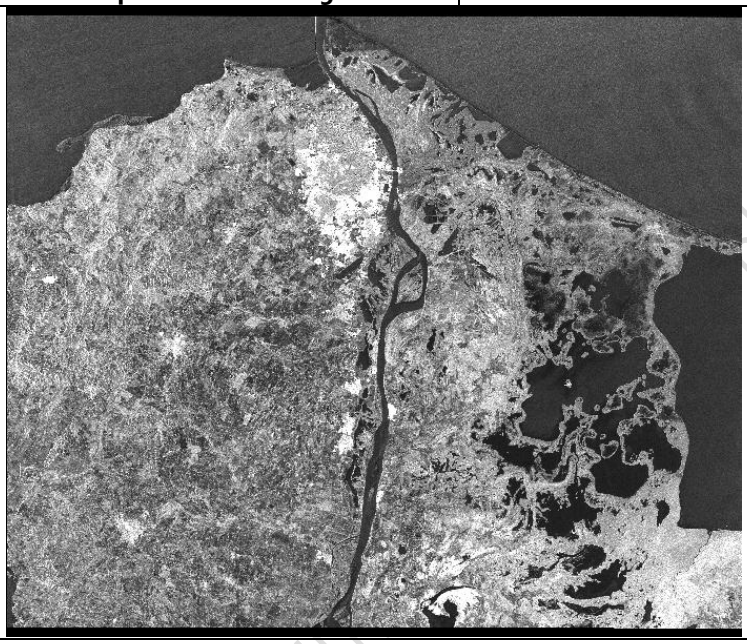
A continuación, se presentan los parámetros de la imagen DEM adquirida, ver Tabla 1.3:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

1 Alaska Satellite Facility (2017). ALOS Phased Array tipo L-band Synthetic Aperture Radar. Recuperado de: https://vertex.daac.asf.alaska.edu/

**Tabla 1.3. Especificaciones DEM.**

| ALPSRP273810200 | |
|---|---|
| **Nombre del archivo** | AP_27381_FBS_F0200_RT1 |
| **Resolución** | 12,5 m |
| **Fecha de inicio de adquisición de la imagen** | 2011-03-16T03:36:36.635000Z |
| **Fecha de inicio de adquisición de la imagen** | 2011-03-16T03:36:45.169000Z |



Fuente: https://search.asf.alaska.edu/#/.

Como se mencionó con anterioridad, a partir de la ventana denominada AP_27381_FBS_F0200_RT1, la cual cubre y excede el área total de la cuenca, se realizó un corte considerando 500 m adicionales al borde de la cuenca y se almaceno en una Geodatabase denominada GDB Raster.

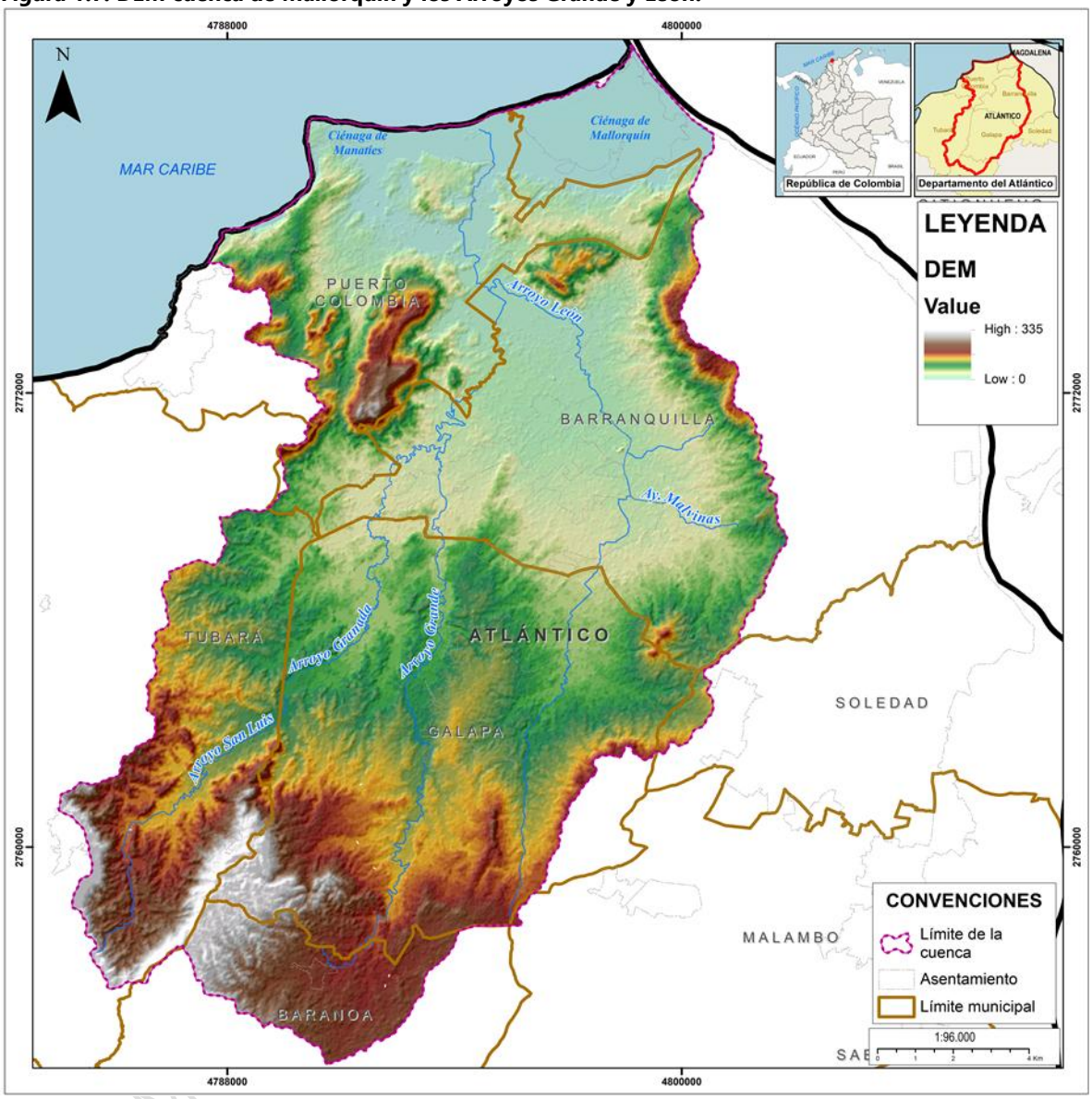
Con el objetivo de satisfacer las condiciones hidrológicas y morfométricas para la cuenca a partir de este modelo, se aplicaron los siguientes geoprocesos:

Pasos:

- Ajuste de huecos (Gaps) o pixeles con valores No Data dentro del área de trabajo.
- Llenado de basines (Fill skins) o áreas donde el agua se estaciona gravitacionalmente y no corre o fluye.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO PARA PUBLICIDAD

**Figura 1.7. DEM cuenca de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**




## *1.7. Ajuste límite cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León*

Ante la necesidad de dar cumplimiento a lo dispuesto en el decreto 1640 de 2012, la cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León fue priorizada por la CRA para el proceso de actualización y formulación del POMCA en las vigencias 2026 - 2035 con base en el documento presentado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS de la "Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas".

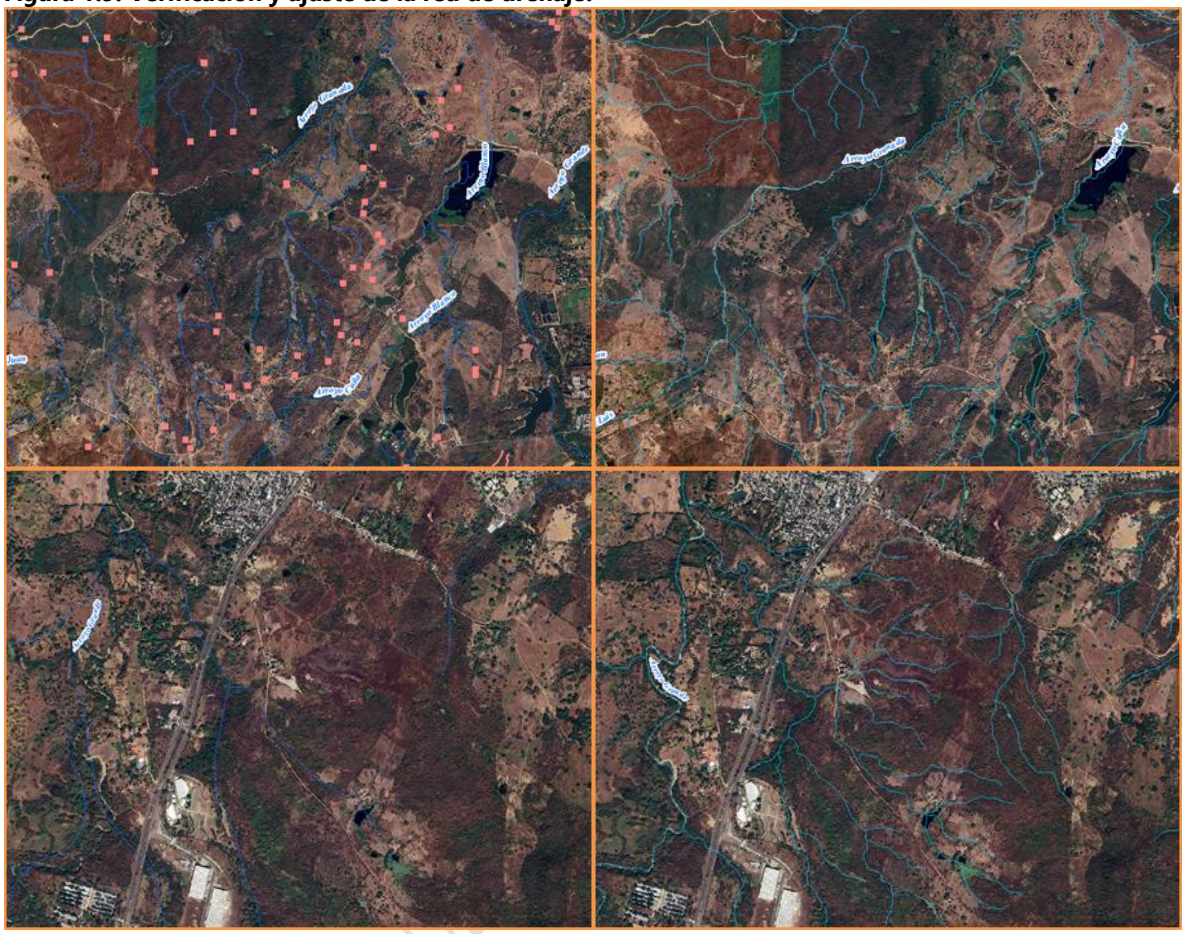
El proceso metodológico requirió la integración de la cartografía básica oficial del IGAC generada a escala 1:25.000 en la estructura del sistema de información geográfica para el POMCA, una vez validada se identificaron vacíos de información que fueron subsanados para dar integridad a los datos base, adicionalmente con el apoyo de la imagen satelital y el modelo digital de elevación de 12,5 metros de resolución espacial se definió el límite teniendo en cuenta los preceptos para delimitación de cuencas hidrográficas. El procedimiento para la definición y ajuste del límite se describe en la Figura 1.8, y se hizo necesario por las diferencias entre la delimitación de la cuenca inicial y la precisión de la información cartográfica digital disponible.

**Figura 1.8. Esquema metodológico de ajuste de la delimitación del área de la cuenca.**

### 1.7.1. Verificación y ajuste de la red de drenaje

La verificación y ajuste de la red de drenaje se ejecuta como primer paso para detectar y solucionar problemas en el sistema de drenaje de la cuenca, como se muestra en la Figura 1.9 con ayuda de las imágenes se ajustaron los drenajes que tenían vacíos de información, se capturaron los drenajes con densidad de vegetación y/o se veía la huella y se verifico el sentido de los drenajes, de tal forma que a medida que disminuye el valor de la altura de la curva de nivel, en la misma dirección se encontrara el nodo validando errores topológicos.

**Figura 1.9. Verificación y ajuste de la red de drenaje.**



## 1.7.2. Ajuste limite cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León

Para la definición del límite definitivo de la cuenca se consideraron los siguientes parámetros generales:

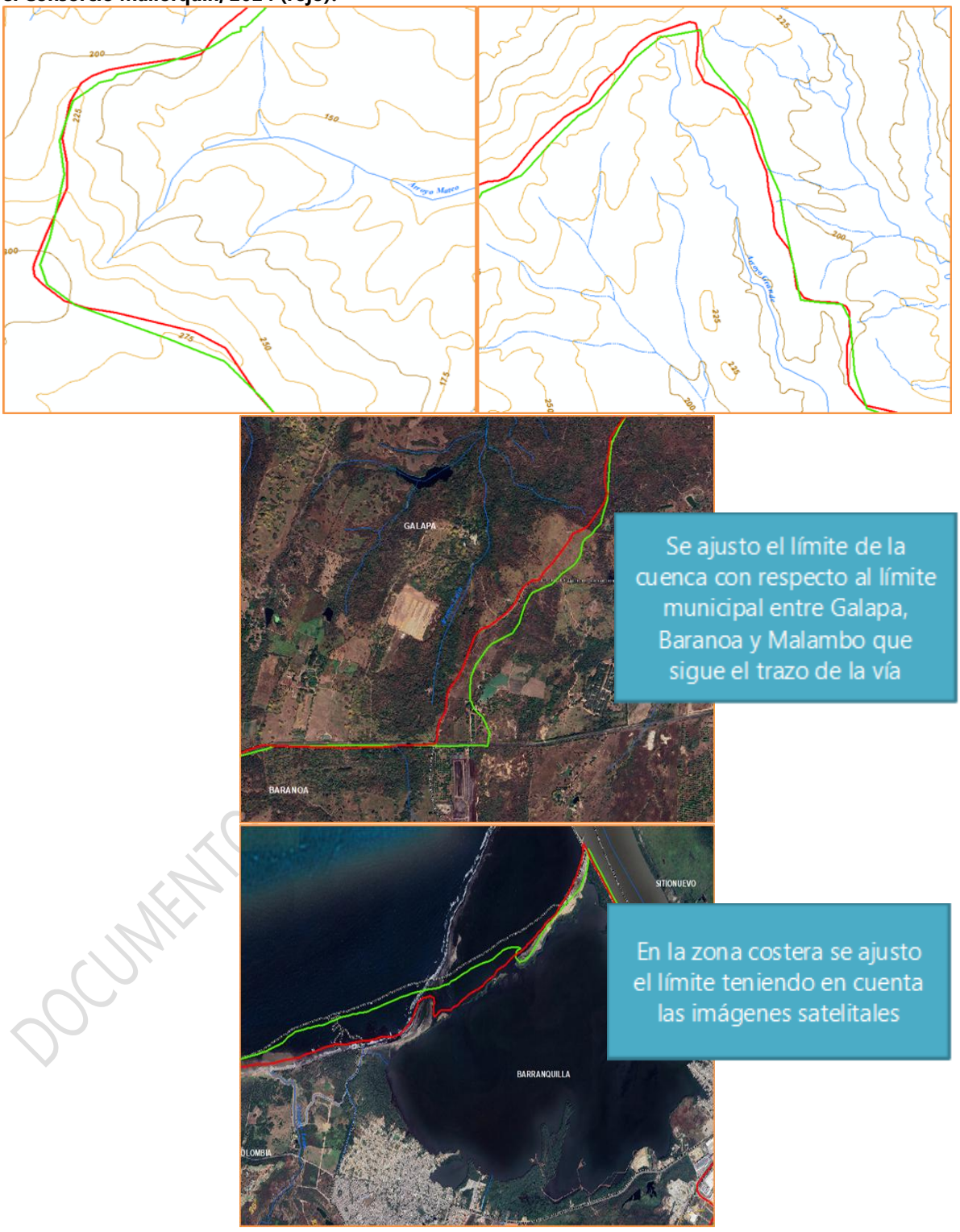
- Identificar la red de drenaje.
- La divisoria de aguas corta perpendicularmente las curvas de nivel y pasa estrictamente por los puntos de mayor nivel topográfico.
- Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
- Cuando la altitud de la divisoria va decreciendo, corta a las curvas de nivel por la parte cóncava.
- La divisoria nunca corta un drenaje, sea que éste haya sido graficado no en el mapa, excepto en el punto de interés de la cuenca (salida).

DOCUMENTO NO D

En la Figura 1.10 se observa un fragmento de las diferencias entre los trazos del límite anterior y el realizo por el consultor, dando como resultado una superficie de 29.527,62 ha.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 1.10. Fragmentos trazo del límite de la cuenca Ciénaga de Mallorquín vigente (verde) y límite por el Consorcio Mallorquín, 2024 (rojo).**




DOCUMENTO

## *1.8. División Político – Administrativa*

La caracterización de las unidades político-administrativas dentro del área de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, se generó a partir de la fuente oficial del Marco Geoestadístico Nacional (MNG2) del Departamento Nacional de Estadística DANE, de acuerdo con la resolución 2222 de 2018 corresponde al sistema para referenciar la información estadística a su localización geográfica. Está constituido por áreas geográficas (departamentos, municipios, cabeceras municipales, centros poblados, veredas, rural disperso, entre otras) delimitadas principalmente por accidentes naturales y culturales, identificables en terreno y su respectiva codificación.

Conforme a la información descrita anteriormente y el MNG 2020, se identificaron las unidades político-administrativas presentes, inicialmente se realizó la sobre posición de la capa de límites municipales con el límite de la cuenca, obteniendo como resultado la presencia de seis (6) municipios del Atlántico: Barranquilla, Baranoa, Galapa, Puerto Colombia, Soledad y Tubará (Ver Figura 1.11 y Figura 1.12).

El municipio con mayor porcentaje sobre el área de la cuenca corresponde a Baranoa con el 31%, seguido del municipio de Barranquilla con el 29,5%, en tercer lugar se encuentra el municipio de Puerto Colombia con el 19%, le sigue el municipio de Tubará con el 14,4% y por último con el pequeño porcentaje de 0,54% se encuentra el municipio de Soledad, es importante señalar que la sumatoria de las áreas municipales no completan el 100% de la cuenca por la diferencia en el límite continental de la fuente oficial del MNG, tal como se detalla en la Tabla 1.4.

**Tabla 1.4. Distribución municipal en la cuenca.**

| Departamento | Municipio | Área (ha) | % del municipio en la cuenca |
|---|---|---|---|
| Atlántico | Barranquilla | 8.709,11 | 29,5% |
| | Baranoa | 1.611,26 | 5,5% |
| | Galapa | 9.166,16 | 31,1% |
| | Puerto Colombia | 5.586,39 | 19,0% |
| | Soledad | 159,01 | 0,5% |
| | Tubará | 4.243,92 | 14,4% |
| | Total, municipios | 29.475,85 | 99,9% |
| Área de la cuenca | | 29.527,62 | 100% |

2 https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/descarga-mgn-marco-geoestadistico-nacional/.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 1.11. Porcentaje de participación de los municipios en la cuenca.**

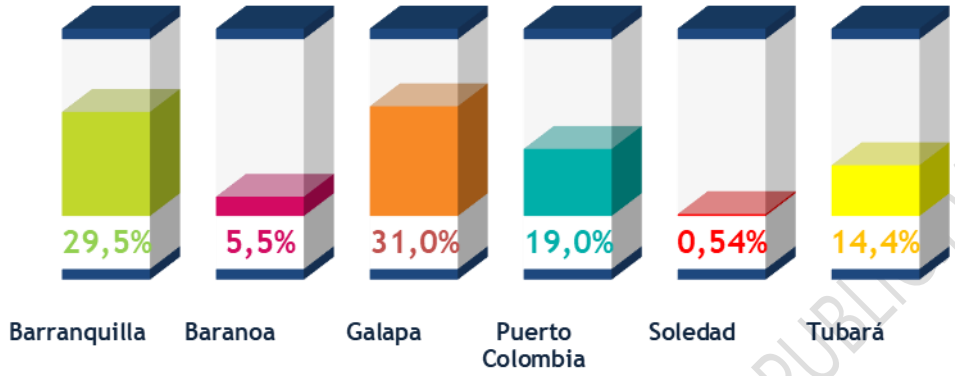
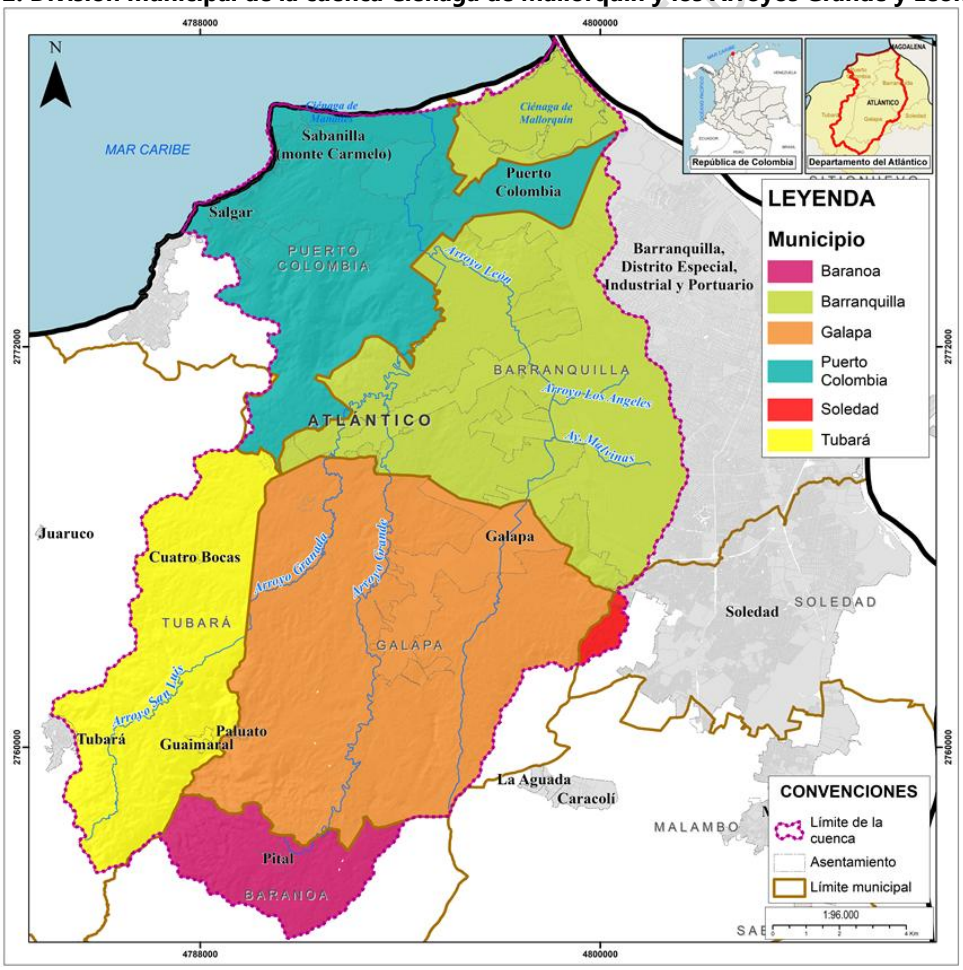



**Figura 1.12. División municipal de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**




DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

El 76,39% del área de la cuenca se encuentra en el sector rural, mientras que el 23,6% corresponde a las cabeceras municipales del distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, Galapa, Puerto Colombia, Soledad y Tubará, el centro poblado de Paluato en jurisdicción del municipio de Galapa, los centros poblados de Salgar y Sabanilla de Puerto Colombia y los centros poblados de Cuatro Bocas y Guaimaral ubicados en Tubará. En la Tabla 1.5 y la Figura 1.12 se detalla el porcentaje de la división política (vereda, centro poblado y cabecera municipal) de la cuenca, señalando que en total se encuentran 13 veredas, 6 centros poblados y 5 cabeceras municipales.

**Tabla 1.5. División político-administrativa de la cuenca.**

| Municipio | Nombre | Entidad Territorial | Área dentro de la cuenca (Ha) | Área dentro de la cuenca (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Baranoa** | Pital | Centro poblado | 33,26 | 0,11% |
| | Pital | Vereda | 1.578,00 | 5,4% |
| **Sub Total Municipio de Baranoa** | | | **1.611,26** | **5,47%** |
| **Barranquilla** | Barranquilla Rural | Vereda | 1.146,92 | 3,89%% |
| | Barranquilla, Distrito Especial, Industrial y Portuario | Cabecera municipal | 4.458,61 | 15,13% |
| | Juan Mina | Vereda | 1.977,13 | 6,71% |
| | La Cabaña | Vereda | 1.126,44 | 3,82% |
| **Sub Total Municipio de Barranquilla** | | | **8.709,11** | **29,55%** |
| **Galapa** | El Pajal | Vereda | 1.798,20 | 6,10% |
| | Galapa | Cabecera municipal | 1.030,96 | 3,50% |
| | La Sierra | Vereda | 1.698,12 | 5,76% |
| | Las Petronitas | Vereda | 899,60 | 3,05% |
| | Mengua | Vereda | 2.148,80 | 7,29% |
| | Paluato | Centro poblado | 11,85 | 0,04% |
| | Sevilla | Vereda | 1.578,62 | 5,37% |
| **Sub Total Municipio de Galapa** | | | **9.166,16** | **31,10%** |
| **Puerto Colombia** | La Playa | Vereda | 4.232,90 | 14,36% |
| | Puerto Colombia | Cabecera municipal | 1.067,19 | 3,62% |
| | Sabanilla (Monte Carmelo) | Centro poblado | 80,89 | 0,27% |
| | Salgar | Centro poblado | 205,40 | 0,70% |
| **Sub Total Municipio de Puerto Colombia** | | | **5.586,39** | **18,95%** |
| **Soledad** | Soledad | Cabecera municipal | 17,35 | 0,06% |
| | Soledad Rural | Vereda | 141,67 | 0,48% |
| **Sub Total Municipio de Soledad** | | | **159,01** | **0,54%** |
| **Tubará** | Canalete | Vereda | 1,81 | 0,01% |
| | Cuatro Bocas | Centro poblado | 8,57 | 0,03% |

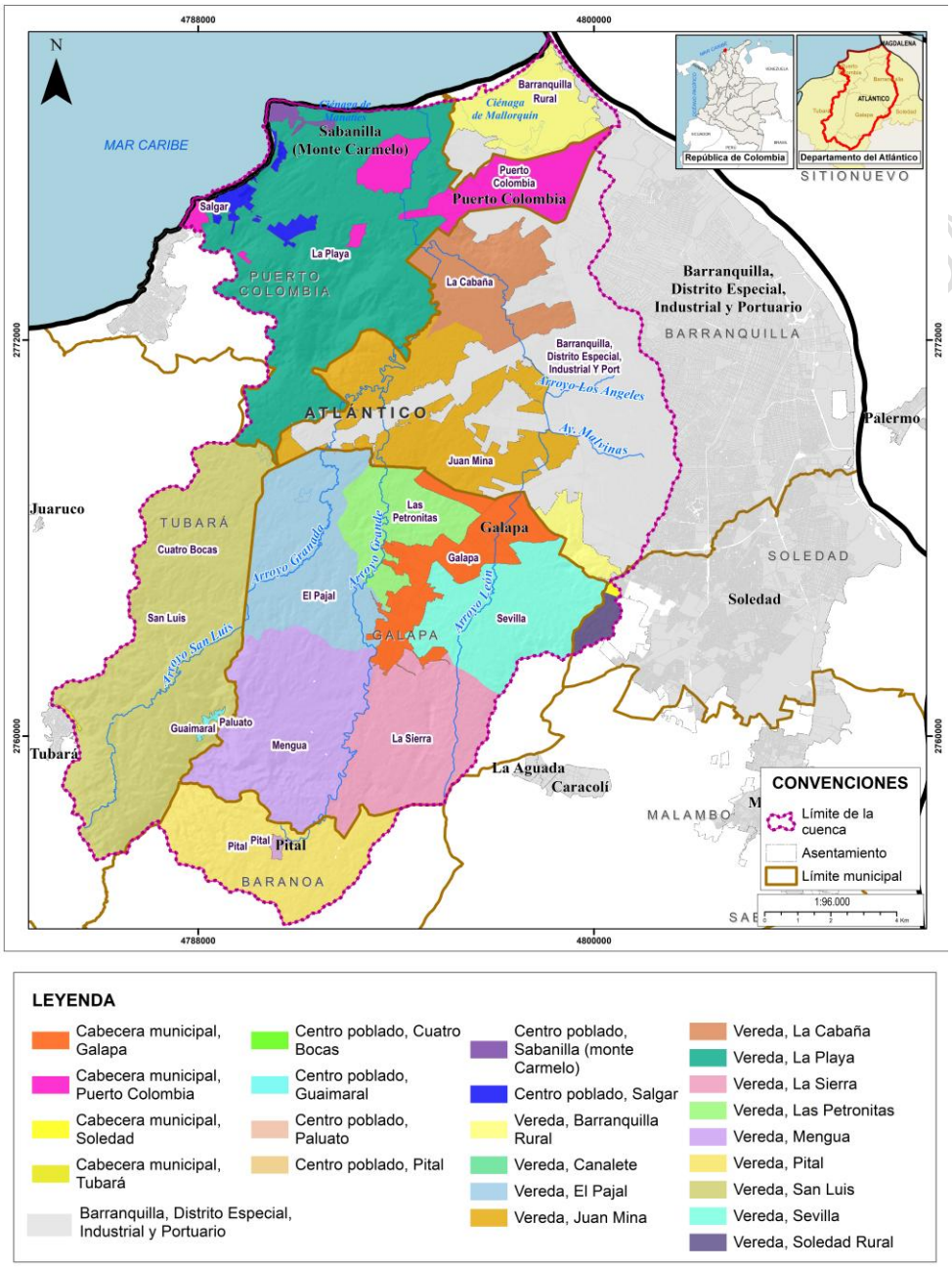
DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Municipio | Nombre | Entidad Territorial | Área dentro de la cuenca (Ha) | Área dentro de la cuenca (%) |
|---|---|---|---|---|
| | Guaimaral | Centro poblado | 31,91 | 0,11% |
| | San Luis | Vereda | 4.189,32 | 14,21% |
| | Tubará | Cabecera municipal | 12,31 | 0,04% |
| **Sub Total Municipio de Tubará** | | | **4.243,92** | **14,40%** |
| **Total, general** | | | **29.475,85** | **100,00%** |

En la Figura 1.13 se observa el mapa de las veredas que se encuentran en la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 1.13. División político-administrativa de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**




**LEYENDA**

- Cabecera municipal, Galapa
- Cabecera municipal, Puerto Colombia
- Cabecera municipal, Soledad
- Cabecera municipal, Tubará
- Barranquilla, Distrito Especial, Industrial y Portuario
- Centro poblado, Cuatro Bocas
- Centro poblado, Guaimaral
- Centro poblado, Paluato
- Centro poblado, Pital
- Centro poblado, Sabanilla (monte Carmelo)
- Centro poblado, Salgar
- Vereda, Barranquilla Rural
- Vereda, Canalete
- Vereda, El Pajal
- Vereda, Juan Mina
- Vereda, La Cabaña
- Vereda, La Playa
- Vereda, La Sierra
- Vereda, Las Petronitas
- Vereda, Mengua
- Vereda, Pital
- Vereda, San Luis
- Vereda, Sevilla
- Vereda, Soledad Rural

### 1.8.1. Jerarquización de asentamientos urbanos

El establecimiento de las unidades de relaciones espacio funcionales permite conocer la condición de equilibrio o desequilibrio de la estructura espacial del sistema urbano, y a partir de allí tomar medidas para que los centros poblados y territorios asociados que integran la región cuenten con las mismas oportunidades para el desarrollo y puedan ser complementarios o subsidiarios por acuerdo y por planificación en funciones administrativas, comerciales, industriales, de servicios, comunicaciones y transporte, en los avances científicos y en la implementación tecnológica para el desarrollo, entre otros.

La evolución de la configuración de la Red urbana nacional no ha permitido el desarrollo de manera uniforme y progresiva entre los diferentes asentamientos humanos en el territorio nacional. Aún persisten inequidades fruto de los diferentes ritmos a los que los municipios y centros poblados logran crecer en medio de panoramas de violencia y desplazamiento forzado, pobreza, transformaciones de matrices productivas entre otras.

A continuación, la Tabla 1.6 resume la estructura de red de relacionamientos urbano-rurales y urbano-regionales para la Cuenca.

**Tabla 1.6. Jerarquización de asentamientos urbanos para los municipios con influencia en el área de la Cuenca.**

| NIVEL JERÁRQUICO | DEFINICIÓN | MUNICIPIOS / ASENTAMIENTOS |
|---|---|---|
| **Metrópoli Regional** | Concentra prácticamente todas las funciones de servicios especializados destacándose las actividades financieras, comerciales, industriales, salud, cultural, recreativa, educación fundamental y superior, administrativa y religiosa. Este nivel jerárquico es responsable por polariza otros centros y espacios geográficos proporcionando los servicios de que carecen las subregiones del departamento. | Barranquilla |
| **Centro Subregional** | Contiene un nivel razonable de elementos de bienes y servicios especializados, generando otras dinámicas socio espaciales que ayudan a desconcertar la metrópoli regional. Tales centros se presentan como una nueva alternativa de localización de actividades industriales, de servicios y de desarrollo urbanístico. | - |
| **Centros de Relevo Principal** | Tienen un mayor destaque en las funciones relacionadas con los servicios financiero, administrativo y comercio. Actúa dando soporte a las actividades económicas de los centros subregionales y polarizando diversos centros de relevo secundario a su alrededor, creando una relación de dependencia entre estos municipios de menor jerarquía urbana. | Puerto Colombia<br>Soledad |

DOCUMENTO FASE DE PUBLICIDAD

| NIVEL JERÁRQUICO | DEFINICIÓN | MUNICIPIOS / ASENTAMIENTOS |
|---|---|---|
| **Centros de Relevo Secundario** | Los centros de relevo secundario contienen en su estructura funciones económicas con énfasis en lo agropecuario, servicios administrativos, comerciales y sociales. A pesar de poseer equipamientos básicos en un nivel aceptable, estos centros dependen directamente de los servicios y equipamientos de los asentamientos urbanos de jerarquía superior que concentren una mayor complexidad de funciones y servicios (centros de relevo principal, centro subregional y metrópoli regional). | Áreas urbanas de Puerto Colombia en cercanías a Barranquilla |
| **Centros Locales Principales** | Estos centros desarrollan la mayoría de sus funciones a través de actividades económicas y comerciales. Ellos apoyan los centros de niveles jerárquicos superiores (concentrando algunos servicios básicos) y centros jerárquicos inferiores (garantizando tales servicios básicos en lo público y en lo social). | Galapa |
| **Centros Locales Secundarios** | Los centros locales secundarios concentran algunas funciones económicas y comerciales. Tiene un rol de ejercer funciones básicas para garantizar el suministro a poblaciones próximas de mayor importancia y a un nivel territorial local. | Tubará<br>Baranoa<br>Salgar |
| **Centros Urbanos Básicos o Primarios** | Tales centros urbanos apoyan a su entorno rural y no desarrollan funciones de mucha complejidad, de manera general, poseen actividades relacionadas con el comercio y algunos servicios básicos, fundamentales para el suministro de su población. | Los demás centros poblados al interior de la Cuenca |
| **Centros rurales** | Corresponden a áreas rurales dispersas, donde se desarrollan generalmente actividades de tipo agropecuario y no poseen infraestructura de servicios para el soporte de la población. Abastecen de productos primarios a los asentamientos de jerarquía superior | Juan Mina, la Cabaña (Barranquilla)<br>Veredas y áreas rurales de Galapa, Puerto Colombia, Tubará, Baranoa y Soledad |

### 1.8.2. Áreas con reglamentación especial

Dentro de las áreas de reglamentación especial que se consideraron las áreas de patrimonio cultural, arqueológico y los territorios de comunidades étnicas (indígenas y afrocolombianas).

La cuenca hidrográfica no presenta territorios legalmente constituidos como resguardos indígenas; sin embargo, se encuentran reconocidas ante el Ministerio del Interior las siguientes parcialidades indígenas en los municipios con influencia en la Cuenca.

DOCUMENTO DE TRABAJO - FASE DE FACTIBILIDAD

**Tabla 1.7. Parcialidades indígenas reconocidas en los municipios con jurisdicción en la Cuenca.**

| Municipio | Parcialidad indígena |
|---|---|
| **Puerto Colombia** | Mokaná de Puerto Colombia |
| **Galapa** | Mokaná de Galapa |
| **Tubará** | Mokaná de Tubará |
| **Baranoa** | Mokaná de Pital de Megua |
| | Mokaná de Baranoa |

Fuente: MinInterior (2024).

En cuanto a las comunidades afrocolombianas, se encuentra reconocido un (1) territorio colectivo perteneciente al Consejo Comunitario de Comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del municipio de Galapa.

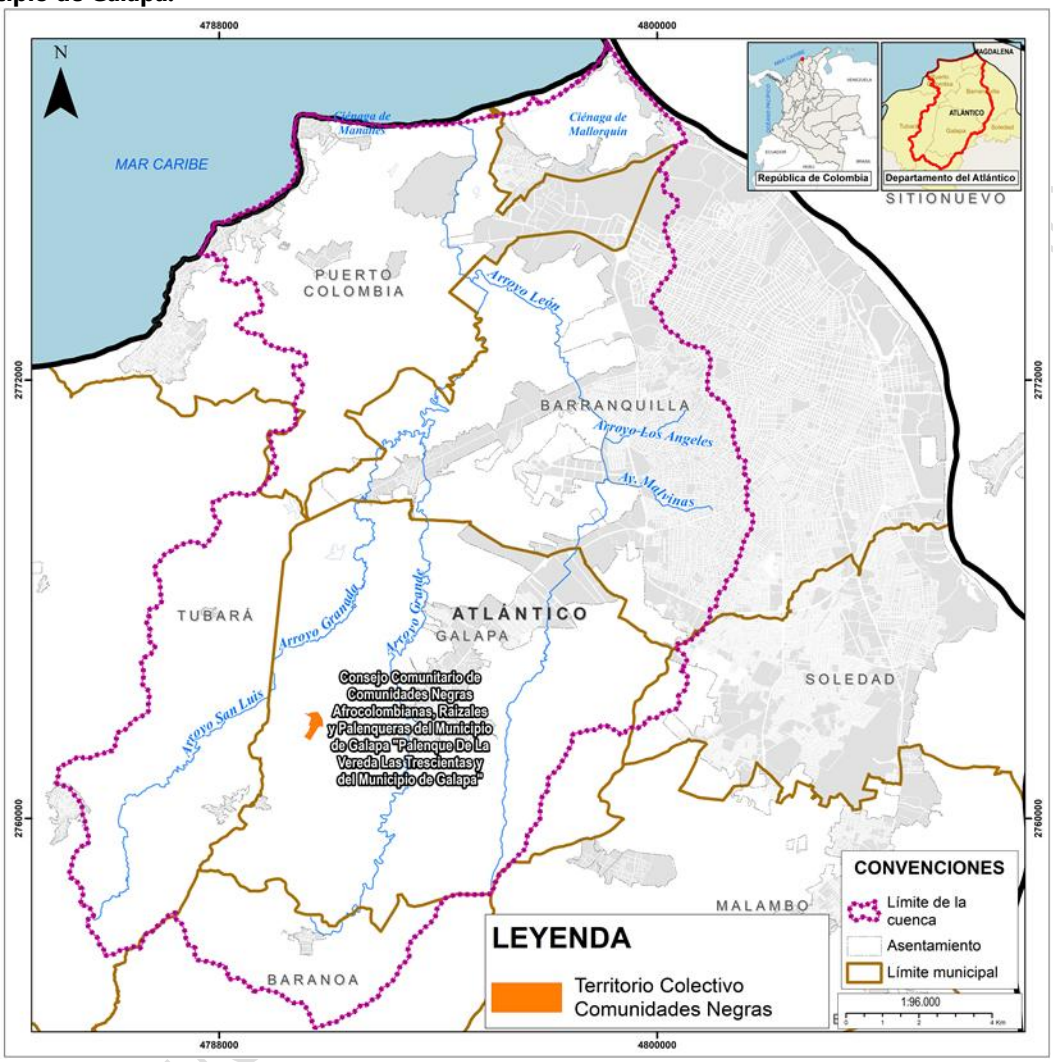
#### 1.8.2.1. *Consejo comunitario de comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del municipio de Galapa*

El Patrimonio Cultural de la Nación abarca tanto los bienes materiales como las manifestaciones inmateriales, productos y representaciones culturales que son expresión de la identidad colombiana. Estos bienes y manifestaciones son declarados Patrimonio Cultural mediante un acto administrativo por las autoridades territoriales, indígenas o los consejos comunitarios afrodescendientes, cada uno según sus competencias. Esta declaratoria les otorga una protección y salvaguarda especial conforme a lo establecido en la Ley 1185 de 2008.

En este contexto el POMCA de la ciénaga Grande Mallorquín y los Arroyo Grande y León reconoce la presencia del Consejo Comunitario de Comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del Municipio de Galapa (incluyendo el Palenque de la vereda Las Trecientas), esta es una organización étnica reconocida que representa a las comunidades afrodescendientes avalada por el Ministerio del Interior mediante la certificación No. 066 del 25 de abril de 2023.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 1.14. Consejo Comunitario de comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del municipio de Galapa.**




# ANEXOS

## Capítulo 1. Caracterización Básica.

| Anexo | Ruta |
|---|---|
| 1.1. Localización de la cuenca | \01_Biofisico\Anexos\1_1_2909-DG-MP-01 |
| 1.2. Plantilla General | \01_Biofisico\Anexos\1_2_2909-DG-SC-01 |
| 1.3. Modelo Digital del Terreno | \01_Biofisico\Anexos\1_3_2909-DG-SC-01-DEM |

# 2. GEOLOGÍA

La geología determina los agentes composicionales, procesos evolutivos y la geodinámica externa e interna que intervienen en el desarrollo de un área predeterminada permitiendo conocer las respuestas de una zona a procesos de fenómenos y amenazas geológicas. Además, a través del conocimiento de las unidades geológicas, la tectónica y la estratigrafía, la geología nos permite interactuar con otros factores importante como lo son la geomorfología, la hidrogeología, los suelos y los fenómenos naturales; contribuyendo a la caracterización de la cuenca hidrográfica y enfocando el conocimiento de la cuenca como eje fundamental de la formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León en la gestión del riesgo y el análisis de las potencialidades y limitantes de la cuenca.

El presente documento presenta la actualización del componente de geología del POMCA de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, permitiendo determinar la historia evolutiva, las unidades composicionales que la conforman y la respuesta que tienen las unidades geológicas a diferentes fenómenos naturales que se presentan dentro del área de la cuenca. Esta actualización se enmarca en la interacción de dos ejes fundamentales, el primer eje se relaciona con la descripción de la geología básica con fines de ordenamiento para la cuenca, partiendo del desarrollo de tres (3) actividades principales, como lo son el pre-campo, campo y post-campo, realizando la compilación bibliográfica, la recopilación en campo y análisis de la información, permitiéndonos elaborar el modelo evolutivo de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, tomando como partida el conocimiento de la geología regional, estratigrafía y geología estructural, dándonos como resultado la obtención del mapa de Geología Básica con fines de Ordenación de la Cuenca.

El segundo eje temático corresponde a la caracterización ingenieril de los diferentes materiales que conforman la superficie y su respuesta geomecánica a los diferentes agentes extornos que interactúan en área la cuenca, correspondiendo a la Geología para ingeniería o Unidades Geológicas Superficiales (UGS).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

## *2.1. Objetivos*

### 2.1.1. Objetivo general

Describir y caracterizar la geología básica con fines de ordenamiento de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, bajo los lineamientos establecidos por el Servicio Geológico Colombiano y la Guía Técnica para la elaboración de POMCAS.

### 2.1.2. Objetivos específicos

- Elaborar la cartografía de las unidades geológicas a escala 1:25.000.
- Elaborar la cartografía de las unidades geológicas superficiales para la cuenca hidrográfica a escala 1:25.000.
- Establecer el contexto geológico – estructural de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.
- Conceptuar el modelo evolutivo geológico de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.
- Determinar las características geomecánicas de las unidades geológicas que afloran en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

## *2.2. Alcance*

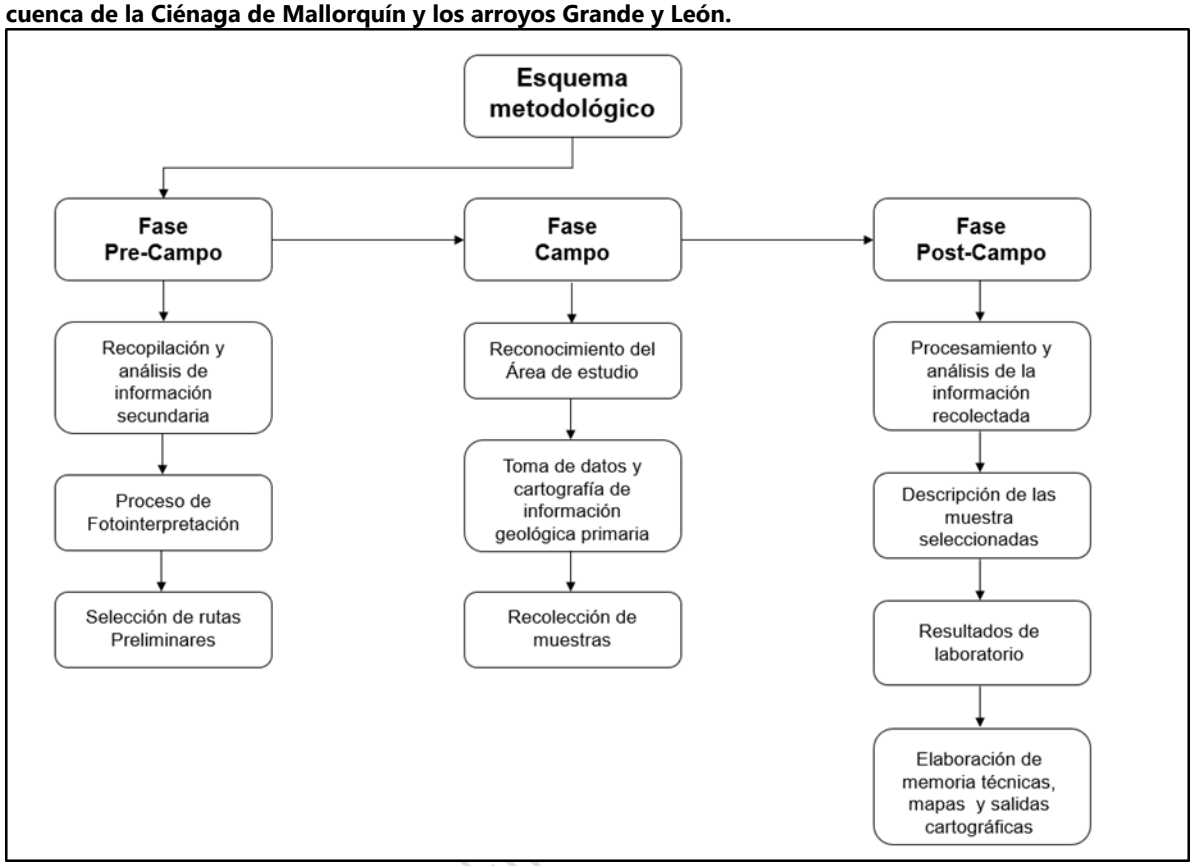
El alcance del conocimiento geológico de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León plantea desarrollar y generar la cartografía geológica a escala 1:25.000 caracterizando los diferentes materiales que afloran en superficie en la cuenca y determinando sus características geomecánicas, siguiendo los lineamientos establecidos en los términos de referencia de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico y la Guía técnica del Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estableciéndose como insumo de desarrollo para las demás temáticas requeridas.

## *2.3. Metodología*

Con la finalidad de alcanzar de manera progresiva, organizada y eficiente las metas planteadas para la actualización de la geología del POMCA de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, se llevaron a cabo tres etapas descritas a continuación:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 2.1. Esquema metodológico para el desarrollo del componente de geología en el POMCA de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**



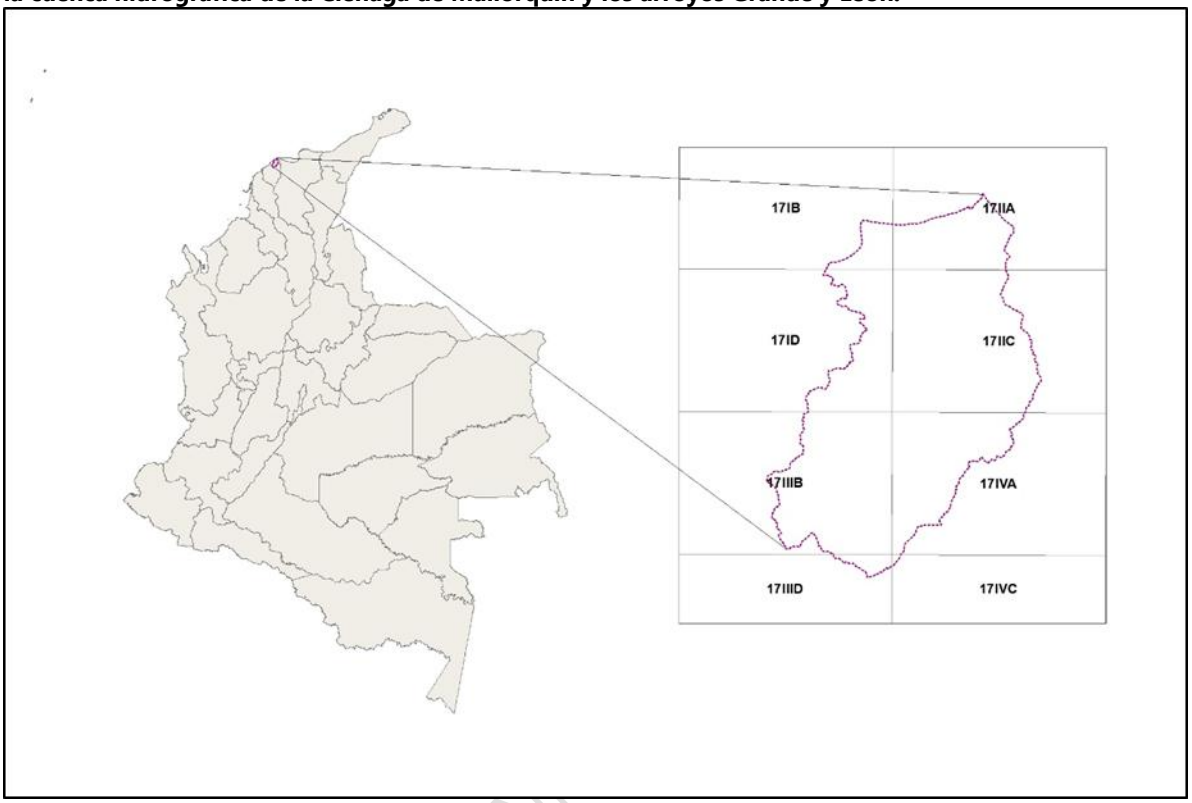

### 2.3.1. Fase de pre-campo

Se llevó a cabo la primera fase, donde se estudió la situación inicial de la cuenca mediante el análisis de las diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con la geología, de la cuenca y de los accidentes geográficos que involucra (Montes de María y cinturón plegado de Sinú - San Jacinto) con el objetivo de tener un panorama inicial de lo que podría encontrarse durante la fase de campo.

A partir de la revisión, análisis e interpretación de las fuentes consultadas, se generó la salida cartográfica preliminar a escala 1:25.000 para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. Lo que indicó la distribución de las unidades expuestas y las principales características estructurales que afectan el área de estudio. Con base en esto se diseñaron los puntos de control a seguir durante el recorrido en campo, siguiendo vías y caminos de acceso para reconocer, delimitar y caracterizar las unidades que afloran y las estructuras geológicas presentes en el área.

DOCUMENTO NO DEFI

**Figura 2.2. Índice de planchas topográficas y ubicación fisiográfica de la zona de estudio ESC 1:25.000 de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**




### 2.3.2. Fase de campo

Esta etapa se inicia realizando recorridos que abarcaron un área aproximada del 85% de la cuenca, durante los cuales se inspeccionaron un total de 67 estaciones y 2 puntos de control, en los que se registró la información obtenida de cada afloramiento utilizando los formatos proporcionados por el Servicio Geológico Colombiano para el levantamiento de discontinuidades y la caracterización de unidades geológicas superficiales, además de las herramientas de clasificación correspondientes según el tipo de roca encontrada.

La información levantada en campo se analizó y superpuso a la recolectada de las planchas geológicas a escala 1:100.000 del SGC, por lo que se llevó a cabo un reajuste de estas, redefiniendo los trazos de los contactos y estructuras.

A continuación, se exponen los recorridos realizados durante la etapa de campo.

DOCUMENTO NO DEFINI

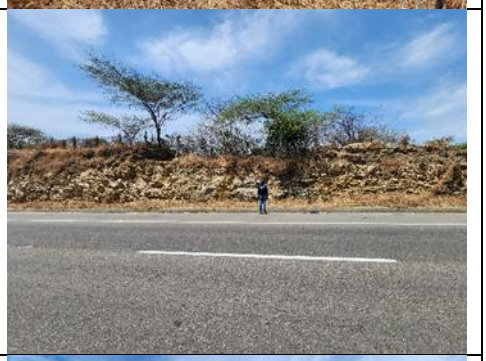
**Tabla 2.1. Recorridos desarrollados en campo.**

| RECORRIDO | JUSTIFICACIÓN DEL RECORRIDO | RESULTADO OBTENIDOS | FOTOGRAFIA DEL RECORRIDO |
|---|---|---|---|
| Vía Pital de Megua – Guaimaral | Identificación de las rocas pertenecientes al Formación Tubará y Depósitos Coluvio – aluviales. | Verificación de formaciones y depósitos mencionados. | |
| Vía Pital de Megua – Sibarco | Identificación de las rocas sedimentarias de la Formación Tubará y Hibácharo. | Verificación de formaciones mencionadas. | |
| Vía Sibarco – Lago Mata Vidi | Identificación de las rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Tubará. | Verificación de formaciones mencionadas. | |
| Centro poblado Pital de Megua | Identificación de las rocas pertenecientes al Formación Tubará y Depósitos Coluvio – aluviales. | Verificación de formaciones y depósitos mencionados | |

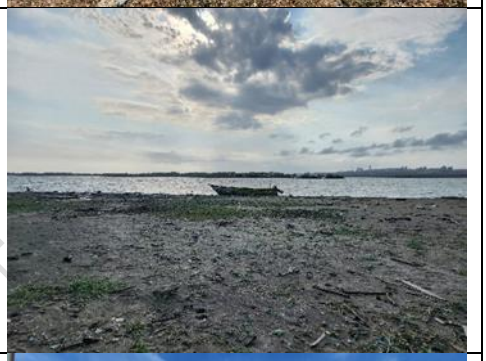
DOCUMENTO NO DEFINITIVO

| RECORRIDO | JUSTIFICACIÓN DEL RECORRIDO | RESULTADO OBTENIDOS | FOTOGRAFIA DEL RECORRIDO |
|---|---|---|---|
| Vía Galapa – Guaimaral | Identificación de las rocas sedimentarias pertenecientes a las formaciones Las Perdices, Tubará y depósitos aluviales. | Verificación de formaciones y depósitos mencionados. | |
| Vía Guaimaral - Tubará | Identificación de las rocas pertenecientes a las formaciones Tubará y Hibácharo. | Verificación de formaciones mencionadas. | |
| Vía Tubará – Cuatro Bocas | Identificación de las rocas sedimentarias pertenecientes a las formaciones Las Perdices y Tubará | Verificación de formaciones mencionadas. | |
| Vía Cuatro Bocas – Galapa. | Identificación de las rocas pertenecientes a la formación Las Perdices y depósitos coluvio - aluviales. | Verificación de formaciones y depósitos mencionados. | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

| RECORRIDO | JUSTIFICACIÓN DEL RECORRIDO | RESULTADO OBTENIDOS | FOTOGRAFIA DEL RECORRIDO |
|---|---|---|---|
| Vía Cuatro Bocas – Juan Mina. | Identificación de las rocas pertenecientes a la formación Las Perdices. | Verificación de formaciones mencionadas. | |
| Vía Galapa – Pital de Megua. | Identificación de las rocas pertenecientes a las formaciones Las Perdices y Tubará. | Verificación de formaciones mencionadas. | |
| Circunvalar de la Prosperidad | Identificación de las rocas pertenecientes a las formaciones Las Perdices, La Popa y Tubará, Depósito eólicos y coluvio-aluviales. | Verificación de formaciones y depósitos mencionados. |  |
| Castillo de Salgar | Identificación de las rocas pertenecientes a la formación La Popa. | Verificación de formaciones mencionadas. | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - F

| RECORRIDO | JUSTIFICACIÓN DEL RECORRIDO | RESULTADO OBTENIDOS | FOTOGRAFIA DEL RECORRIDO |
|---|---|---|---|
| Vía Puerto Colombia – Barranquilla | Identificación de las rocas pertenecientes a la formación La Popa. | Verificación de formaciones mencionadas. | |
| Ciénaga de Mallorquín | Identificación de los depósitos Fluviolacustre y espigas. | Verificación de depósitos mencionados. |  |
| Puerto Mocho | Identificación de los depósitos Fluviolacustre y Playa | Verificación de depósitos mencionados. | |
| Barranquilla | Identificación de las rocas pertenecientes a las formaciones La Popa y Las Perdices. | Verificación de formaciones mencionadas. | |

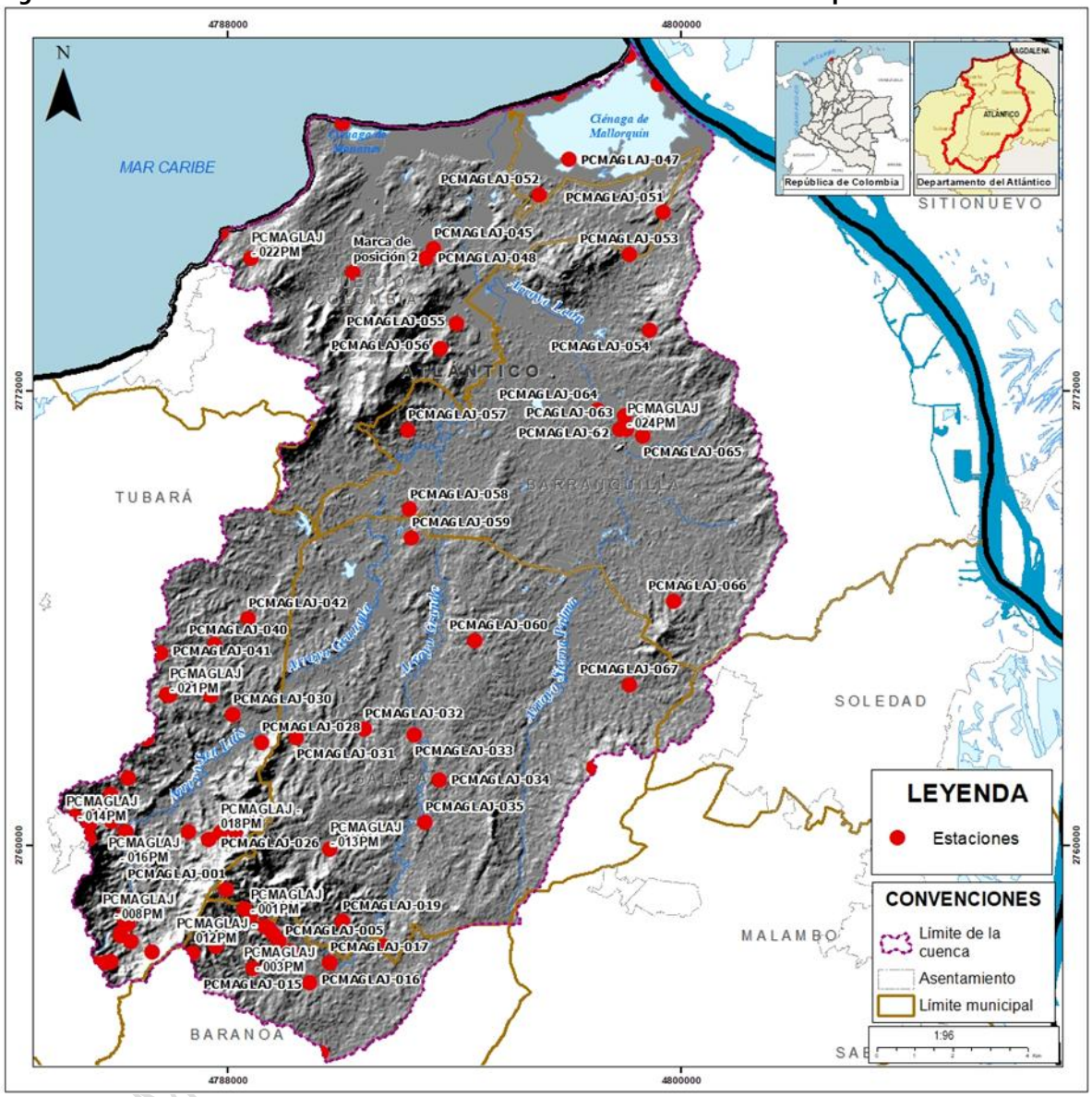
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - I

| RECORRIDO | JUSTIFICACIÓN DEL RECORRIDO | RESULTADO OBTENIDOS | FOTOGRAFIA DEL RECORRIDO |
|---|---|---|---|
| Vía Puerto Colombia – Salgar | Identificación de las rocas pertenecientes a la formación La Popa y depósitos Fluviolacustre y Playa. | Verificación de formaciones y depósitos mencionados. | |
| Lago del Cisne | Identificación de las rocas pertenecientes a la formación La Popa y depósitos Fluviolacustre. | Verificación de formaciones y depósitos mencionados. | |

La Figura 2.3 exponen el mapa de estaciones, donde se evidencia el recorrido llevado a cabo y los puntos en donde se obtuvo información de las características de las rocas y depósitos aflorantes en el área de estudio, se verificaron los contactos y las estructuras locales (fallas, lineamientos y pliegues).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 2.3. Ubicación de las estaciones levantadas durante los recorridos en campo.**




Posterior a la recolección de la información, se realizó la digitalización y edición de contactos geológicos, estructuras, fallas, pliegues y datos estructurales, de acuerdo en la Base de Datos Geográficos del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, GDB; así pues, asignándole la simbología y colores empleados el SGC. Para la nomenclatura de las unidades geológicas se tomaron las expuestas por el Servicio Geológico Colombiano de la siguiente manera:

**Tabla 2.2. Nomenclaturas de las unidades geológica presentes en la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**

| NOMBRE UNIDAD GEOLÓGICA | SÍMBOLOS EMPLEADOS EN MAPA GEOLÓGICO BÁSICO LOCAL ESC 1:25.000 |
|---|---|
| Formación Las Perdices | PgNgp |
| Formación Hibácharo | Ngh |
| Formación Tubará | Ngt |
| Formación La Popa | Qpp |
| Depósitos Fluviolacustre | Qfl |
| Depósitos Eólicos | Qe |
| Depósitos Coluvio - Aluviales | Qcal |
| Depósitos de Playa | Qmp |

### 2.3.3. Fase de post-campo

En esta etapa se lleva a cabo la recopilación y análisis de la información tanto primaria como secundaria, previamente obtenida para la elaboración del informe final, el cual consiste en el mapa geológico local y mapa de unidades geológicas superficiales, de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, a escala 1:25.000, con su respectiva memoria explicativa.

A partir de esto se desarrolló un modelo conceptual para la construcción de la memoria explicativa a escala 1:25.000, donde se realiza una caracterización de la información geológica del área estudiada. Se desarrolló el Mapa Geológico con la distribución de las diferentes unidades que afloran en la cuenca, tipo de depósitos y rasgos estructurales; es de mencionar que el mapa de geología básica local tiene como base el levantamiento geológico de las PLANCHAS 17 - BARRANQUILLA, a escala 1:100.000, definiendo una escala de producción de 1:25.000, en la fotointerpretación y durante la etapa de campo.

## *2.4. Marco Geológico Regional*

Durante el paso del tiempo la humanidad ha logrado comprender el modelo evolutivo geológico del planeta, detallando los procesos naturales que se forman debido a la geodinámica interna del planeta, lo que ocasiona materiales derivados de la interacción de estos procesos, sin embargo, esto han sido aprovechado por la humanidad con el fin de mejorar las condiciones de las personas, realizando estudios de los aspectos litológicos que estos poseen, las estructuras geológicas y fenómenos naturales que ocurren en una determinada área, modelando así el relieve, siendo parte fundamental de los estudios geológico.

La cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se encuentra ocupada por una región comprendida entre las planchas 17 – Barranquilla perteneciente al

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

departamentos del Atlántico, en donde afloran rocas sedimentarias y depósitos recientes que datan del paleógeno al cuaternario, las cuales exponen variabilidad en su naturaleza y génesis, contando con el accidente geográfico que conforma el área de la cuenca comprendido en la zona norte del cinturón plegado de San Jacinto, además la historia evolutiva de la cuenca está relacionada con el modelo evolutivo de la región caribe.

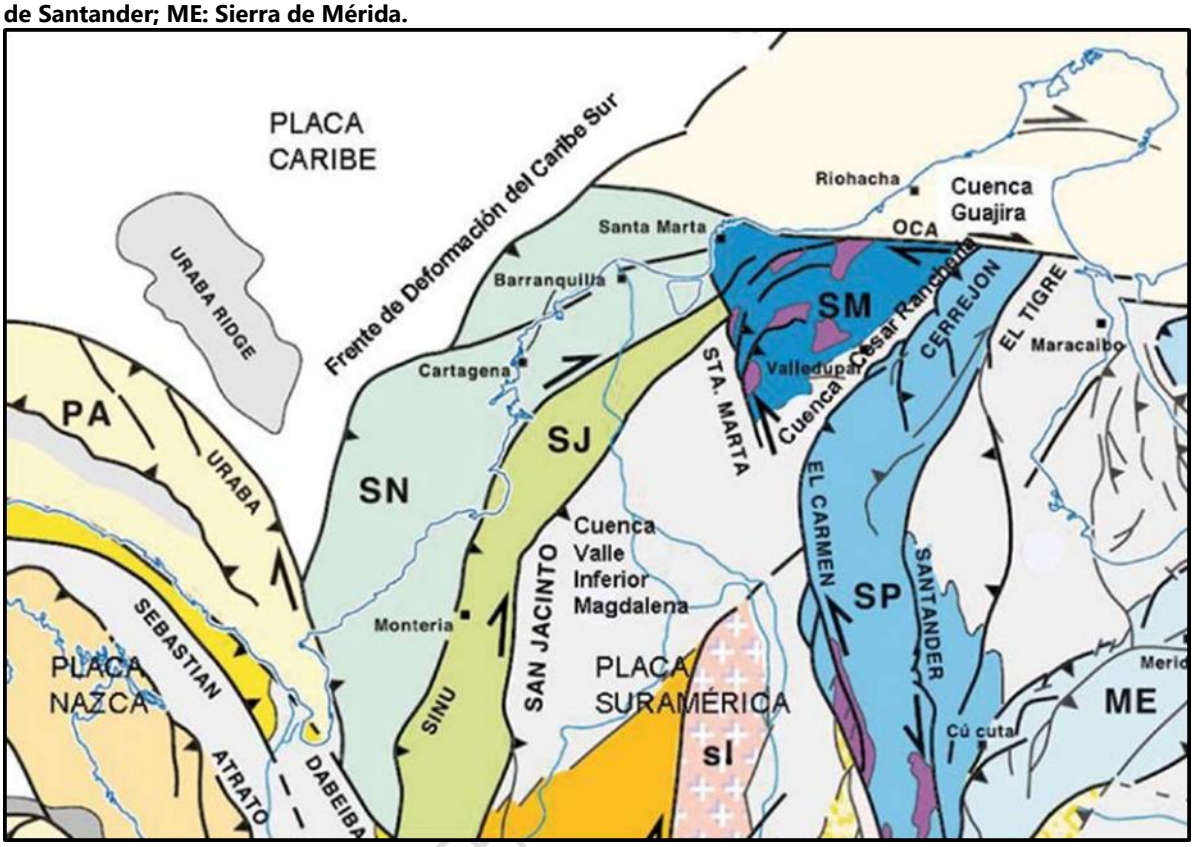
El caribe colombiano hace parte de la deformación originada por la subducción de la Placa Caribe bajo la Placa Suramericana, los rasgos estructurales y las deformaciones tectónicas son resultados de estas dos placas y son las determinantes de los patrones estratigráficos y estructurales, presentados por los bloques tectónicos del norte colombiano (Reyes, Montenegro y Gómez, 2004).

La presencia de macizos antiguos aledaños a la Cuenca (Macizos de Santa Marta y Santander), se remonta al Mesoproterozoico (Kronoberg, 1984; Restrepo-Pace, 1995) como resultado de la colisión entre las placas norteamericana (Laurentia) y suramericana, que origino un cinturón granulítico. Posteriormente en el Jurásico, con la apertura del Atlántico, se produce la separación de estas placas, (Pindell, 1998), desintegrando el cinturón y dejando a manera de grandes bloques aislados las rocas cristalinas que conforman hoy en día los núcleos de dichos macizos (Reyes, Montenegro y Gómez, 2004).

La subducción de la placa Nazca bajo la suramericana genero un arco volcánico en el Cretáceo, definido como las primeras etapas del levantamiento de la cordillera central, limitada actualmente por el Sistema de Fallas Cauca-Almaguer (anteriormente llamado Sistema de Fallas Romeral). El lineamiento de este sistema de fallas es una de las estructuras más importantes en el país, se extiende hacia el norte, en el Valle Inferior del Magdalena, debido a la interacción oblicua de la Placa Caribe y la Suramericana, dando lugar al Cinturón Plegado de San Jacinto (Figura 2.4) cuya formación inicio en el Terciario, hacia el Paleoceno y Eoceno Superior, gracias a la depositación y acumulación de sedimentos provenientes de las zonas emergidas, en la fosa de subducción generada por la apertura de la Placa Caribe entre las placas Suramericana y Norteamericana (Reyes, Montenegro y Gómez, 2004).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 2.4. Mapa litotectónico y morfoestructural de la región Caribe. SN: Cinturón del Sinú; SJ: Cinturón de San Jacinto; SM: Sierra Nevada de Santa Marta; PA: Terreno Panamá; SI: Bloque San Lucas; SP: Macizo de Santander; ME: Sierra de Mérida.**




Fuente: modificado de Cediel et al., 2003.

En el Paleoceno tardío – Eoceno medio, Molina et al. (1986) plantean que la plataforma de Barranquilla estaba emergida para este tiempo. Hasta el Eoceno temprano más tardío se observa la fase deformacional de la Formación San Cayetano, evidenciado en el intenso plegamiento de las facies lodolíticas de agua profundas y el fracturamiento observado en los conjuntos clásticos gruesos. Para el Eoceno medio se presencia un cambio en las condiciones ambientales de aguas profundas a ambientes más someros de plataforma y abanicos submarinos, donde se depositaron los conglomerados la Formación Pendales, al sur del área se indica para este periodo una relativa estabilidad tectónica (Barrera Rodolfo, 2001).

Durante el Eoceno medio se dio el inicio de un corto pero intenso evento orogénico (Molina et al. 1986, en Barrera Rodolfo, 2001), originando la interrupción de la depositación durante el Oligoceno medio – Mioceno medio, seguido de este evento se dio un período de estabilidad permitiendo la depositación de los sedimentos de la Formación Las Perdices y la espesa secuencia sedimentaria de la Formación Hibácharo, durante la depositación de esta formación se evidencia cambios frecuentes en la dinámica de sedimentación registrado en

DOCUMENTO DE

la litología de la misma. Seguido se da interrupción pequeña de la sedimentación durante el Mioceno tardío – Plioceno, y posterior la depositación de la Formación Tubará, representando la somerización de la cuenca durante este periodo (Barrera Rodolfo, 2001).

Finalmente, hacia finales del Plioceno se da una intensa actividad tectónica representado por la Orogenia Andina, lo que ocasiona el plegamiento y fallamiento de las rocas de esta zona. Este evento contribuyo en levantamiento de la plataforma de Barranquilla y es durante el Plioceno tardío – Pleistoceno que se dan depositaciones por transporte de sedimentos de arenas, hacia los ambientes marinos someros y profundos, originados por el río Magdalena. Link (1927) identifico un antiguo canal del río Magdalena cerca de Calamar que fluía hacia el noroeste cerca de Luruaco y desembocaba en os alrededores de Galerazamba, representado por los depósitos de las Gravas de Rotinet en los alrededores de Juan de Acosta y Santa Verónica (Barrera Rodolfo, 2001).

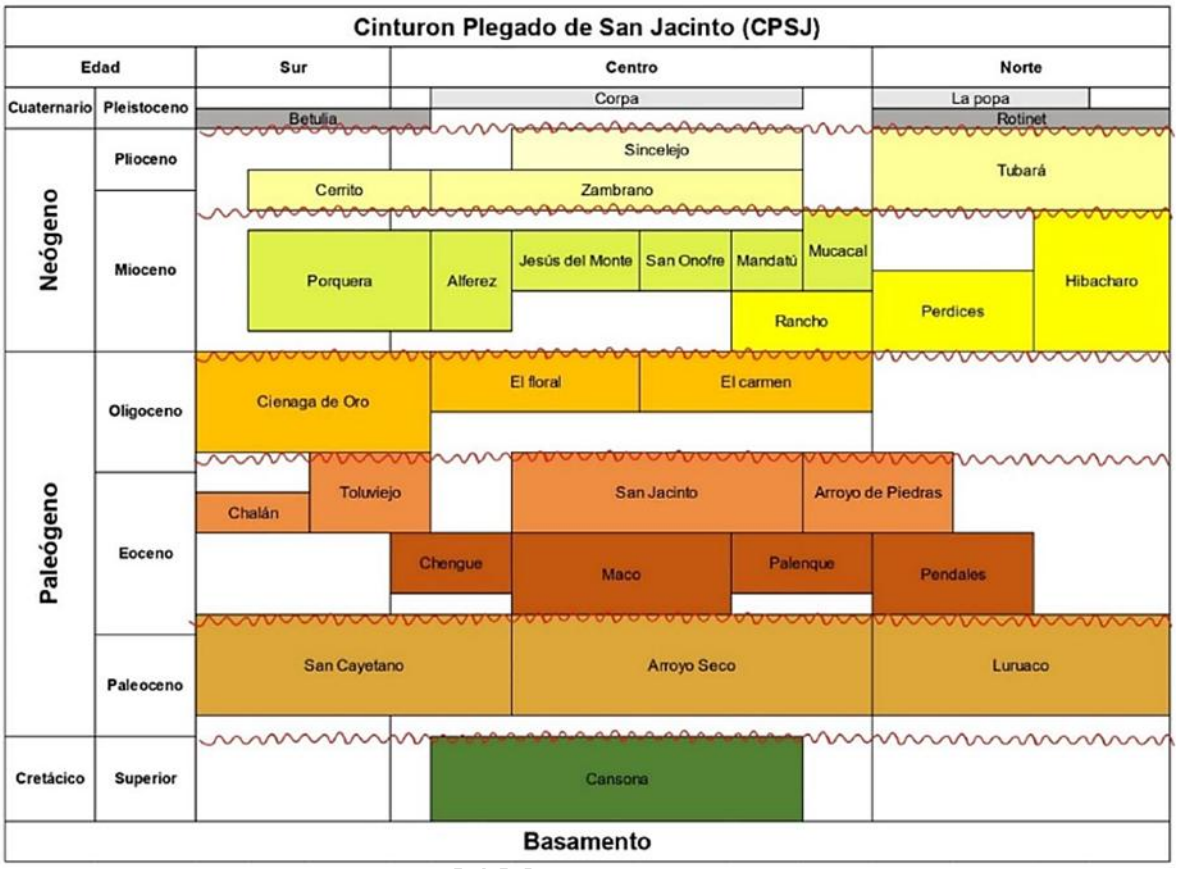
**Cinturón plegado de San Jacinto**

En términos generales la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se localiza geológicamente en la sección norte del cinturón plegado de San Jacinto (Figura 2.5), el cual, junto con el cinturón plegado de Sinú, conforman la cuenca Sinú-San Jacinto localizada al noroccidente de Colombia (Caro, 2003 citado en Aguilera, 2011). Estratigráficamente la cuenca Sinú-San Jacinto inicia con la Formación Cansona, el cual posee una edad Cretácica, compuesta principalmente por lodolitas calcáreas, chert y areniscas, y se encuentra con un contacto discordante con respecto al basamento oceánico, que incluye basaltos, gabros y otras rocas intrusivas (Flinch, 2003 y Guzmán et al., 2004 citado en Alfaro & Holz, 2014). Continuando con esta secuencia, encontramos una serie de unidades de edad Paleógena, como la Formación San Cayetano y la Formación Péndales, que consisten en turbiditas, conglomerados y lodolitas depositadas en ambientes marinos profundos de plataforma. Luego, se presentan unidades de edad Neógena, como la Formación Hibácharo y la Formación Tubará, que están compuestas por areniscas, arcillolitas y lentes calcáreos y se depositaron en un ambiente marino-deltaico (Bordine, 1974; Duque-Caro, 1984; Guzmán et al., 2004; Molinares et al., 2012).

Es importante destacar que el cinturón plegado de San Jacinto experimentó un significativo evento de deformación durante el Neógeno, este proceso se originó debido a la subducción de la placa del Caribe por debajo de la placa Sudamericana, y ha sido documentado por diversos investigadores (Cardona et al., 2012; Caro, 2003; Duque-Caro, 1980; Flinch, 2003; Mantilla-Pimiento et al., 2009; Mora et al., 2017). Finalmente, en el tope de la cuenca Sinú-San Jacinto, se encuentran unidades que incluyen arrecifes de coral, como la Formación La Popa, y depósitos fluviales, como las Gravas de Rotinet, marcando así el límite superior de esta cuenca (De Porta,1974; Guzmán et al., 2004).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICADO

**Figura 2.5. Cuadro Cronoestratigráfico del Cinturón Plegado de San Jacinto.**




Fuente: modificado de Cardona et al., 2012; De porta, 1974; Duque-Caro, 1980; Guzmán et al., 2004; Mora et al., 2018 Tomado de Galeano, 2020.

### 2.4.1. Estratigrafía regional

A modo de referencia y resumen, la siguiente tabla relaciona las formaciones geológicas presentes en el área de estudio de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, a escala regional, a partir de la literatura consultada; incluyendo el símbolo de la unidad geológica de referencia, su ubicación en la escala del tiempo geológico haciendo alusión únicamente al período de depositación, y una breve descripción de las mismas.

DOCUMENTO NO DE

**Tabla 2.3. Formaciones y unidades geológicas regionales aflorantes en la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**

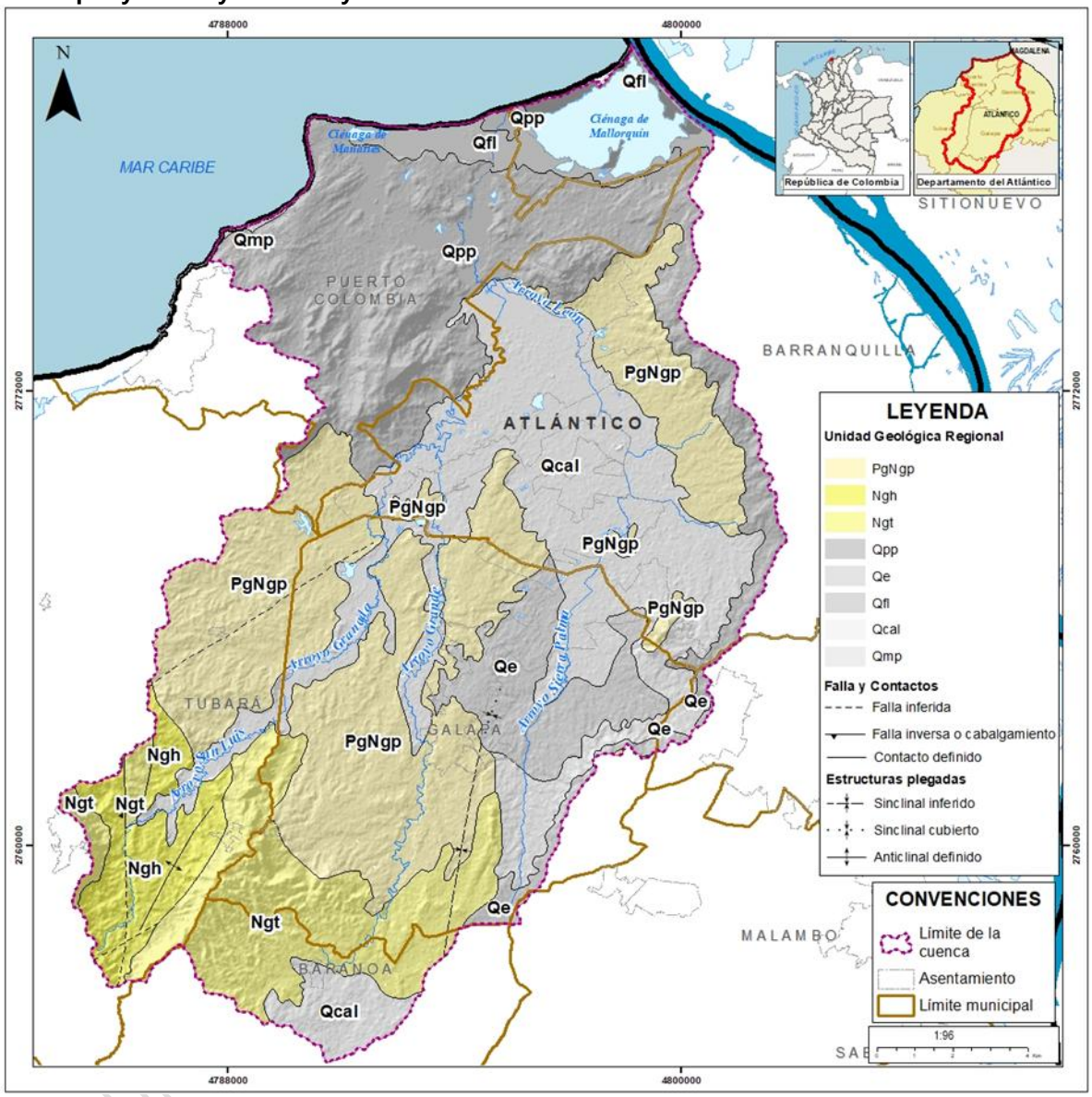
| PERIODO GEOLÓGICO | UNIDAD GEOLÓGICA | SIMBOLO GEOLÓGICO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|---|
| Paleógeno (Oligoceno) | Formación Las Perdices | **PgNgp** | Areniscas de grano fino con intercalaciones de limolitas finas, ferruginosas de color pardo claro a gris amarillento y concreciones métricas, suprayacido por areniscas de grano muy fino con intercalaciones de arcillolitas limosas grises. |
| Neógeno (Mioceno) | Formación Hibácharo | **Ngh** | Areniscas suprayacidas por intercalaciones de areniscas de grano fino y arcillolitas grises, con presencia de concreciones, y areniscas conglomeráticas con guijos de cuarzo y chert, con restos de gasterópodos, bivalvos y equínidos; hacia la parte superior, compuesto por litoareniscas bioclásticas de grano grueso, conglomeráticas, de color amarillo pálido. |
| Neógeno (Plioceno) | Formación Tubará | **Ngt** | Areniscas granodecrecientes de grano grueso, con guijos y gránulos de cuarzo, chert, cuarcita y rocas volcánicas, suprayacido por conglomerados arenosos y arcillolita gris oscura intercaladas con areniscas de grano fino. Hacia la parte superior areniscas feldespáticas granodecrecientes. |
| Cuaternario (Pleistoceno) | Formación La Popa | **Qpp** | Calizas terrígenas de color gris amarillento a amarillo grisáceo, bastante bioperturbadas y areniscas muy calcáreas |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO SUJETO A REVISIÓN

| PERIODO GEOLÓGICO | UNIDAD GEOLÓGICA | SIMBOLO GEOLÓGICO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|---|
| | | | de grano fino, con algunos granos gruesos y gránulos, muy deleznables, con abundante matriz calcárea y ocasionalmente presenta fragmentos de moluscos pequeños. |
| Cuaternario (Holoceno) | Depósitos Eólicos | **Qe** | Consiste en sedimentos eólicos con grandes cuerpos de dunas. |
| | Depósitos Fluviolacustre | **Qfl** | Constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris amarillento compuestas por cuarzo, chert, y fragmentos líticos, subangulares, a subredondeadas, con buena selección. |
| | Depósitos Coluvio - Aluviales | **Qcal** | Depósitos aluviales y de llanura aluvial, constituidos por arenas de grano fino a medio de color gris amarillento, compuestas por cuarzo, chert y fragmentos líticos subangulares a subredondeados. |
| | Depósitos de Playa | **Qmp** | Consta de arenas de grano grueso a muy grueso con gravas, además se observa arenas de grano fino a medio. |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO PUBLICIDAD

**Figura 2.6. Mapa geológico regional a escala 1:100.000 de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**




A continuación, se realiza una descripción de cada unidad, desde la más antigua a las más reciente.

#### 2.4.1.1. *Formación Las Perdices (PgNgp)*

El nombre de la formación Las Perdices proviene de una zona rural ubicada aproximadamente a 2.5 Km al suroccidente de Barranquilla, describiendo a una unidad de origen sedimentario con predominio de arcillolitas y limolitas que afloran al nororiente de Tubará y oriente de Galerazamba (Barrera, 2001).

Geomorfológicamente la formación Las Perdices se caracteriza por presentar una morfología con pendientes suavemente onduladas de pequeñas colinas y zonas planas. A pesar que cartográficamente la formación posee una gran extensión dentro del área, no se observa una gran exposición de afloramientos, debido a que estos se encuentran localizados y aislados.

En términos generales la formación Las Perdices está compuesta por lodolitas que varían de grises a amarillas y pardas amarillentas, estas variaciones se deben al estado de alteración que se observe. De forma ocasionalmente se evidencian la intercalación de areniscas cuarzosas, de color amarillo, capas levemente ondulosas de bajo espesor, de tamaño de grano fino, con laminación plano-paralela y arcillolitas grises con abundantes cristales de yeso, además se observan limolitas de color anaranjado pardo y arcillolitas gris verde oliva en capas delgadas separadas por costras de óxido de hierro. Las características litologías y texturales de la formación indican una sedimentación de tipo marina que fue restringida con aportes limitados de sedimentos terrígenos tamaño limo, lodo y arenas. A partir de corte geológicos es de aproximadamente 400 metros en la parte meridional del área (Barrera, 2001).

#### 2.4.1.2. *Formación Hibácharo (Ngh)*

El nombre de la formación Hibácharo fue utilizado por Bueno (1970) para describir una serie de intercalaciones de arcillolitas y limolitas con areniscas amarillentas, las cuales varían en tamaño de grano desde fino a conglomeráticos, con abundantes capas de yesos y fósiles (Barrera, 2001).

Geomorfológicamente esta formación presenta una serie de colinas alargadas en sentido N20°E. composicionalmente la formación Hibácharo se subdivide en cuatro segmentos, el primer segmento la constituyen capas delgadas y medias de lodolitas fisiles, amarillas y grises, varían en color debido a la alteración, presentan laminación plano – paralela. En estas son comunes evidenciar costras de oxidación de 5 cm de espesor interestratificadas. Intercaladas con capas delgadas y medias de areniscas de tamaño de grano fino, sublíticas, color amarillo claro, frágiles. En general presenta un espesor aproximado de 40 m. El segundo segmento, la constituyen principalmente limolitas negras carbonosas, macizas, fisiles la alteración es de color amarillo claro y con ocasional laminación plana a levemente ondulosa. Con intercalaciones de capas masivas delgadas cuneiformes de areniscas de tamaño de grano fino, sublíticas, con cemento silíceo, bien seleccionadas; además presenta

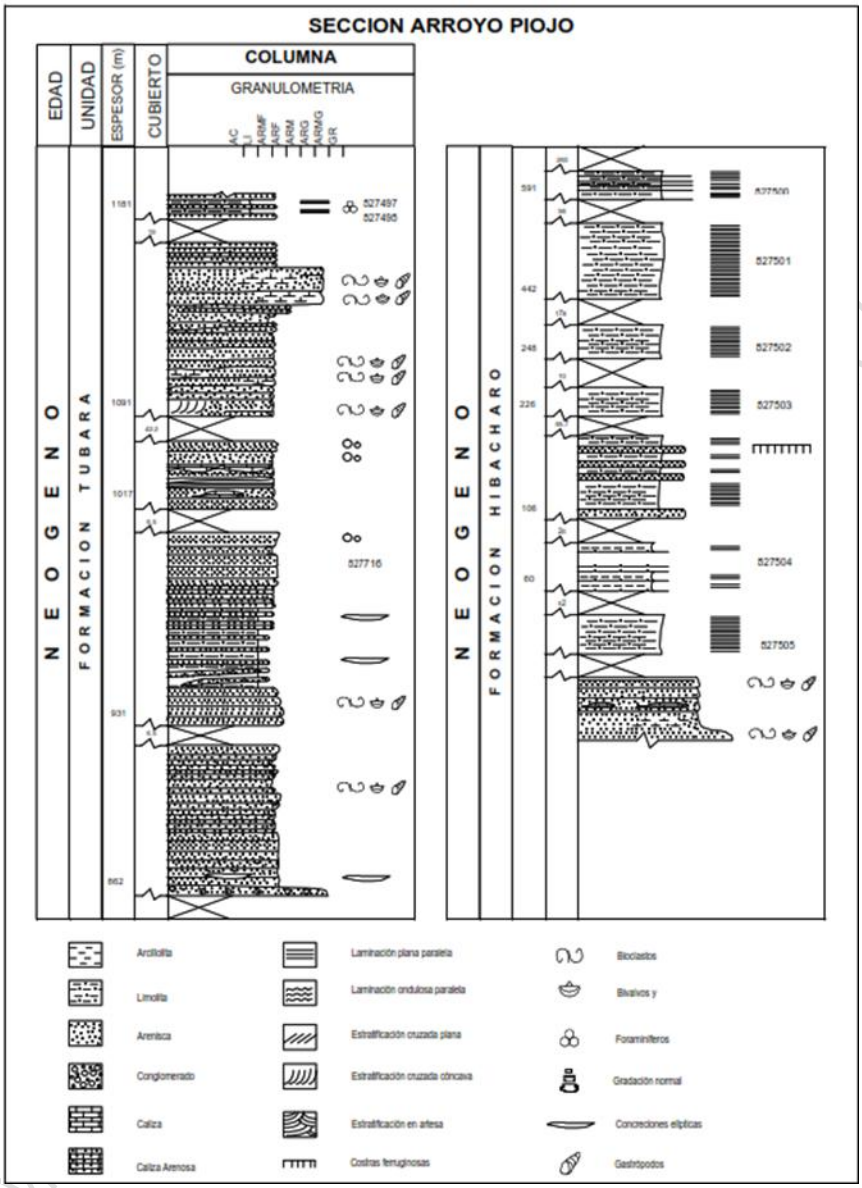
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

intercalaciones de capas delgadas de lodolitas negras y costras de oxidación interestratificadas. En general presenta un espesor aproximado de 230 m. El tercer segmento 3, Lo constituyen capas delgadas y medias de lodolitas fisiles de colores grises y amarillas claras, con laminación plano – paralelas; también capas delgadas a gruesas muy fracturadas de limolitas físiles de color negro; con intercalaciones de capas delgadas planas y cuneiformes de areniscas de cuarzo, de tamaño de grano fino, con cemento silíceo y selección moderada; además se encuentra capas gruesas, bioclásticas, con conchas de bivalvos gruesas y presencia de costras de oxidación interestratificadas. En general presenta un espesor aproximado de 140 m. Mientras que el cuarto segmento, Lo constituyen en capas medias de areniscas masivas cuarzosas, de tamaño de grano fino, con cemento calcáreo, buena selección; intercalaciones de capas delgadas de lodolitas negras, físiles y capas delgadas y medias de calizas de color amarillo claro, con conchas de bivalvos. También se encuentran diseminadas láminas de yeso. En general presenta un espesor de 100m.

El contacto inferior de la formación Hibácharo con la formación Las Perdices corresponde a concordante, debido a las características que poseen las formaciones, mientras que el contacto superior con la formación Tubará es discordante y está bien marcado por una superficie de erosión irregular. Las características de la formación Hibácharo evidencia que sus génesis están relacionado a ambientes marino de plataforma externa a batiales y hacia la parte superior ambiente de plataforma interna (Barrera, 2001).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 2.7. Columna estratigráfica de las formaciones Tubará – Hibácharo.**




Fuente: Barrera, 2001.

### 2.4.1.3. *Formación Tubará (Ngt)*

El nombre de Tubará fue originalmente utilizado por Anderson (1926) para describir los sedimentos expuestos en los alrededores de la población de Tubará y que suprayacen al Grupo San Juan e infrayacen al Grupo Galapa, con un espesor de 2800 pies (Barrera, 2001).

La formación Tubará se expone en tres franjas topográficas diferente. En la parte occidental la unidad se extiende como una franja continua y escarpada con rumbo NS, que progresivamente va cambiando hacia el norte, y es casi este-oeste en la parte terminal de

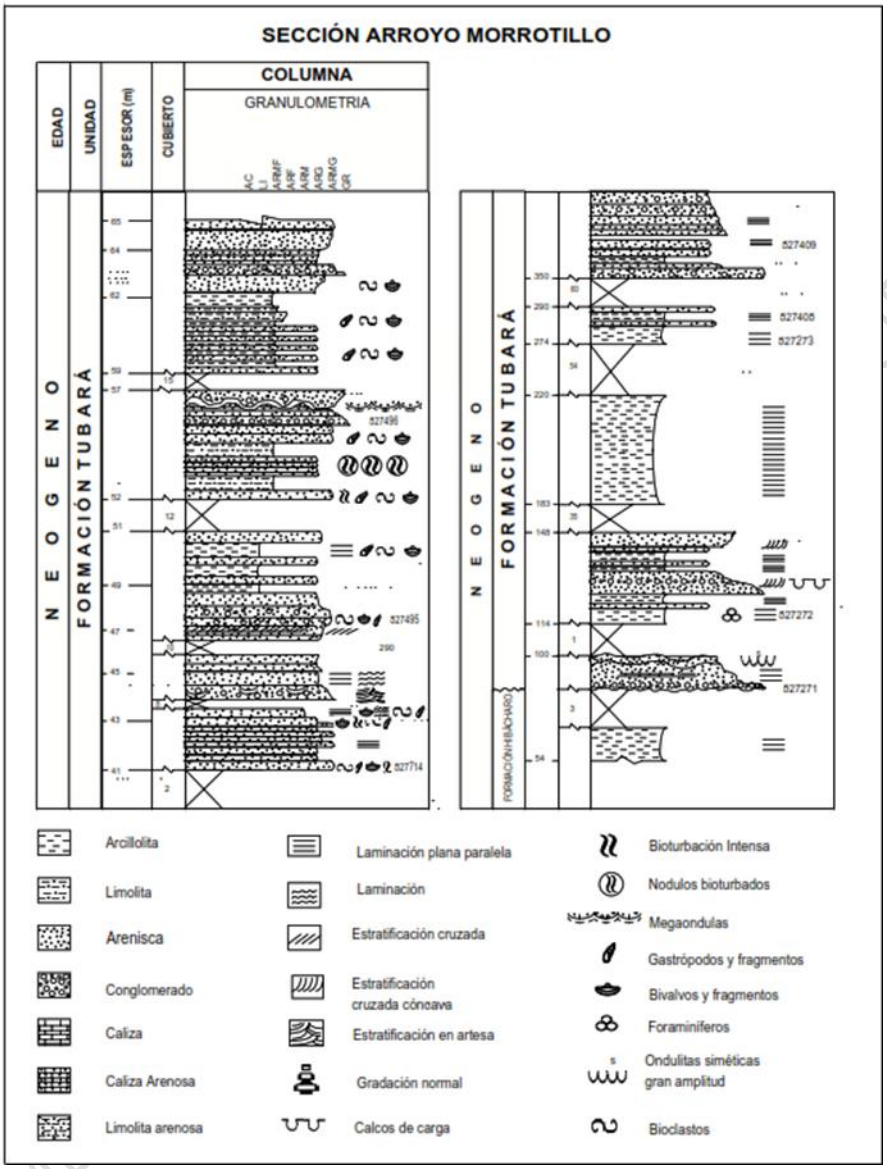
las serranías Capiro y Pajuancho, en el cerro Las Viudas. Hacia el centro del área la Formación Tubará conforma una seria de colinas al oriente de la población de Juan de Acosta, con dirección N30°E, y constituye la estructura sinclinal de Tubará. Más hacia el oriente conforma una serie de suaves colinas al occidente y nororiente de la población de Baranoa (Barrera, 2001).

En términos generales la formación Tubará es descritas en dos secciones de referencia suplementarias en los arroyos Morrotillo y Piojó. La sección Arroyo Morrotillo se evidencia un espesor de 650 metros, donde prevalecen una unidad arenosa con algunas intercalaciones de lodolitas y arcillolitas en capas gruesas y delgadas, respectivamente, donde es común la ocurrencia de bivalvos y gasterópodos. Mientras que la sección Arroyo Piojó se observa en la parte inferior capas muy gruesas de varios metros de espesor de arenitas subarcósicas de grano fino conglomeráticas hacia la base, de color gris amarillentos y bioturbadas. Contiene concreciones elípticas aplanadas de arenitas calcáreas muy compactas de color gris azuloso, encima a este segmento se presentas arenitas de grano fino, en capas progresivamente más delgadas desde muy gruesas a medianas, suprayacidas por capas de arenitas en capas gruesas de grano fino, deleznables y sublíticas, siguiendo arenitas de grano fino, oscuras, con restos de moluscos; ocasionalmente se presentan niveles con guijos de cuarzo y chert e intercalaciones de limolitas gris oscuras con capas lenticulares de arenitas de grano fino, que infrayacen arenitas finas, deleznables, en capas muy gruesas (Barrera, 2001).

Teniendo en cuenta el predominio de Buliminella elegantísima y Ammonia becarrii, la alta concentración de moluscos y lo depósitos de relleno de canal con abundante cantidad de conchas transportadas y mezcladas con fragmentos redondeados de chert y lodolitas, se puede postular un ambiente marino somero, de igual manera por la presencia de material carbonoso y yeso laminado, hacia la parte superior de la unidad, se puede asociar con ambientes de pantano y lagunares (Barrera, 2001).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 2.8. Columna estratigráfica de las formaciones Tubará.**




Fuente: Barrera, 2001.

### 2.4.1.4. *Formación La Popa (Qpp)*

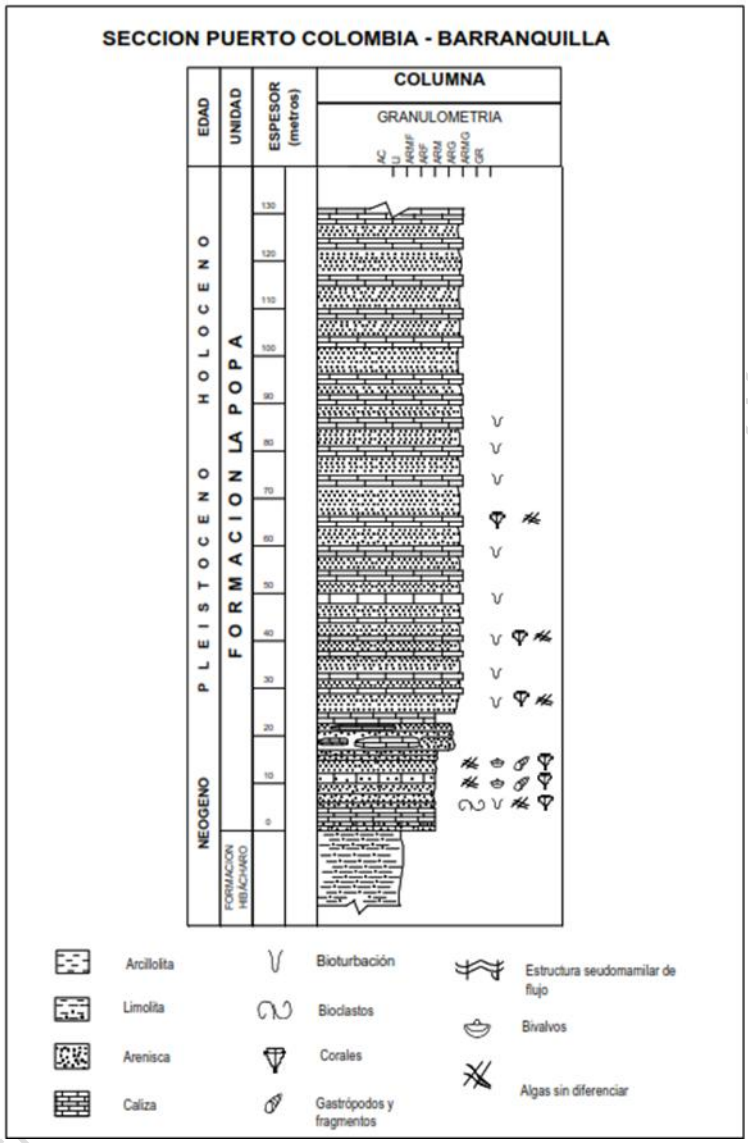
El nombre de la formación La Popa fue utilizado por primera vez por Bürgl (1957) de los estratos que constituyen el cerro de La Popa en Cartagena, con un espesor de 150 metros y cuya descripción corresponde caliza maciza de arrecifes coralinos, caliza porosa arrecifal, caliche amarrillo con bloques de arrecifes coralinos, arcillas con bloques y grumos de calizas arrecifales y arcillas micáceas gris oscuro con yeso (Barrera, 2001).

La morfología de la formación La Popa corresponde a una serie de colinas menos abruptas y alargadas que constituyen las serranías de Pajuancho y Capiro y las montañas de Tubará. Composicionalmente está conformada por calizas muy terrígenas color gris amarillento a amarillo grisáceo, bastante bioperturbadas y arenitas muy calcáreas de grano fino, con algunos granos gruesos y gránulos, muy deleznables, con abundante matriz calcárea y ocasionalmente presenta fragmentos de moluscos pequeños; hacia la parte superior prevalecen calizas arrecifales terrígenas, con abundantes bioclastos de corales, algas y moluscos, en capas gruesas, además se presentas niveles de calizas arrecifales más competentes con gran abundancia de bioclastos y arenitas deleznables de grano grueso, calcáreas, interpuestas con niveles competentes discontinuos de calizas terrígenas amarillentas y bancos de calizas arrecifales muy bioturbadas (Barrera, 2001).

La formación La Popa descansa en forma discordante sobre las rocas sedimentarias del terciario y está suprayacida principalmente en forma discordante por algunos depósitos eólicos antiguos y recientes del cuaternario. Su edad se asigna en base a su posición estratigráfica por Anderson (1926) como Plioceno. Las características sedimentarias propias de la formación se indica un origen en un ambiente marino muy somero con influencia continental a juzgar por el aporte de terrígenos (Barrera, 2001).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 2.9. Columna estratigráfica de las formaciones La Popa.**




Fuente: Barrera, 2001.

### 2.4.1.5. *Depósitos eólicos (Qe)*

Los depósitos eólicos son los sedimentos eólicos antiguos y los recientes, de grandes cuerpos de dunas antiguas estabilizadas, adyacentes a la margen occidental del río Magdalena y las dunas recientes adyacentes a la línea de costa. Los depósitos eólicos están expuestos al oriente de las poblaciones de Baranoa y Galapa e inclusive en los alrededores meridionales de Barranquilla. Sus mejores afloramientos se encuentran en las canteras de los alrededores de Santo Tomás; compuestos de arenas de grano fino a medio, constituidos principalmente por cuarzo y feldespato, de color blanco amarillento, con espesor inferior a los 20 metros (Barrera, 2001).

DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

#### 2.4.1.6. *Depósitos Coluvioaluviales (Qcal)*

Los depósitos Coluvioaluviales corresponden a depósitos de derrubios acumulados den los cauces actuales arroyos y los valles intermontanos estrechamente relacionados a dichos arroyos localizados entre las colinas. En términos generales están compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas, de color pardo amarillentos que embeben fragmentos de rocas clásticas como areniscas y lodolitas (Barrera, 2001).

#### 2.4.1.7. *Depósitos fluviolacustre (Qfl)*

Los depósitos fluviolacustres ocurren tanto en los márgenes del río Magdalena como en sus oríllales y en las ciénagas asociadas. Composicionalmente los sedientos asociados al lecho actual del río Magdalena están constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris amarillento compuestas por cuarzo, chert y fragmentos líticos, subangulares, a subredondeadas con buena selección. Mientas que los sedimentos asociados a las ciénagas son más arcilloso constituidos por arcillas limosas con materia orgánica, ocasionalmente arenosas, grises parduscas a pardo rojizas (Barrera, 2001).

#### 2.4.1.8. *Depósitos marinos de playa (Qmp)*

Los depósitos marinos y de playa son los sedimentos que constituyen las playas y las espigas; son los depósitos más distinticos de la línea de costa entre Galerazamba y Punta de Sabanillas y Puerto Mocho. Estos depósitos están constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris claro a gris oscuro, y las espigas del norte son las más oscuras debido a una mayor concentración de minerales pesados (Barrera, 2001).

## *2.5. Geología Básica con fines de Ordenamiento de cuencas Hidrográfica (Esc. 1:25.000)*

En este apartado se compila y consolida la información geológica disponible en torno a la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, la cual incluye áreas que han sido estudiadas por diversos autores con diferentes fines (minería, exploración de hidrocarburos, identificación y caracterización de la litología, hidrogeología, etc.). En este estudio se lleva a cabo con énfasis en la litología y estructuras geológicas de la cuenca.

El marco geológico de la región de estudio se tomó a partir de estudios publicados en bases de datos y a partir de la cartografía geológica publicada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) a escala 1:100.000 de las planchas consultadas, realizada con base en el levamiento geológico básico.

La cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León está conformada superficialmente por rocas que van desde paleógeno hasta el reciente. En términos generales la cuenca está conformada por rocas sedimentarias, composicionalmente se

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

observan areniscas, arcillolitas y calizas, además de depósitos recientes en menor proporción.

En la parte alta de la cuenca, hacia suroccidente aparece expuestas rocas sedimentarias en sus mayorías areniscas deleznables correspondiente a las formaciones Tubará e Hibácharo, siendo las unidades con geoformas de mayor pendiente.

Desde la zona alta al centro de la cuenca se observa morfológicamente zonas de colinas o montículos con pendientes suaves relacionados con la formación Las Perdices siendo la unidad de mayor cubrimiento, sin embargo, no se observan muchos afloramientos durante del recorrido, además se observaron zonas planas adyacentes a los cauces aluviales que conforman la cuenca que se asocian con los depósitos Coluvioaluviales.

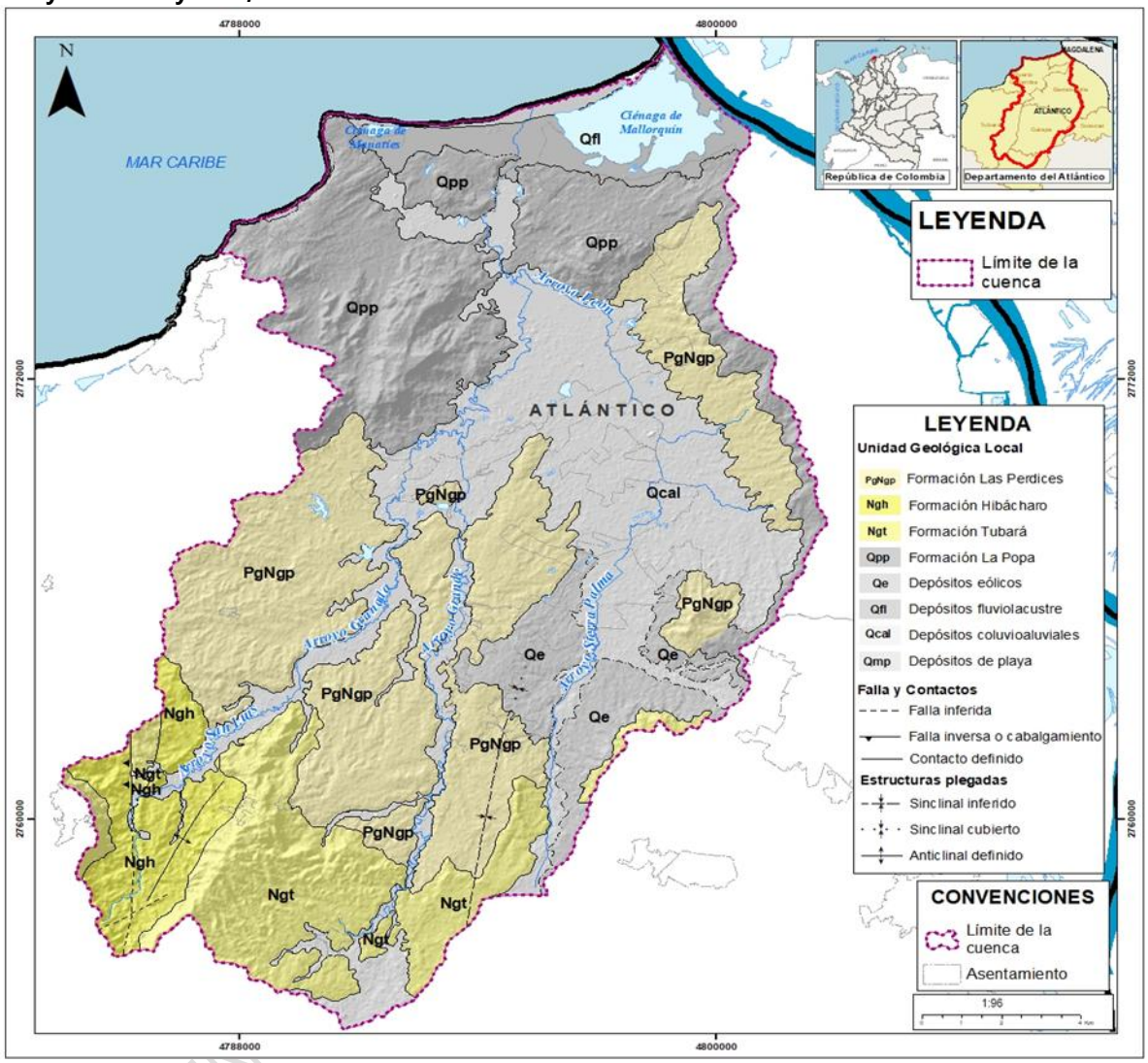
En las zonas bajas ubicadas al norte de la cuenca se observan afloramiento aislados con cuerpos rocoso compactos pertenecientes a rocas de la formación La Popa, además se observaron depósitos recientes de playa y fluviolacustre. Dentro del área de la cuenca los depósitos eólicos no se observaron en campo, estos debido a la intervención antrópica que tiene la cuenca, sin embargo, se observaron rasgos geomorfológicos de estos depósitos al oriente de la cuenca y en zonas adyacentes a la cabecera urbana del municipio de Galapa.

A continuación, se describen las principales características de las unidades geológicas que conforman la superficie de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, identificadas durante los recorridos en campo y mediante sensores remotos, ordenados cronológicamente desde las más antiguas hasta las más recientes. Es de destacar que para la cartografía de los depósitos se tuvo en cuenta las características morfológicas del terreno y procesos de fotointerpretación, debido a que muchos depósitos por su morfología plana a suavemente onduladas y por la intervención antrópica que posee la cuenca fue difícil su identificación en los recorridos.

Las formaciones y unidades de rocas aflorantes en la cuenca de manera local se muestran en la Figura 2.10.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 2.10. Mapa de geología básica local de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, escala 1:25.000.**




DOCUMENTO

**Tabla 2.4. Unidades geológicas aflorantes en la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**

| PERIODO GEOLÓGICO | UNIDAD GEOLÓGICA | SIMBOLO GEOLÓGICO | AREA (Ha) |
|---|---|---|---|
| Paleógeno (Oligoceno) | Formación Las Perdices | **PgNgp** | 8147.73 |
| Neógeno (Mioceno) | Formación Hibácharo | **Ngh** | 1458.96 |
| Neógeno (Plioceno) | Formación Tubará | **Ngt** | 3544.40 |
| Cuaternario (Pleistoceno) | Formación La Popa | **Qpp** | 5632.03 |
| Cuaternario (Holoceno) | Depósitos Eólicos | **Qe** | 1729.79 |
| | Depósitos Fluviolacustre | **Qfl** | 1528.60 |
| | Depósitos Coluvio - Aluviales | **Qcal** | 7386.76 |
| | Depósitos de Playa | **Qmp** | 200.33 |

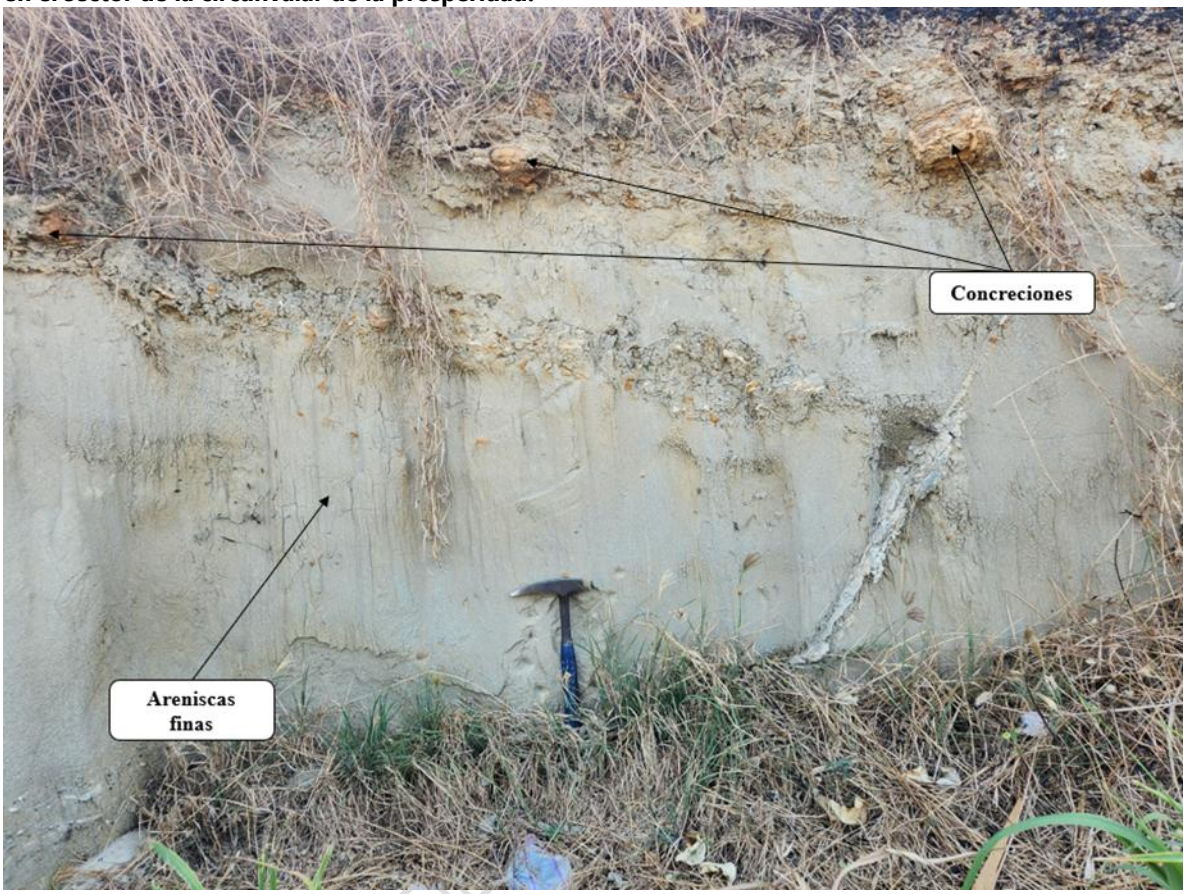
### 2.5.1. Formación Las Perdices (PgNgp)

La formación Las Perdices dentro del área de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León es la unidad con mayor extensión, cubriendo 8147.73 Ha que corresponde al 27.5% de la cuenca, presentando morfologías colinadas, suavemente inclinadas y drenajes divergentes, que se localizan en la parte occidental y central de la cuenca cubriendo el sector de Cuatro Bocas, Juan Mina, Galapa y el suroccidente de Barranquilla. Sin embargo, a pesar de ser la unidad de mayor extensión los afloramientos encontrados durante los recorridos fueron escasos y poco representativos, limitándose a afloramiento colinados aislados.

Composicionalmente la formación Las Perdices se observaron areniscas finas deleznable, de color gris amarillento, compuestas por cuarzo, feldespatos y líticos, con concreciones centimétricas a métricas, redondeadas, compactadas, de composición similar a las areniscas que las alojan, además se observan vetillas de carbonatos y capas delgadas de limolitas muy finas de color gris amarillento.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 2.11. Areniscas finas deleznable con concreciones centimétricas a métricas y vetillas de carbonatos en el sector de la circunvalar de la prosperidad.**




De igual forma se observaron afloramientos de areniscas de grano muy fino deleznable de color gris amarillento compuestas de cuarzo y líticos, se observan capas delgadas de arcillolitas gris verde oliva separadas por costras de óxido de hierro.

Según los expuesto en Barrera (2001) la formación Las Perdices por sus características litológicas y texturales presenta un ambiente de formación por sedimentación marina con aportes limitados de sedimento terrígenos. Además, el espesor obtenido mediante cortes geológicos es de 400 metros aproximadamente.

DOCUMENTO NO DE

**Figura 2.12. Areniscas finas deleznable y capas delgadas de arcillolitas con costras de óxido de hierro en el sector de la circunvalar de la prosperidad.**

## 2.5.2. Formación Hibácharo (Ngh)

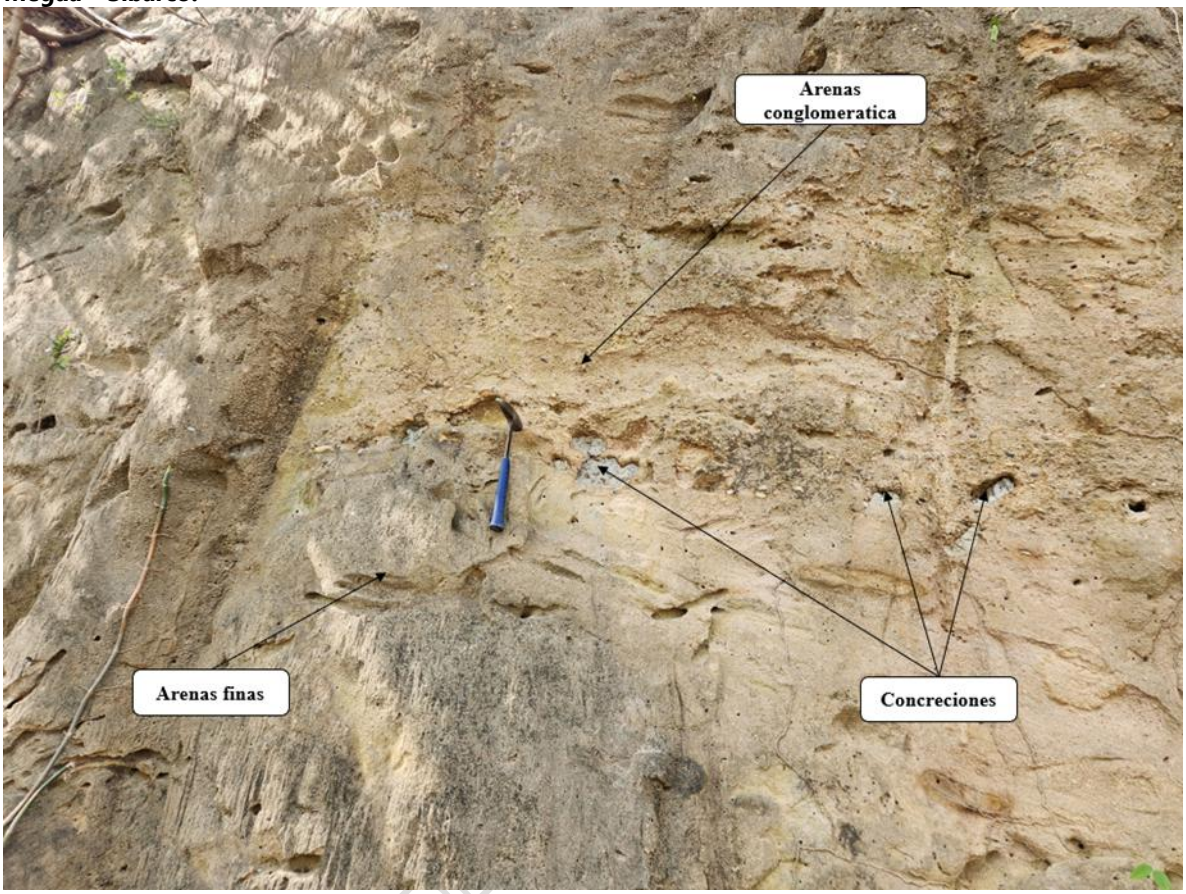
Las mejores exposiciones de la formación Hibácharo dentro de la cuenca se localiza al suroccidente sobre la vía Pital de Megua – Sibarco, vía Tubará – Juan Mina y Tubará - Guaimaral, cubriendo un área de 1458.96 Ha del total de la cuenca.

A pesar del cubrimiento que posee la formación dentro de la cuenca, sus accesos son muy limitados, debido a la complejidad del paisaje y las pocas vías de acceso que se observan. Sin embargo, es de apreciar que en las rocas expuestas de la formación Hibácharo se observan procesos morfodinámicos de gran impacto, siendo lo más apreciable las reptaciones continuas.

Composicionalmente se observaron areniscas finas sublíticas, altamente deleznables, presentadas en capas medias, con concreciones compactas de areniscas finas calcáreas, hacia el techo se observan areniscas sublíticas conglomeráticas deleznables, de color pardo amarillento pálido.

DOCUMENTO DE

**Figura 2.13. Areniscas finas deleznable con concreciones y areniscas conglomeráticas en la vía Pital de Megua – Sibarco.**




En el sector del lago Mata Vidi se observa una secuencia sedimentaria que presenta en la base arcillolitas grises oscuras, interpuesta en capas delgadas, paralelas discontinuas, Suprayaciendo las arcillolitas se observan areniscas finas deleznables de color gris verdoso. En este sector la formación presenta una orientación de 165° y un buzamiento de 32° al SW.

DOCUMENTO NO DE

**Figura 2.14. Areniscas finas deleznable y arcillolitas oscuras en el sector del lago Mata Vidi.**

### 2.5.3. Formación Tubará (Ngt)

Dentro de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León la formación Tubará aflora en la sur y oriental de cuenca, en zonas altas con morfologías de pendientes abruptas y zonas de lomeríos denudacionales donde ser observan procesos erosivos que afectan la secuencia. Ocupa una extensión de 3544.40 Ha dentro del área de la cuenca.

En términos generales composicionalmente en los afloramientos observado de la formación Tubará se evidenciaron en la vía Tubará – Mina, una secuencia sedimentaria conformada hacia la base por areniscas finas sublíticas de color gris amarillento deleznable, hacia el techo se observan areniscas calcáreas con abundantes contenidos de restos de bivalvos, gasterópodos y ostreidos. La formación presenta dato de estratificación con una orientación de 130° y un buzamiento de 40° hacia el SW.

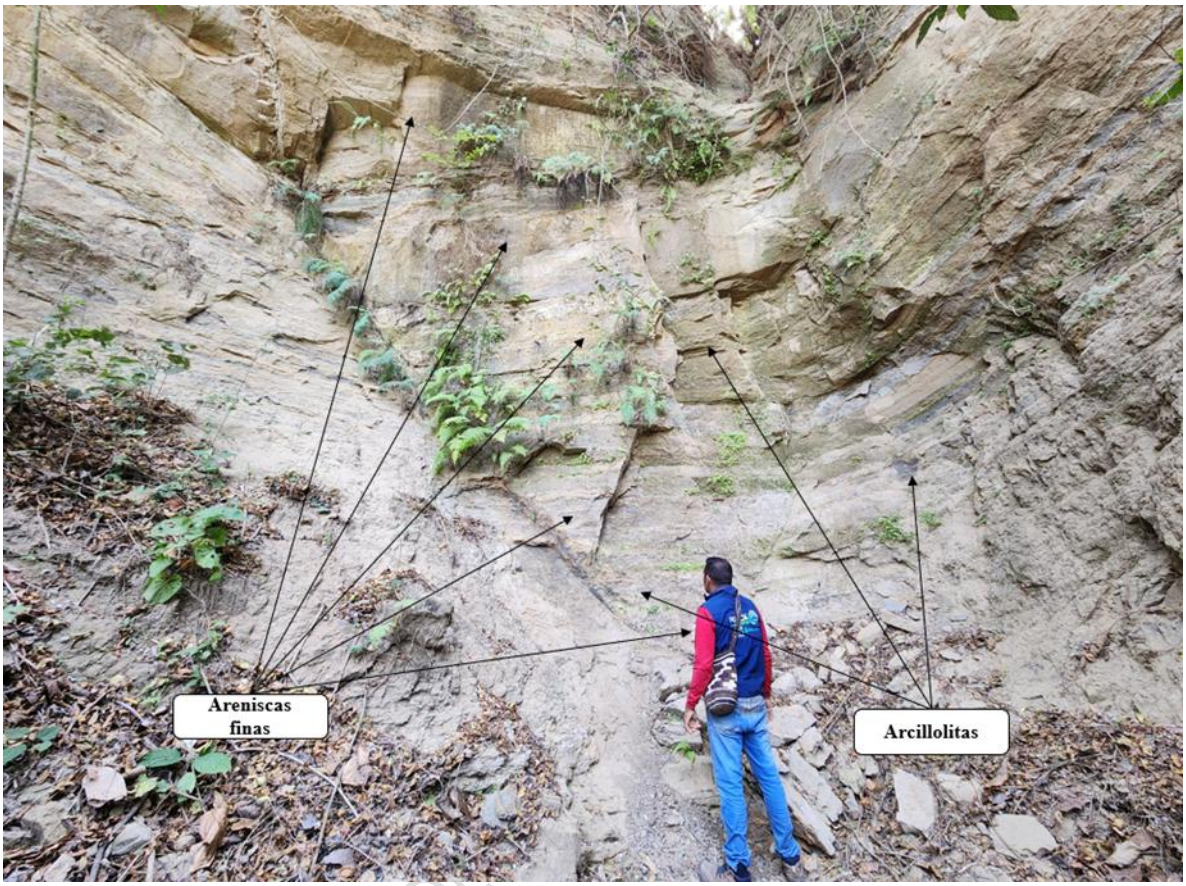
DOCUMENTO NO DEFINI

**Figura 2.15. Areniscas calcáreas con restos de bivalvos, gasterópodos y ostreidos en la salida de Tubará hacia Juan Mina.**

De igual forma en la vía Tubará – Juan Mina en el sector de la vereda la Cruz se observa una secuencia sedimentaria de 20 metros de alto, conformado por una sucesión areniscas finas compactas, compuestas principalmente por cuarzos y líticos, de color gris verdoso en capas medias y delgadas, que intercalan arcillolitas grises oscuro en capa delgadas en estratificación paralela discontinua. En este sector la formación presenta dato de estratificación con una dirección de 176° y un buzamiento de 18° hacia el SW.

DOCUMENTO NO DE

**Figura 2.16. Secuencia sedimentaria de la formación Tubará de areniscas finas intercaladas con arcillolitas, en el sector de la verdad la Cruz.**




Teniendo en cuenta la presencia de fósiles y lo expuesto en Barrera (2001) la formación Tubará presenta un origen en un ambiente marino somero y se propone una edad de Mioceno tardío y plioceno para esta unidad.

### 2.5.4. Formación La Popa (Qpp)

La formación La Popa se localiza en la parte norte de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, en los sectores de Puerto Colombia, Salgar, La Playa y Barranquilla, ocupando una extensión de 5632.03 Ha equivaliendo al 19% de ocupación de la cuenca.

Morfológicamente la formación La Popa se localiza en zonas con colinas de pendientes abruptas a inclinadas, alargadas, que presentan un patrón de drenaje subparalelo. Localmente esta formación se compone por una secuencia sedimentaria compuesta por niveles de calizas arenosas, intercalas con estratos de poco espesor de areniscas calcáreas de grano grueso, deleznables, con niveles de un metro aproximadamente de calizas

DOCUMENTO DE

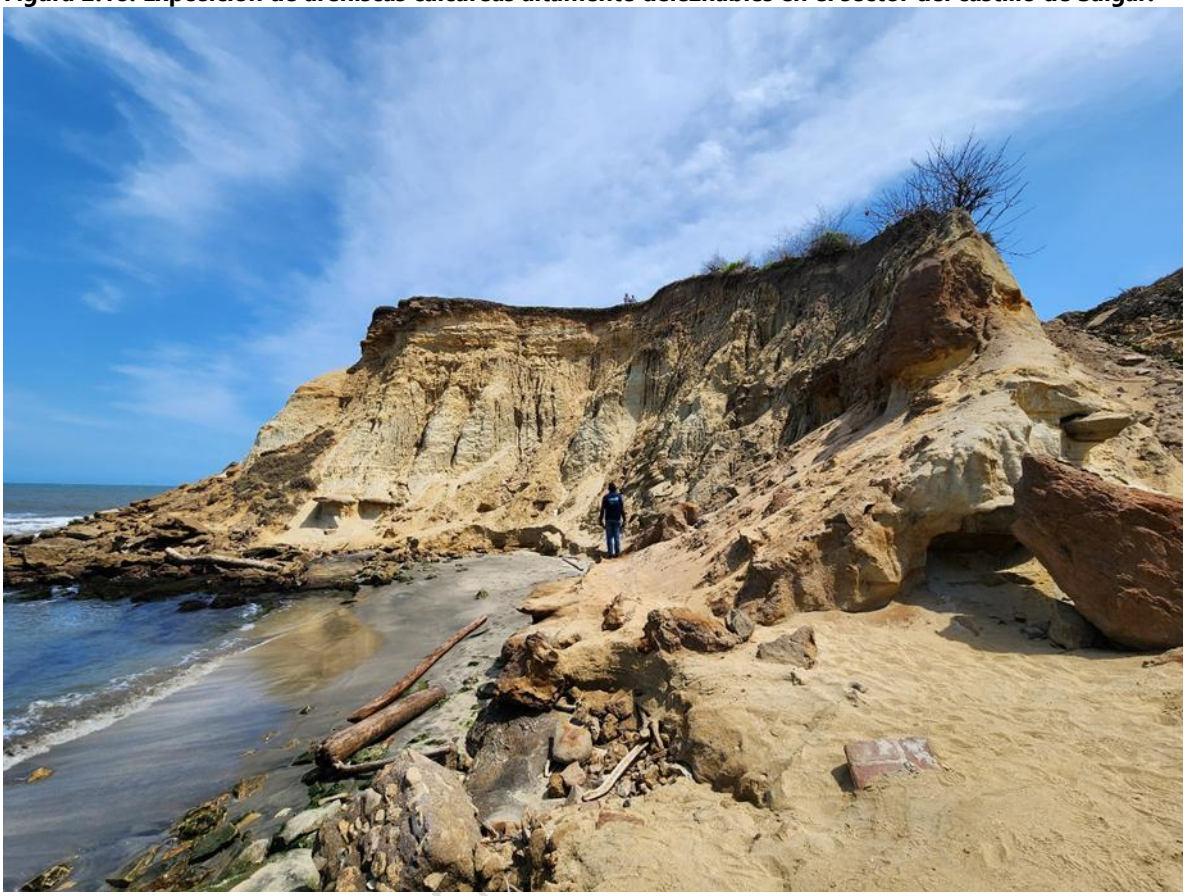
arrecifales más competente. En términos generales las rocas presentan un color predominante pardo amarillento.

**Figura 2.17. Exposición de la formación La Popa sobre la vía hacia la Playa en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**

En el sector del castillo de Salgar se observan niveles de areniscas calcáreas de grano grueso altamente deleznables de color pardo amarillento, con fragmentos de rocas competen de igual composición. En este sector las rocas aflorantes de la formación La Popa son expuesta a procesos erosivos marinos, generando deslizamientos traslacionales, originando un riesgo para a la comunidad.

DOCUMENTO

**Figura 2.18. Exposición de areniscas calcáreas altamente deleznables en el sector del castillo de Salgar.**



De acuerdo con Barrera (2001) a la formación La Popa se le asigna su origen en un ambiente marino muy somero con influencia continental, esto fundamentado en las características sedimentarias observadas.

### 2.5.5. Depósitos eólicos (Qe)

Los depósitos eólicos se localizan al oriente de la cuenca, generalmente en inmediaciones del casco urbano del municipio de Galapa e inmediaciones de Barraquilla. Ocupando un área de 1729.79 Ha del área total de la cuenca.

Estos depósitos se encuentran asociados a grandes cuerpos de dunas antiguos estabilizados, originados por retrabajamiento y transporte de sedientos aluviales en grandes áreas. Generalmente este tipo de depósitos consta composicionalmente de arenas de grano fino a medio, conformados por cuarzo y feldespato, de color blanco amarillento, con espesor aproximado menor a 20 metros. Morfológicamente se caracterizan por ser un conjunto de montículos originados por material trasportado por el viento, conformado de manera general, por sedimentos de tamaño arena.

DOCUMENTO NO DEF

### 2.5.6. Depósitos fluviolacustre (Qfl)

Los depósitos fluviolacustres se extiende en la zona norte de la cuenca de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, ocupando un área de 1528.60 Ha del área total de la cuenca. Relacionado con la dinámica del Río Magdalena en la zona norte y las ciénagas asociadas, como es el caso de la Ciénaga de Mallorquín. Dentro de la cuenca estos depósitos son de fácil identificación debido a las geoformas que se encuentran asociada a estos depósitos.

Composicionalmente en el sector de la Ciénaga de Mallorquín los depósitos fluviolacustre se encuentras constituido por depósitos recientes de color gris pardusco, que granulométricamente se componen de arcillas limosas con contenido de materia orgánica, ocasionalmente se pueden presentar arenosas.

**Figura 2.19. Exposición de los depósitos fluviolacustre en la zona norte de la cuenca, inmediaciones de la Ciénaga de Mallorquín.**

DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

### 2.5.7. Depósitos Coluvioaluviales (Qcal)

Los depósitos Coluvioaluviales se relaciona con depósitos aluviales intermontanos y los llanura aluvial o planicies de inundación que rodean a los arroyos que conforman la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. estos depósitos ocupan un área de 7386.76 Ha, representado un 25% del área total de la cuenca.

Composicionalmente estos depósitos se conforman por depósitos incosolidados recientes constituidos por arenas principalmente, gravas ocasionalmente y hacia el norte de la cuenca se observa limos y arcillas, de color pardo amarillento.

**Figura 2.20. Exposición de los depósitos Coluvioaluviales en inmediaciones a Pital de Megua.**

## 2.5.8. Depósitos de playa (Qmp)

En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León los depósitos de playa son la unidad de menos cubrimiento ocupando un área de 200.33 Ha, representando menos del 1% del área total de la cuenca. Se localizan al norte de la cuenca en los sectores de Puerto Mocho y Salgar.

Estos depósitos constituyes dentro de la cuenca las geoformas de playa, pero además conformas también las espigas que se están originando al noroccidente de Puerto Mocho.

Composicionalmente los depósitos de playa se componen de arenas de grano fino a medio, de color gris claro o gris oscuro, sin embargo, la coloración en las espigas se torna más oscuro, debido a la alta concentración de minerales pesados que se produce esta zona.

DOCUMENTO

**Figura 2.21. Exposición de los depósitos de playa en inmediaciones de Salgar.**

DOCUMENTO NO DE

**Figura 2.22. Exposición de los depósitos de playa en geoforma de espiga al noroccidente de Puerto Mocho.**

DOCUMENTO NO DE

# 3. GEOMORFOLOGÍA

## *3.1. Geomorfología con fines edafológicos*

El relieve actual de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín, está configurado por unidades geomorfológicas resultantes de procesos fluviales y fluvio-marinos y agentes como el agua y el oleaje. Las unidades geomorfológicas que se expondrán a continuación, corresponden a la aplicación del sistema de clasificación geomorfológica aplicado a levantamiento de suelos definido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2018).

### 3.1.1. Categorías geomorfológicas

Se identificaron cinco niveles categóricos: Paisaje geomorfológico, ambiente morfogenético, tipo de relieve, material geológico y forma del terreno.

El paisaje geomorfológico es una amplia porción de terreno que corresponde a una repetición de uno o varios tipos de relieve genéticamente relacionados, o a una repetición de varios tipos de relieve de diferente génesis. Para la cuenca se definieron dos paisajes geomorfológicos: Lomerío y Planicie.

El ambiente morfogenético es un tipo general de medio biofísico, originado y controlado por un estilo de geodinámica dada, tanto interna como externa de la tierra, o por una combinación de ellas (Zinck, 2012). Se identificaron tres ambientes morfogenéticos: Estructural, denudacional y deposicional.

El tipo de relieve es un conjunto de formas que componen la superficie terrestre y son el resultado de la acción de las fuerzas internas y externas de la tierra y de una determinada combinación de la topografía y la estructura geológica (controladas por la geodinámica interna); también incluye geoformas determinadas por condiciones morfoclimáticas o procesos morfogenéticos específicos (controlados por la geodinámica externa). Se identificaron 15 tipos de relieve.

El material geológico corresponde a los materiales que dan origen a las formaciones superficiales que recubren la corteza terrestre, los cuales dependen de la naturaleza petrográfica de las rocas que sirven de sustrato a las geoformas y de los sedimentos que componen los depósitos no consolidados.

La forma del terreno se define como el nivel inferior de la estructura de clasificación geomorfológica y la unidad de tipo relieve se puede considerar que está representada por

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

un conjunto de unidades geomorfológicas elementales, que son definidas principalmente por la posición dentro de la unidad o por la topografía dominante.

### 3.1.2. Insumos

Los insumos que sustentan la interpretación geomorfológica corresponden a imágenes de satélite Sentinel con resolución 10m, DEM ALOS-Palsar con resolución de 12,5 m y sus productos derivados (mapa de sombras y mapa de pendientes), las planchas geológicas a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano y la cartografía base a escala 1:25.000. En la siguiente tabla se relacionan los insumos empleados.

**Tabla 3.1. Insumos para la interpretación geomorfológica.**

| Producto | Descripción | Fecha | Fuente |
|---|---|---|---|
| Imagen Sentinel | S2B_MSIL2A_20241211T153629_N0511_R068_T18PWT_20241211T221637 | Diciembre 11 de 2024 | Copernicus Sentinel Data https://dataspace.copernicus.eu/ |
| ALOS PALSAR RTC | AP_27381_FBS_F0200_RT1 | Junio 19 de 2015 | ASF DAAC https://search.asf.alaska.edu/ |
| Planchas geológicas 1:100.000 | 16_17_Galerazamba-Barranquilla | 1998 | Servicio Geológico Colombiano www.sgc.gov.co |
| Cartografía básica 25K | GDB | 2024 | IGAC (integrada por el proyecto) |

### 3.1.3. Proceso metodológico

El proceso de interpretación geomorfológica con fines edafológicos se desarrolló en tres etapas principales. En primer lugar, a partir de información secundaria sobre geología y geomorfología, el Modelo de Elevación Digital (DEM) y la cartografía base, se realizó una interpretación preliminar. En segundo lugar, en enero de 2024, se llevó a cabo la validación en campo de las unidades geomorfológicas. Finalmente, se efectuaron los ajustes correspondientes a la capa de geomorfología y se procedió con la redacción del informe técnico.

### 3.1.4. Caracterización geomorfológica de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín

A continuación, se describirán las unidades geomorfológicas identificadas en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín.

#### 3.1.4.1. *Paisaje de lomerío (L)*

El paisaje de lomerío se define como aquella superficie terrestre de topografía accidentada de altura media, no confinada, que se caracteriza por la repetición de colinas, lomas y cerros estructurales, generalmente de formas alargadas y cimas dispuestas a diferentes alturas, separadas por una red de drenaje moderadamente densa con patrón que varía de dendrítico a rectangular (IGAC, 2018). Comprende materiales geológicos originados por la

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

sedimentación marina calcárea del Pleistoceno y sedimentación fluviomarina del Neógeno y Paleógeno y depósitos del Holoceno con arenas eólicas y de playa; se encuentran relieves alomados con la influencia de las fallas Mirador y Paloalto hacia el Occidente. La red de drenaje es de tipo dendrítica, los principales cauces corresponden a los arroyos Grande, Cana y Malemba.

Para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín se definieron tres ambientes que dieron origen a los modelados y relieves: estructural, denudacional y deposicional.

**3.1.4.1.1. *Ambiente estructural***

Corresponde al medio biofísico donde las geoformas presentes son el resultado de la acción principal de los procesos de fracturamiento, fallamiento, plegamiento, levantamiento y basculamiento de las masas rocosas, donde también actuaron los procesos de meteorización y los posteriores procesos de erosión y sedimentación de los materiales de alteración de las rocas de los relieves emergidos (IGAC, 2018).

❖ *Crestón (LK)*

Tipo de relieve que corresponde a una estructura de perfil transversal convexo, asimétrico, constituido por arenitas, limolitas, lodolitas y calizas de poca consolidación; su origen se relaciona con la inclinación de relieves tabulares debido al fallamiento y levantamiento de la estructura. La unidad se encuentra en los municipios de Puerto Colombia, Tubará y en algunos sectores de Baranoa, Barranquilla y Galapa. Se identificaron dos formas del terreno:

*Revés (LKR):* Superficie dispuesta en el sentido del ángulo de buzamiento de las rocas que varía de 10° a 30°, sin embargo, la pendiente topográfica oscila entre el 3% y 25%, la topografía es irregular de longitud moderada a larga. La forma del terreno representa el 5,6% del área total de la cuenca.

Frente (LKF): Superficie ubicada en dirección opuesta al ángulo de buzamiento de la roca, tiene relieve abrupto y presenta una menor longitud respecto al revés. La pendiente topográfica está entre el 25% y 75%. Se encuentra en el 5,2% del territorio de la cuenca.

❖ *Cuesta (LC)*

Corresponde a una estructura de perfil transversal convexo y generalmente asimétrico, constituida por un conjunto de estratos de rocas sedimentarias compuestas por arenitas, lodolitas y calizas; levemente inclinados y cortados por la erosión en el extremo levantado. La geoforma se ubica en los municipios de Barranquilla, Puerto Colombia, Galapa y Soledad. Se identificaron dos formas del terreno:

*Revés (LCR)*: Superficie dispuesta en el sentido del ángulo de buzamiento de las rocas que varía de 1° a 10°, representa el 2,1% del área total de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

*Frente (LCF):* Superficie ubicada en dirección opuesta al ángulo de buzamiento de la roca, tiene relieve abrupto y presenta una menor longitud respecto al revés. Se encuentra en el 1,2% del territorio de la cuenca.

#### 3.1.4.1.2. *Ambiente denudacional*

Es el medio biofísico donde los procesos de meteorización, erosión, desprendimiento y transporte de materiales son los responsables de la configuración de geoformas, en este contexto, se identificaron dos tipos de relieve: loma y pediplano.

❖ *Loma (LL)*

Corresponde a una elevación natural del terreno de altura menor a 100 metros con respecto a su nivel de base local, configuración alargada, cimas amplias con formas redondeadas, cuyas laderas cortas a muy cortas presentan pendiente entre ligeramente inclinada y escarpada. El patrón de drenaje es dendrítico. Se compone de arenitas, lodolitas, limolitas, arcillolitas y calizas y; se observa en los municipios de Galapa, Tubará, Puerto Colombia, Barranquilla y Baranoa, representando el 49,1% del área total de la cuenca. La forma de terreno definida en esta unidad es la *ladera (LLL)*.

❖ *Pediplano (LN)*

superficie nivelada e inclinada, ubicada en la periferia de formas alomadas constituidas en rocas sedimentarias poco consolidadas de lodolitas, arenitas y calizas. Se caracteriza por tener un perfil topográfico plano a plano-ondulado, configuración y contorno irregulares, con pendiente ligeramente plana a ligeramente inclinada y extensión de hasta 10 kilómetros; está conformada por la unión de laderas suavizadas resultantes de la denudación de las lomas. Representa el 9,6% del área total de la cuenca, encontrándose en los municipios de Barranquilla, Puerto Colombia y Galapa. La forma del terreno definida para esta unidad corresponde al *plano ondulado (LNO)*.

#### 3.1.4.1.3. *Ambiente deposicional*

Es el medio biofísico en el que predominan los procesos de sedimentación de aquellos materiales erosionados y transportados por las laderas del paisaje de lomerío. En este ambiente morfogenético se identificaron seis (6) formas del terreno: Campo de dunas, depresión, manto de arenas, terraza fluviolacustre nivel 1, valle estrecho y vallecito.

❖ *Campo de dunas (LD)*

Depósitos de materiales detríticos de origen eólico, compuestos principalmente por partículas de tamaño arena fina y en menor proporción por limos, el cual se presenta como una secuencia de dunas longitudinales de forma alargada; la superficie es irregular y presenta perfil topográfico ondulado y pendiente ligeramente inclinada a escarpada, los depósitos tienen dirección NNE correspondiendo con la dirección predominante de los vientos que las formaron. Se encuentran en el municipio de Puerto Colombia, representando

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

el 2,6% del área total de la cuenca. Las formas del terreno identificadas en este tipo de relieve son *dunas (LDD) y bajo (LDB)*. El bajo es una superficie cóncava y pendiente topográfica ligeramente plana, facilitando los encharcamientos y pantanos.

❖ *Depresión (LU)*

Superficie plano-cóncava y compuesta por depósitos de arenas medias, finas, limos y arcillas, lo que favorece el estancamiento de las aguas de escorrentía y los encharcamientos. la configuración es irregular a redondeada y el tamaño es más amplio; se localiza en sectores de muy baja pendiente de los municipios de Galapa, Barranquilla, Puerto Colombia y Tubará, estando en el 1,8% del área de la cuenca. La única forma del terreno identificada en esta unidad, es el *bajo (LUB)*.

❖ *Manto de arenas (LM)*

Depósitos de materiales detríticos de origen eólico, compuestos principalmente por partículas de tamaño arena fina y limo y algo de arcilla, los cuales se presentan como acumulaciones irregulares con espesor variable; la superficie es irregular y presenta perfil topográfico plano a plano-ondulado y pendiente ligeramente plana a ligeramente inclinada lo que favorece los encharcamientos. Se encuentra en el municipio de Puerto Colombia, representando el 2,6% del área total de la cuenca. La forma del terreno identificada corresponde a *plano ondulado (LMO)*.

❖ *Terraza fluviolacustre nivel 1 (LF)*

Tipo de relieve constituido por depósitos mixtos de detritos de origen aluvial y lacustre, que forma una superficie plana a ligeramente plana, confinada y localizada al interior del sistema de lomeríos de los municipios de Barranquilla, Galapa y Tubará, en zonas bajas aledañas a los arroyos Grande, Malemba y San Luis, representa el 4,7% del área total de la cuenca. Su configuración se relaciona con variaciones en el nivel de base local que cerraban el escurrimiento superficial, desarrollando cuerpos lacustres que posteriormente se fueron secando hasta formar superficies planas. La forma del terreno encontrada en la cuenca, es *plano de terraza (LFX)*.

❖ *Valle estrecho (LV)*

Porción de terreno estrecha y de configuración alargada, contenida entre dos áreas de relieve más alto y caracterizada por la formación de dos niveles de terraza de carácter discontinuo. Se configuró por la dinámica de los arroyos Grande, Malemba y San Luis. Se identificaron cuatro formas del terreno: Plano de terraza 1, plano de terraza 2, bajo y vega.

*Plano de terraza 1 (LVX):* superficie discontinua de perfil topográfico plano a plano-ondulado, pendiente ligeramente plana a ligeramente inclinada, de extensión corta y configuración alargada y estrecha, que está localizada contigua a las vegas de los arroyos ya mencionados. Se compone de cantos, gravas, arenas y limos

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

*Plano de terraza 2 (LVY)*: superficie discontinua de perfil topográfico plano a plano-ondulado, pendiente ligeramente plana a moderadamente inclinada, de extensión corta y configuración alargada y estrecha, compuesta por cantos, gravas, arenas y limos. La unidad es más antigua y está topográficamente a mayor altura y mayor distancia de los arroyos en comparación al plano de terraza 1.

*Bajo (LVB):* forma de terreno asociada al plano de terraza que corresponde a una superficie de perfil topográfico cóncavo, de configuración redondeada a irregular y pendiente ligeramente plana a ligeramente inclinada. La unidad está constituida por arenas finas, limos y arcillas, con frecuente relación con pantanos.

*Vega (LVV):* forma de terreno que corresponde a una superficie de perfil topográfico plano-cóncavo, de forma alargada y estrecha, localizada en la posición más baja del valle estrecho; está constituida por los depósitos heterométricos aluviales como cantos, gravas, arenas y limos.

❖ *Vallecito (LY)*

Tipo de relieve que corresponde a una incisión de configuración alargada y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve más alto y que tiene como eje una pequeña corriente de agua; con frecuentes aportes laterales de materiales de tipo coluvial, los cuales deposita en sentido longitudinal. Superficie con perfil topográfico plano-cóncavo y de pendiente ligeramente plana a moderadamente inclinada. La unidad está conformada por la forma de terreno de *vega (LYV)*.

#### 3.1.4.2. *Paisaje de Planicie (R)*

Superficie extensa, plana a ligeramente plana, de posición baja y no confinada, que generalmente está conformada por sistemas aluviales complejos donde actúan varios ríos y es frecuente la divagación y difluencia de corrientes; también está relacionada con extensos depósitos eólicos formados sobre plataformas levantadas. Su origen está relacionado con la depositación aluvial, lacustre, marina y eólica. Este paisaje se encuentra en la zona norte de la cuenca, en contacto con el Mar Caribe y el cauce del río Magdalena.

##### 3.1.4.2.1. *Ambiente deposicional*

En el paisaje de lomerío se identificaron cinco (5) tipos de relieve configuradas en el ambiente deposicional: Plano de marea, terraza fluviomarina nivel 1, terraza marina nivel 1, vallecito y plano de inundación.

❖ *Plano de marea (RE)*

Tipo de relieve que corresponde a un conjunto de depósitos de materiales de origen aluvial y marino, acumulados sobre una superficie nivelada por la acción del mar y que se extiende hasta el nivel de marea máxima; se caracterizan por tener perfil topográfico plano a plano-ondulado, pendiente plana a ligeramente inclinada, de configuración alargada a irregular y

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

contorno irregular. Su origen está relacionado con la acción erosiva del mar que produce la nivelación de la plataforma marina y la posterior acumulación de sedimentos aluviales (del río Magdalena principalmente) y marinos por la acción de las mareas y el oleaje.

Este tipo de relieve se encuentra en el 3,6% de área total de la cuenca, específicamente en la zona costera de los municipios de Puerto Colombia y Barranquilla, es de aclarar que la Ciénaga de Mallorquín se encuentra en esta unidad. Se diferenciaron tres (3) formas del terreno: cordón litoral, laguna costera y marisma.

*Cordón litoral (REO)*: Forma de terreno constituida por una serie de depósitos de materiales detríticos marinos y aluviales, de perfil topográfico ondulado, contorno arqueado a recto y configuración alargada, formando patrones de surcos y camellones de diversa amplitud.

*Laguna costera (REG)*: Forma de terreno constituida por una superficie cóncava, de pendiente plana a ligeramente plana y configuración redondeada a irregular. Se caracteriza por contener la Ciénaga de Mallorquín, la cual está separada del mar por cordones litorales. El proceso predominante es la sedimentación de materiales detríticos finos, principalmente limos, arcillas y materia orgánica.

*Marisma (REM)*: forma de terreno constituida por un depósito de materiales detríticos marinos y aluviales como arenas finas, lodos y arcillas; de perfil topográfico plano a plano-ondulado, configuración alargada a irregular y contorno irregular también con pendiente plana a ligeramente plana, se observan pantanos.

❖ *Terraza fluviomarina nivel 1 (RA)*

Tipo de relieve constituido por un depósito de detritos aluviales y marinos, de perfil topográfico plano a plano-ondulado y pendiente ligeramente plana a ligeramente inclinada; está localizado en sectores de la costa donde se reciben aportes del Arroyo Grande y el río Magdalena. Se caracteriza por tener configuración alargada, formando patrones de surcos y camellones de diversa amplitud y desnivel, generalmente paralelos a la línea de costa actual. Representa el 1,1% del área total de la cuenca. Las formas del terreno identificadas son bajo y plano de terraza.

*Bajo (RAB)*: forma de terreno asociada al plano de terraza que corresponde a una superficie de perfil topográfico cóncavo, de configuración redondeada a alargada y pendiente plana a ligeramente plana, compuesta por arenas medias, finas, limos y arcillas.

*Plano de terraza (RAX)*: forma de terreno que corresponde a una superficie continua de perfil topográfico plano a plano-ondulado y pendiente ligeramente plana a ligeramente inclinada, de configuración alargada y estrecha, contorno irregular. El depósito está compuesto por arenas medias, finas y limos.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

❖ *Terraza marina nivel 1 (RZ)*

Superficie elevada, de perfil topográfico plano a plano-ondulado y pendiente ligeramente plana a ligeramente inclinada, situada por encima del nivel del mar actual y con leve desnivel en dirección al mismo, compuesta por detritos de arenas gruesas y medias. Originada por la erosión de la plataforma marina y su posterior levantamiento. Como forma del terreno se diferenció el *plano de terraza (RZX)*.

❖ *Vallecito (RW)*

Tipo de relieve que corresponde a una incisión de configuración alargada y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve ligeramente más alto y que tiene como eje una pequeña corriente de agua, la cartografía no indica nombre. El reducido caudal del drenaje y el bajo relieve característico permiten la formación principalmente de vegas constituidas por detritos predominantemente finos, con escasos aportes laterales de materiales aluviales que son depositados en sentido longitudinal. La forma de terreno identificada corresponde a la *vega (RWV)*.

❖ *Plano de inundación (RP)*

Tipo de relieve que corresponde a una serie de depósitos aluviales de arenas y limos, sedimentados en forma periódica por los cauces, de perfil topográfico plano a plano-ondulado, pendiente plana a ligeramente plana y configuración alargada asociado a la dinámica actual del río Magdalena y del Arroyo Grande. Como forma del terreno se identificó la *vega (RPV)*.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 3.2. leyenda geomorfológica con fines edafológicos.**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Símbolo | Área (Has) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lomerío | Estructural | Crestón | Frente | Arenitas y lodolitas | LKFa | 589,68 |
| | | | | Calizas | LKFc | 967,28 |
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | LKFm | 76,73 |
| | | | Revés | Arenitas y lodolitas | LKRa | 737,29 |
| | | | | Calizas | LKRc | 896,98 |
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | LKRm | 135,33 |
| | | Cuesta | Frente | Arenitas y lodolitas | LCFa | 172,44 |
| | | | | Calizas | LCFc | 525,23 |
| | | | Revés | Calizas | LCRc | 667,93 |
| | Denudacional | Loma | Ladera | Arcillolitas, arenitas | LLLr | 418,03 |
| | | | | Arenitas y lodolitas | LLLa | 2993,93 |
| | | | | Calizas | LLLc | 1948,57 |
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | LLLm | 1351,64 |
| | | | | Lodolitas y arenitas | LLLd | 8715,21 |
| | | Pediplano | Plano ondulado | Calizas | LNOc | 282,48 |
| | | | | Lodolitas y arenitas | LNOd | 2738,51 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Símbolo | Área (Has) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Deposicional | Campo de dunas | Bajo | Detritos de origen eólico, compuestos por arenas finas, limos y arcillas | LDB | 38,65 |
| | | | Dunas | Detritos de origen eólico, compuestos por arenas finas, limos y arcillas | LDD | 791,49 |
| | | Depresión | Bajo | Depósitos de arenas medias, finas, limos y arcillas | LUB | 578,19 |
| | | Manto de arenas | Plano ondulado | Detritos de origen eólico, compuestos por arenas finas, limos y arcillas | LMO | 1262,07 |
| | | Terraza fluviolacustre nivel 1 | Plano de terraza | Depósitos de arenas finas, arcillas | LFX | 1471,36 |
| | | Valle estrecho | Bajo | Depósitos de arenas, limos y arcillas | LVB | 13,04 |
| | | | Plano de terraza | Depósitos aluviales compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | LVX | 87,00 |
| | | | Plano de terraza 2 | Depósitos aluviales compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | LVY | 55,86 |
| | | | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | LVV | 502,84 |
| | | Vallecito | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | LWV | 1360,88 |
| Planicie | Deposicional | Plano de marea | Cordón litoral | Depósitos de detritos marinos y aluviales, arenas | REO | 44,55 |
| | | | Laguna costera | Depósitos de limos y arcillas | REG | 783,07 |
| | | | Marisma | Detritos de arenas finas, lodos, arcillas | REM | 308,92 |
| | | Terraza fluviomarina nivel 1 | Bajo | Depósitos de arenas medias, finas, limos y arcillas | RAB | 41,93 |
| | | | Plano de terraza | Detritos de arenas y limos | RAX | 318,55 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Símbolo | Área (Has) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Terraza marina nivel 1 | Plano de terraza | Detritos de arenas gruesas y medias | RZX | 32,25 |
| | | Vallecito | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | RWV | 18,27 |
| | | Plano de inundación | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | RPV | 82,76 |
| Antrópico | Antrópico | Antrópico | Canal | | AAC | 30,90 |
| Cuerpo de agua | Cuerpo de agua | Cuerpo de agua | Cuerpo de agua | | CA | 407,88 |
| | | | | | **Total, general** | **31447,76** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

## *3.2. Geomorfología para la Gestión del riesgo*

La geomorfología es la ciencia que se encarga de la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de la formas antiguas y actuales del terreno y su relación con las estructuras infrayacentes, que modelan el paisaje. Esta ciencia está enfocada en el análisis de la superficie de la tierra, donde interactúan la litosfera, la hidrosfera, la atmosfera y la biosfera. De la misma manera, las geoformas, son la expresión superficial del terreno, de la interacción dependiente de los materiales que las constituyen y su disposición estructural, de los procesos geomorfológicos que interactúan según el ambiente morfogenético especifico donde se desarrollan y, el tiempo de duración de la acción del proceso mencionado (Carvajal Perico, 2012).

**GERFORMA**= Materiales (Litología + Estructura) + Procesos + Tiempo.

La evolución geomorfológica de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León es el resultado de la interacción de los agentes endógenos y exógenos que se presenta en el área de estudio y está determinada por los diferentes eventos geológicos tanto de magnitud local, como regional a los cuales se ha encontrado sometida la cuenca a través del tiempo, por su ubicación especial de una baja actividad estructural y tectónica, debido a que esta pertenece a la prolongación de los Montes de María.

El levantamiento geomorfológico de la cuenca se encamino a la caracterización de las geoformas, que son afectadas por los procesos morfodinámicos y agentes exógenos y endógenos, los cuales son los encargados de modelar los diferentes procesos geomorfológicos que se observan en ella. Esta caracterización se realizó bajo la metodología que desarrolla el Servicio Geológico Colombiano, debido a que esta se sustenta en la evaluación de las amenazas naturales de un territorio (SGC- Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia – 2012).

En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León fueron diferenciado unidades geomorfológicas de 5 ambientes: ambiente fluvial, ambiente estructural, ambiente denudacional, ambiente marino y ambiente antrópico, según Carvajal 2012. Las unidades que se asignaron para cada uno de los ambientes fueron caracterizadas por su morfogénesis, morfografía, morfometría, morfodinámica, morfocronología, entre otras propiedades, cartografiadas a una escala 1: 25.000.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 3.2.1. Metodología

La identificación y clasificación de las geoformas presentes en el municipio se realizó a partir de la metodología para la propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia (Carvajal, 2012), donde se implementa la metodología del sistema ITC de Holanda (1968); así mismo se empleó la Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicado a la zonificación de amenaza por movimientos en masa (SGC, 2012) encaminada a la evaluación de las amenazas naturales.

Partiendo del análisis geomorfológico se pueden definir las expresiones del relieve y la dinámica superficial en función de los siguientes conceptos:

- **Morfología**: describe la forma del relieve.
- **Morfografía**: enfocado en los aspectos cualitativos de las geoformas.
- **Morfometría**: enfocado en los aspectos cuantitativos de las geoformas, como medidas, dimensiones y valores.
- **Morfogénesis**: estudia el origen y la evolución de las formas del terreno.
- **Morfoestructura**: se enfoca en la disposición, composición y dinámica interna de la tierra.
- **Morfodinámica**: describe los procesos activos en el presente o aquellos que se puede activar en el futuro.

La caracterización de las geoformas en la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se clasificó siguiendo el orden jerárquico según la metodología del SGC (Carvajal, 2012) encaminada a la evaluación de las amenazas naturales., para esto fue indispensable la utilización de información secundaria obtenida, así como la utilización de imágenes satelitales y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para obtener el Modelo Digital de Elevaciones (DEM) de la cuenca y poder calcular factores condicionantes como lo son las pendientes, curvaturas y orientaciones del terreno, modelo de sombras, entre otros; con el objetivo de determinar por interpretación, los tipos de materiales involucrados, los procesos morfodinámicos presentes, y las geoformas predominantes del terreno, para posteriormente con los datos levantados en el trabajo de campo realizar un reinterpretación y correlación de las geoformas.

A continuación, se determinan los insumos utilizados para la caracterización geomorfológica de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Software Utilizado**

ArcMap 10.8.1
ArcCatalog 10.8.1
ArcToolbox 10.8.1
ArcScene 10.8.1
ArcGIS Earth
Google Earth Pro

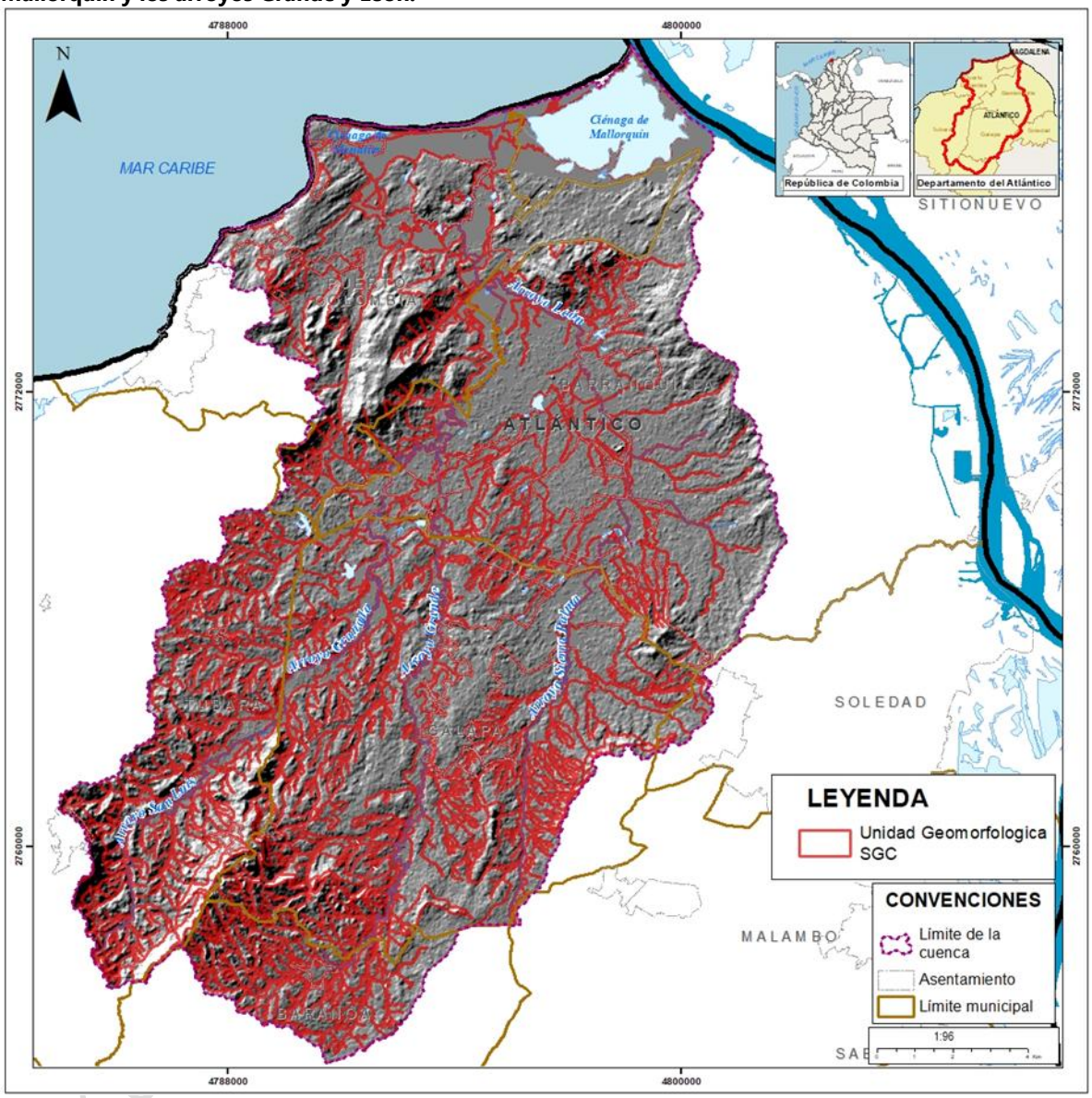
**Herramientas Utilizadas**

Plancha Geológica 17 – Barranquilla (escala 1:100.000) (SGC).
Mapa de coberturas de la tierra, escala 1:25.000.
Cartografía Base (IGAC), escala 1:25.000.
Imágenes satelitales: Ortomosaico IGAC, Bing Maps y Google Maps.
Modelo Digital de Elevaciones (DEM).
Modelo ArcGIS: Slope, Curvature; Hillshade, Flow accumulation and Flow directions.

Mediante las herramientas de los SIG se realizó interpretación del modelo de sombras, generado a partir del modelo digital de elevación (DEM) con una resolución de 12.5 m por píxel, para obtener la visualización en 3D de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León (Ver Figura 3.1), el cual fue analizado e interpretado generando la cartografía a nivel de subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos.

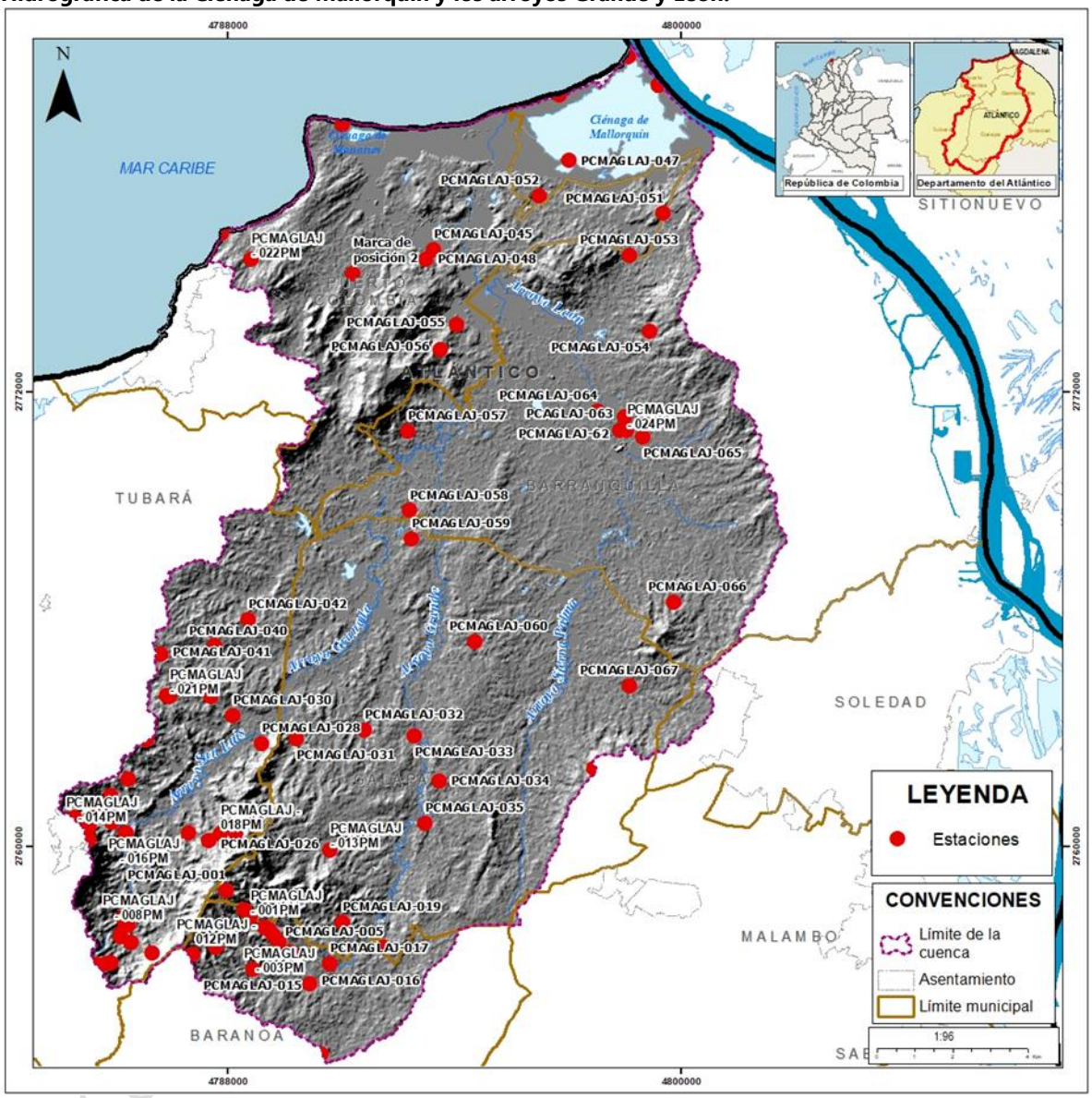
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 3.1. Análisis e interpretación del modelo de sombras para la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**




El resultado del análisis e interpretación del proceso de fotointerpretación que se realizó para la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, que dio como resultado el mapa geomorfológico preliminar a escala 1:25.000, se ajustó realizando análisis y reinterpretación de los datos levantado en la fase de campo (ver Figura 3.2), las unidades geológicas (ver Capitulo 2 de Geología ) y forma del relieve que dieron el detalle a cada subunidad reconocida y así generar el Mapa de Geomorfología con criterios morfogenéticos (Ver **Anexo 1**).

**Figura 3.2. Localización de los puntos de estaciones levantado en la fase de campo para la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**




La morfodinámica de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se realizó con los datos de las estaciones de campo y con análisis multitemporal de imágenes satelitales en el software Google Earth Pro, lo que permitió tener como insumo información relevante para la determinación de la ocurrencia de procesos morfodinámicos con una periodicidad de 10 años. Se trabajó con esta temporalidad por la poca disponibilidad de recurso en imágenes satelitales, además que las imágenes Landsat

disponibles para la Cuenca no dieron una resolución suficiente para cartografiar polígonos que representen zonas de inestabilidad.

### 3.2.2. Geomorfología de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León

El análisis geomorfológico se basa en la integración de las formas del terreno, para esto es de sumas importancia desarrollar una caracterización geomorfológica, basando en herramientas como lo es la jerarquización de las unidades geomorfológicas.

La Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, se encuentra ubicada morfológicamente en la geomorfoestructura correspondiente al sistema Orogénico Costero. A través de su historia evolutiva geológica el sistema montañoso Orogénico Costero debe su conformación a procesos acumulativos y levantamiento orogénicos con fuerte metamorfismo e intrusiones ígneas, que han determinado su historia desde el Paleozoico hasta el relieve actual.

El Orogénico Costero está compuesto a su vez por las provincias geomorfológicas como los Montes de María (Carvajal, 2012 y Mendivelso, 2009). La geomorfología de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, se realizó siguiendo el esquema de jerarquización geomorfológica (ver Figura 3.3), con el fin de determinar y cartografiar las subunidades geomorfológicas de acuerdo a su morfogénesis a la escala de detalle 1:25.000 requerida para la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 3.3. Esquema de jerarquización geomorfológica para la Cuenca Hidrográfica Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**

Fuente: Carvajal 2012, Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia.

### 3.2.2.1. *Geomorfoestructura*

Se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y, posiblemente metamorfismos o intrusión ígnea (megageoformas de origen tectónico). Son consideradas geomorfoestructura los escudos, los bloques continentales, grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y rift valleys, plataformas y cinturones orogénicos. Estas geomorfoestructura corresponde a escalas de trabajo de 1:2.500.000 (Carvajal Perico, 2012).

La Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se encuentra ubicada morfológicamente en las geomorfoestructura correspondientes a Orogénico Costero, descrito por Mendivelso (2009) y dentro de estos sistemas hacen parte las geomorfoestructuras de cordillera.

### 3.2.2.2. *Provincia geomorfológica*

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos colombiano, los cuales están delimitados por trazos de mega fracturas y suturas definidas o inferidas. Estas provincias se diferencian y delimitan las formas del relieve como base sus características geológicas, morfológicas y geográficas. Estos están definidos en términos como cinturones montañosos, llanuras, peniplanicies, cordilleras y serranías y se encuentran establecidos entre 1:1.000.000 – 1: 500.000 000 (Carvajal Perico,

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

2012). El área de estudio se encuentra localizado en la provincia geomorfológica de los Montes de María.

### 3.2.2.3. *Regiones*

Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente, definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomorfológicos parecidos. La escala de trabajo está definida 1:250.000. El ambiente morfogenético alude a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas en las cuales se generan las geoformas (Carvajal Perico, 2012). Estas representan un ambiente morfogenético particular con condiciones climáticas homogéneas: Eólico, fluvial y lagunar, volcánico, glaciar y periglaciar, denudativo, marino y costero, kárstico, estructural y antropogénico.

**Tabla 3.3. Ambientes morfogenéticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa.**

| ORIGÉN MORFOGENÉTICO | EJEMPLOS DE GEOFORMAS CON ORIGÉN ESPECIFICO |
|---|---|
| Ambiente denudacional | Geoformas cuya expresión morfológica esá definida por la acción combinada de proceso moderados a intesos de meteorización, erosión y trasnporte de origen gravitacional y pluvia. |
| Ambiente fluvial y lagunar | Geoformas que se origan por proceso de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de los materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes. |
| Ambiente marino - costero | Geoformas construidad como resultado de la interacción de los procesos marinos de oleaje y la acción de las mareas sobre los elementos continentales |
| Ambiente eólico | Geoformas que se origan por la acción del viento e involucra procesos de trasnporte, fragmentación y depósito de partículas de diversos tamaño |
| Ambiente estructural | Geoformas que se originas por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociado principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas. |
| Ambiente volcánico | Geoformas que se originan por procesos relacionado con la actividad volcánica producto de la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente a erupciones explosivas y/o efusivas. |
| Ambiente glacial y periglacial | Geoformas que se originas por procesos relacionado a la erosión intensa ocasionada por el movimiento de las masas de hielo |
| Ambiente Cárstico | Geoformas originadas por meteorización química de las rocas compuestas por minerales solubles en agua |
| Ambiente antropogénico | Geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno |

Tomado y modificado de: SGC, 2015. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa.

En la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se encuentra caracterizada por 5 regiones que representan los ambientes morfogenéticos, los cuales son:

DOCUMENTO NO VINCULANTE - FASE DE PUBLICIDAD

Ambiente denudacional, ambiente estructural, ambiente fluvial, ambiente marino y ambiente antrópico.

#### 3.2.2.4. *Unidad geomorfológica*

El termino unidad geomorfológica se define como una agrupación individual genéticamente homogéneamente, generada por un proceso geomórfico construccional o destruccional (acumulación o erosión), típico de un ambiente morfogenético dado. Está determinada con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala de trabajo propuesta 1:50.000 a 1: 100.000 (Carvajal Perico, 2012).

#### 3.2.2.5. *Subunidad geomorfológica*

Corresponde a una subdivisión de las unidades geomorfológicas. Está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de éstos con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente, está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos o determinados. La escala de trabajo oscila entre 1:10.000 y 1:25.000 (Carvajal Perico, 2012).

#### 3.2.2.6. *Componente o elemento geomorfológico*

Esta subdivisión corresponde al máximo detalle en la jerarquización. Esta categoría está establecida por los rasgos de relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle), definidos en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno en una subunidad geomorfológica. La escala corresponde a escalas mayores de 1:10.000.

Para la escala (1:25.000) de análisis del componente geomorfológico en el POMCA de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León y la jerarquización propuesta por Carvajal (2012), este análisis se enmarca en la definición de **Subunidad geomorfológica**, como unidad básica de la cartografía geomorfológica. Siguiendo los lineamientos de la metodología ITC, las formas del terreno deben ser especificada y clasificadas desde un punto de vista morfogenético.

La morfogénesis hace referencia el ambiente de formación, y agrupa las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron las geoformas. Se determina con base en la expresión e interpretación de los procesos geomorfológicos registrados en el terreno, que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las geoformas (SGC, 2016).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Para la caracterización de la morfología y morfometría de las subunidades geomorfológicas, se utilizaron los atributos propuestos por INGEOMINAS (2012) que se presenta a continuación:

**Índice de relieve relativo**

Hace referencia a la diferencia de altitud de la geoforma entre la parte más alta y más baja de ésta, independiente de la altura absoluta o el nivel del mar. Es un atributo que indica la energía potencial de un sistema de drenaje y los materiales constitutivos de la geoforma (SGC, 2016).

**Tabla 3.4. Índice de relieve relativo.**

| Rangos de intervalos de altura | Descripción |
|---|---|
| < 50m | Muy bajo |
| 50 – 250m | Bajo |
| 250 – 500m | Moderado |
| 500 – 1000m | Alto |
| 1000 – 2500m | Muy alto |

Fuente: SGC, 2016.

**Inclinación de la ladera**

Es el ángulo que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal. La inclinación de la ladera está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y con la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de movimientos en masa (SGC, 2016).

**Tabla 3.5. Inclinación de la ladera.**

| Inclinación (grados) | Descripción |
|---|---|
| < 5 | Plana a suavemente inclinada. |
| 6 – 10 | Inclinada. |
| 11 – 15 | Muy Inclinada. |
| 16 – 20 | Abrupta. |
| 21 – 30 | Muy abrupta. |
| 31 - 45 | Escarpada. |
| > 45 | Muy Escarpada |

Fuente: SGC, 2016.

DOCUMENTO DEFINITIVO PUBLICIDAD

**Longitud de la ladera**

Es un indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de los procesos morfodinámicos (SGC, 2016).

**Tabla 3.6. Longitud de la ladera.**

| Longitud (metros) | Descripción |
|---|---|
| < 50m | Muy corta. |
| 50 – 250 m | Corta. |
| 250 – 500 m | Moderadamente larga. |
| 500 – 1000 m | Larga. |
| 1000 – 2500 m | Muy larga. |
| > 2500 m | Extremadamente larga. |

Fuente: SGC, 2016.

**Forma de la ladera**

Refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia o control de estructuras geológicas. También condiciona los tipos de movimientos en masa que pueden desarrollarse en una ladera. Es común relacionar movimientos rotacionales a pendientes cóncavas y convexas y movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente o movimientos complejos a pendientes irregulares (SGC, 2016).

**Tabla 3.7. Forma de la ladera.**

| Clase | Fenómenos de remoción en masa asociados |
|---|---|
| Recta | Movimiento Traslacional. |
| Cóncava | Deslizamiento Rotacional. |
| Convexa | Predomina Meteorización y Erosión. Pequeños Deslizamientos Rotacionales. |
| Irregular o escalonada | Caída de Bloques. Erosión Diferencial. |
| Compleja | Deslizamientos Complejos |

Fuente: SGC, 2016.

**Patrón de drenaje**

Es la distribución de todos los canales de drenajes superficiales en un área que esté ocupada o no por aguas permanentes. El patrón de drenaje está controlado por la inclinación del terreno, tipo y estructura geológica de la roca subyacente, densidad de vegetación y las condiciones climáticas. Puede ser clasificado como dendrítico, subdendrítico, paralelo, subparalelo, pinada, rectangular, radial, anular, centrífugo.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE FACTIBILIDAD

### 3.2.3. Morfogénesis de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León

A partir del análisis realizado en las etapas preliminares, el procesamiento de procesos de interpretación de los sensores remotos e imágenes disponibles y los reconocimientos de campo, a continuación, se hace una caracterización desde punto de vista morfogenético en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, donde se reconocieron ambientes morfogenéticos como fluvial generado por las influencia de los principales ríos y sus afluentes dentro del área de la cuenca, denudacional originado por la acción combinada de proceso moderados a intensos de meteorización y erosión sobre materiales menos competentes, estructural obedece a la geología estructural de la zona, marino construidos por el resultado de la interacción de los procesos marinos dentro de la cuenca y antropogénico desarrolladas por intervención del hombre sobre del terreno.

En la Figura 3.4 y la Tabla 3.8 se representa la clasificación morfogenética de las geoformas del terreno para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, de acuerdo al sistema de jerarquización propuesto por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2012).

**Tabla 3.8. Subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**

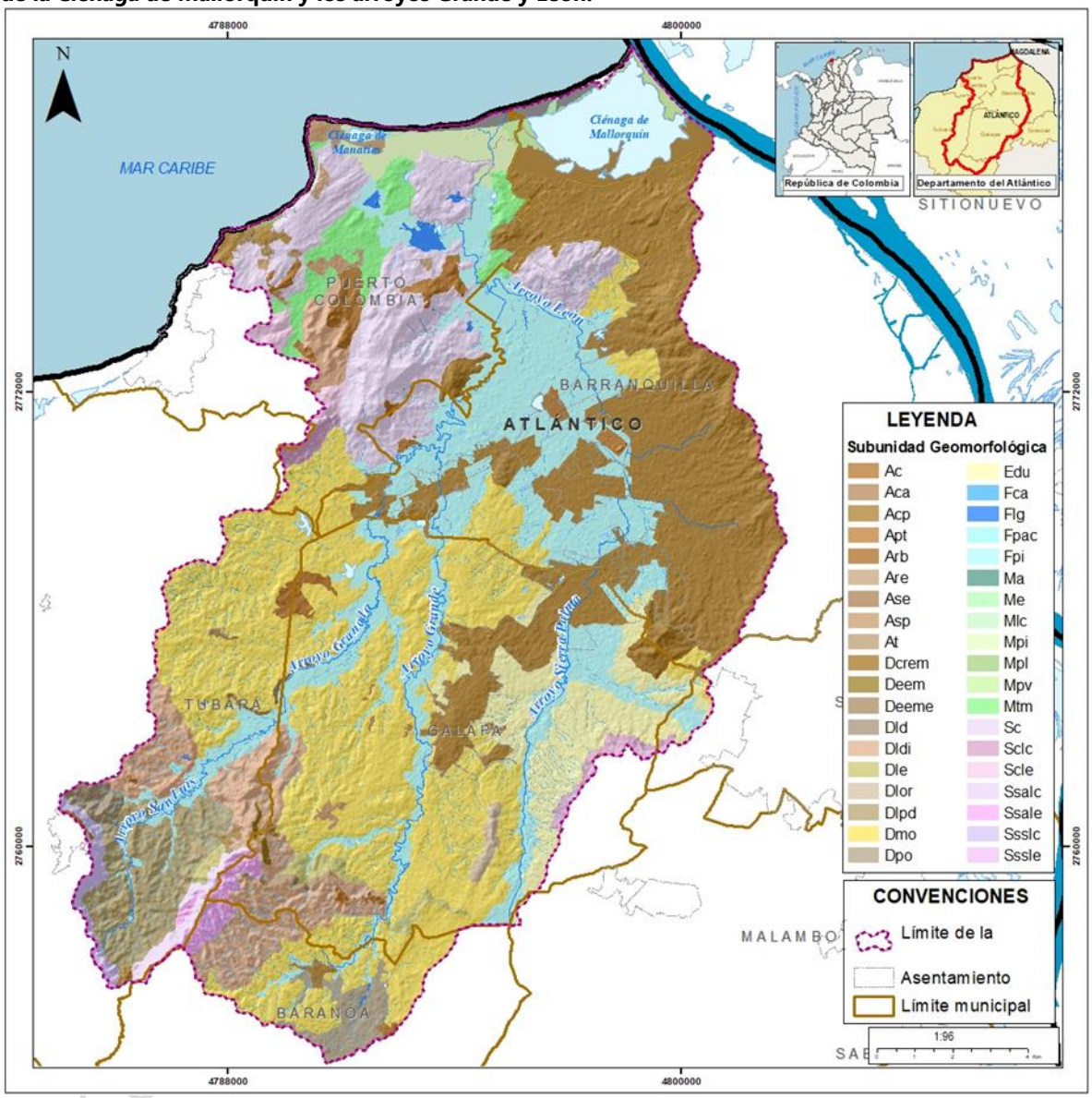
| GEOMORFO | PROVINCIA | REGION | SUBUNIDAD GEOMORFOLOGICA | SIMBOLO |
|---|---|---|---|---|
| Orogénico costero | Monte de María | Ambiente Antrópico | Canal artificial | **Aca** |
| | | | Canteras | **Ac** |
| | | | Centros Poblados | **Acp** |
| | | | Excavaciones | **Ase** |
| | | | Planta de tratamiento de aguas residuales | **Apt** |
| | | | Rellenos de basura o rellenos sanitario | **Arb** |
| | | | Relleno de escombros y/o escombreras | **Are** |
| | | | Superficie de explanación | **Asp** |
| | | | Tajamares | **At** |
| | | Ambiente Denudacional | Cerro remanente o relicto | **Dcrem** |
| | | | Escarpe de erosión mayor | **Deem** |
| | | | Escarpe de erosión menor | **Deeme** |
| | | | Ladera erosiva | **Dle** |
| | | | Loma denudada | **Dld** |
| | | | Loma residual | **Dlor** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| GEOMORFO | PROVINCIA | REGION | SUBUNIDAD GEOMORFOLOGICA | SIMBOLO |
|---|---|---|---|---|
| | | | Lomeríos disectados | **Dldi** |
| | | | Lomeríos poco disectados | **Dlpd** |
| | | | Montículo y ondulaciones denudacionales | **Dmo** |
| | | | Planicie ondulada | **Dpo** |
| | | Ambiente Eólico | Dunas | **Edu** |
| | | Ambiente Estructural | Cuesta | **Sc** |
| | | | Ladera de contrapendiente de cuesta | **Sclc** |
| | | | Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal | **Ssalc** |
| | | | Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal | **Ssslc** |
| | | | Ladera estructural de cuesta | **Scle** |
| | | | Ladera estructural de sierra anticlinal | **Ssale** |
| | | Ambiente Fluvial | Cauce aluvial | **Fca** |
| | | | Laguna | **Flg** |
| | | | Planicie aluvial confinada | **Fpac** |
| | | | Plano o llanura de inundación | **Fpi** |
| | | Ambiente Marino | Acantilado | **Ma** |
| | | | Espiga | **Me** |
| | | | Laguna costera | **Mlc** |
| | | | Playas | **Mpl** |
| | | | Plano de inundación | **Mpi** |
| | | | Planos y llanuras con vegetación halófila | **Mpv** |
| | | | Terrazas marinas | **Mtm** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE V PUB

**Figura 3.4. Mapa de subunidades geomorfológicas con criterios morfogenéticos de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**




A continuación, y siguiendo la propuesta de jerarquización propuesta por el Servicio Geológico Colombiano, se presenta las subunidades geomorfológicas de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

### 3.2.3.1. *Ambiente antropogénico*

Corresponden a las geoformas originadas como el resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, estas geoformas están representadas por los canales artificiales, canteras, centros poblados, excavaciones, plantas de tratamientos de aguas residuales, rellenos de basura, superficie de explanación y tajamares.

#### 3.2.3.1.1. *Canal artificial (Aca)*

Son canales construidos para dragado, rectificación de cauces para facilitar la navegación, para la canalización de ríos o quebradas en zonas urbanas y localmente para el abastecimiento de agua (SGC, 2015). En la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León los canales artificiales se ubican en la zona de urbana de Barranquilla y son representados por la canalización de arroyos en el sector.

**Figura 3.5. Geoforma de canal artificial del arroyo El Salao – Barrio Pradera (Barranquilla).**

DE PUBLICIDAD

### 3.2.3.1.2. *Cantera (Ac)*

Las canteras se representan en excavaciones escarpada con altura del orden decimétricos, de formas irregulares o en terraceos hechos en laderas para la extracción de materiales de construcción como piedra, arena y grava. Se incluyen en esta definición las excavaciones realizadas para la extracción de arcillas comúnmente llamadas chircales (SGC, 2015). En la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León las canteras se aprecian en los municipios de Tubará, Galapa y Puerto Colombia, dedicadas a la extracción de materiales de construcción.

**Figura 3.6. Geoforma de cantera (Ac) en el municipio de Tubará.**

### 3.2.3.1.3. *Centro poblados (Acp)*

Los centros poblados, son las zonas donde se encuentran los asentamientos urbanos dentro de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León. Entre las principales unidades se encuentran el casco urbano de Barranquilla, Tubará, Galapa, Guaimaral, Cuatro Boca, Salgar, Puerto Colombia y Pital de Megua.

**Figura 3.7. Geoforma de centro poblado (Acp) en la ciudad de Barranquilla.**

### 3.2.3.1.4. *Excavaciones (Ase)*

Las excavaciones son depresiones de gran extensión y de variada profundidad, según sea su uso, su forma varía de subredondeada a irregular, hechos de manera manual o con maquinaria pesada, son productos de la explotación de arenas y gravas de origen fluvial y fluvio-glaciar. Estas excavaciones mantienen su nivel por el aporte de aguas lluvia en épocas de alta pluviosidad o por recarga artificial, son utilizados como lagos artificiales para fines recreativos o económicos como la pesca y la agricultura (SGC, 2015). Dentro de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León las geoformas de excavaciones se representan en Jagüeyes construidos en fincas y el más representativo el lago Mata Vidi en el municipio de Tubará.

DOCUMENTO DE

**Figura 3.8. Geoforma de excavaciones (Ase) representado en el lago Mata Vidi municipio de Tubará.**

### 3.2.3.1.5. *Planta de tratamiento de aguas residuales (Apt)*

Las plantas de tratamiento de aguas residuales hacen referencia a piscinas y/o lagunas de oxidación de variada profundidad hechas de manera artificial para la acumulación y tratamiento de aguas servidas o industriales (SGC, 2015). La planta de tratamientos de aguas residuales en la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se localizan cerca a los centros poblados principales.

DOCUMENTO NO DE

**Figura 3.9. Geoforma de planta de tratamiento de aguas residuales (Apt) en la ciudad de Barranquilla.**

### 3.2.3.1.6. *Rellenos de basura o rellenos sanitarios (Arb)*

Los rellenos de basura o rellenos sanitarios son montículos alomados o aterrazados formados por la acumulación de desechos orgánicos o industriales sin diferenciar, los cuales son dispuestos de manera mecánica o manual (SGC, 2015). En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León el relleno de basura o relleno sanitario se localizan en la vía Juan mina – Tubara y corresponde al relleno sanitario Los Pocitos.

DOCUMENTO NO D

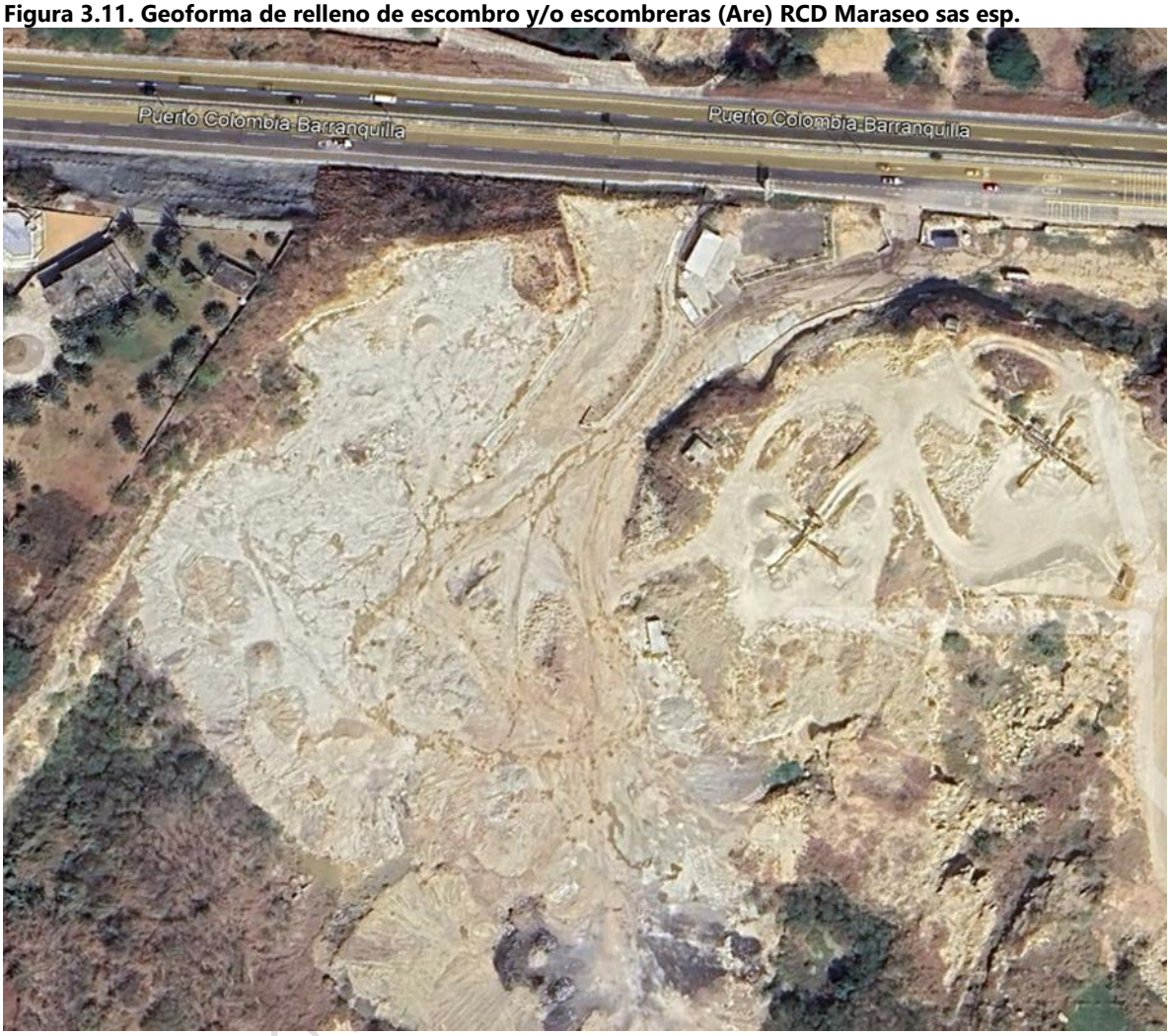
**Figura 3.10. Geoforma de relleno de basura o relleno sanitario (Arb) Los Pocitos.**

### 3.2.3.1.7. *Relleno de escombros y/o escombreras (Are)*

Los rellenos de escombros son áreas de acumulación todo tipo de residuo sólido, resultante de demoliciones, reparación de inmuebles, construcción de obras civiles y actividad minera; es decir, los sobrantes de cualquier acción que se ejerza en las estructuras urbanas. El cual el proceso de disposición puede ser técnico o no técnico (SGC, 2015). La geoforma de relleno de escombros en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se localizan en la vía Puerto Colombia – Barranquilla en el RCD Maraseo.

DOCUMENTO DE

**Figura 3.11. Geoforma de relleno de escombro y/o escombreras (Are) RCD Maraseo sas esp.**

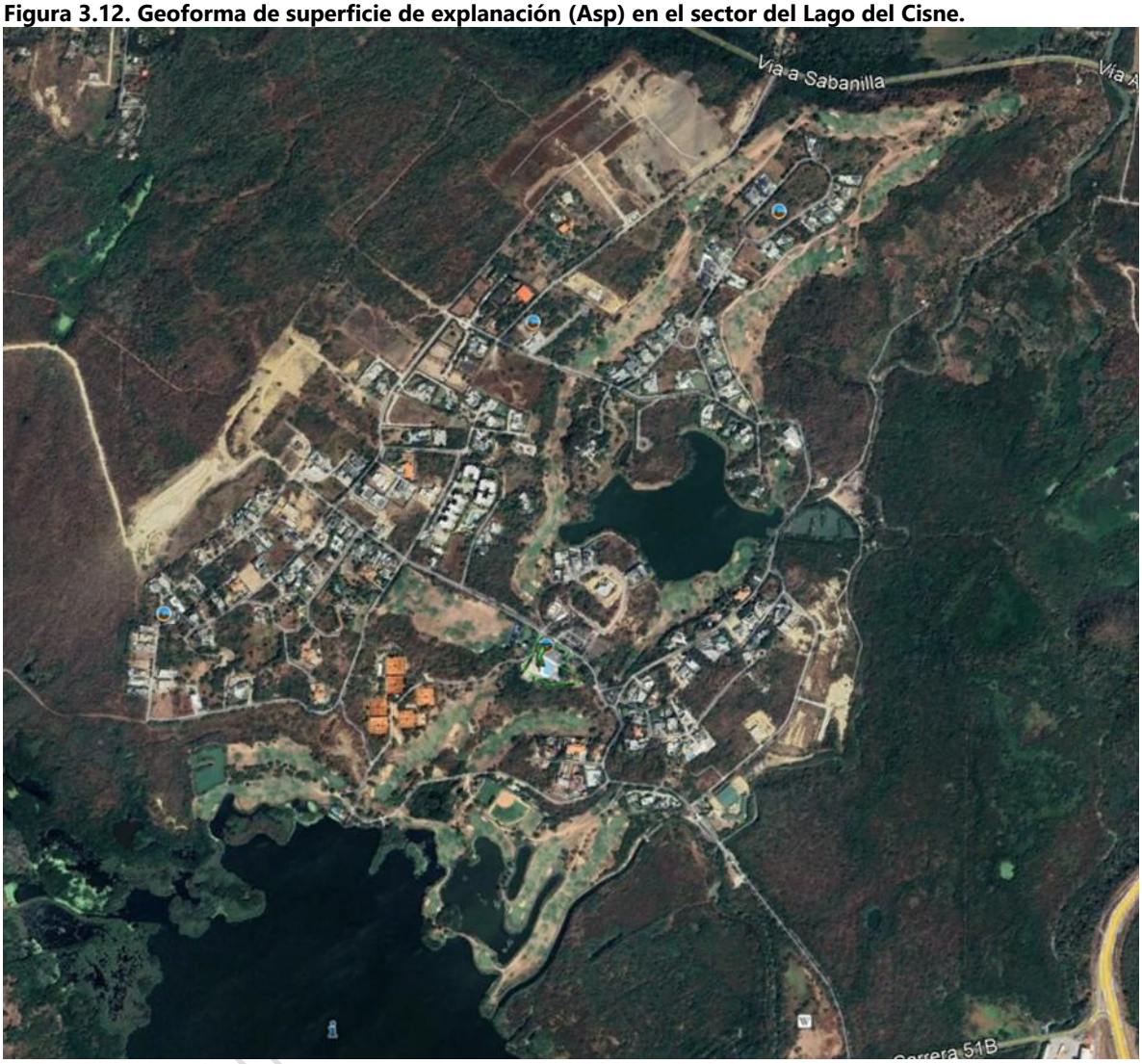



### 3.2.3.1.8. *Superficie de explanación (Asp)*

Las superficies de explanación se refieren a Planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/o materiales incosolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno (SGC, 2015). Las superficies de explanación dentro de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se ubican en el sector de Salgar, Sabanilla, Puerto Colombia y la zona del lago del cisne.

DOCUMENTO

**Figura 3.12. Geoforma de superficie de explanación (Asp) en el sector del Lago del Cisne.**




### 3.2.3.1.9. *Tajamares (At)*

Los tajamares son pequeños dique artificial de bloques de roca apiladas, de longitudes superiores a los 30 m y dispuesta perpendicularmente a la dirección de las olas para evitar la erosión de las playas y favorecer su construcción en lo que respecta a la depositación de arenas (SGC, 2015). En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León el tajamar se observa nororiental de la cuenca, en el sector de Puerto Mocho.

DOCUMENTO

**Figura 3.13. Geoforma de tajamares (At) en el sector de Puerto Mocho.**

### 3.2.3.2. *Ambiente denudacional*

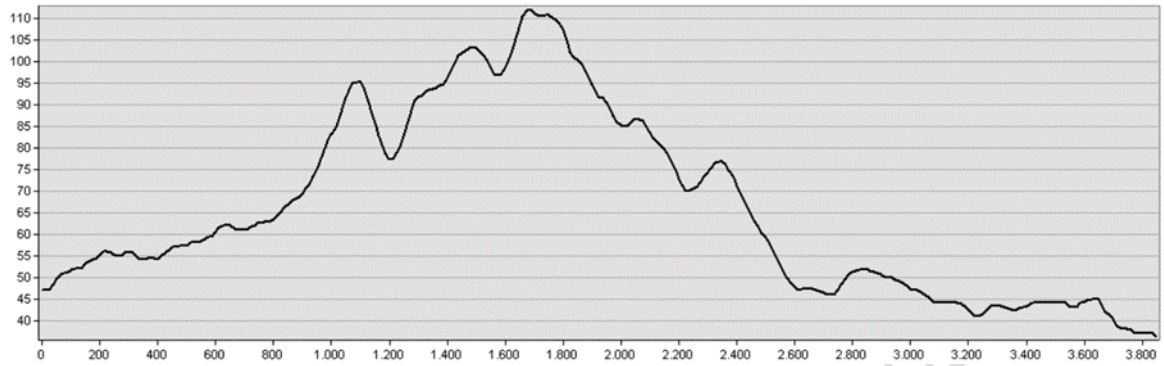
Las geoformas denudacionales son aquellas asociadas a la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las unidades preexistente y además crean nuevas geoformas por acumulación de sedimentos (SGC, 2015).

#### 3.2.3.2.1. *Cerro remanente o relicto (Dcrem)*

Los cerros remanentes o relictos son prominencias topográficas aisladas de morfología colinada, alomada o montañosa que sobresalen de la topografía circundante. La unidad presenta cimas agudas a redondeadas, laderas de longitud moderadamente corta a larga de forma convexa. Su origen se asocia a procesos de erosión y meteorización diferencial acentuada y antigua. Incluye los cerros semienterrados en sedimentos recientes (SGC, 2015). Los cerros remanente o relicto en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se localizan en la parte oriental y noroccidental de la cuenca, en los sectores del suroccidente de Barranquilla, Juan Mina y la vía circunvalar de la prosperidad.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 3.14. Perfil longitudinal de geoforma de cerro remanente o relicto (Dcrem) en el suroccidente de Barranquilla.**




### 3.2.3.2.2. *Escarpe de erosión mayor (Deem)*

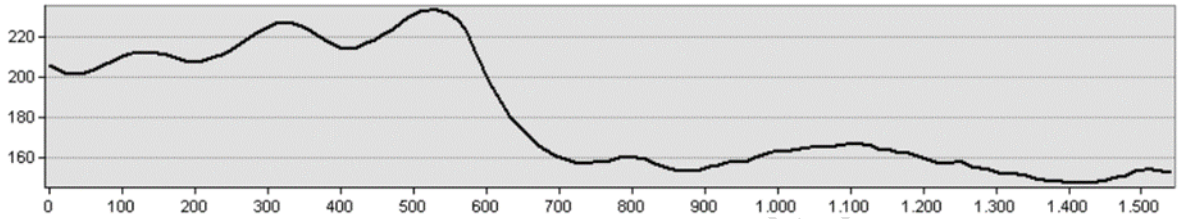
Geoforma de ladera abrupta o a desplome, de altura variable que puede formarse por distintas causas: tectónicas, por la abrasión (erosión fluvial y marina), por procesos gravitacionales y glaciales. Eventualmente de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada (SGC, 2015). El escarpe de erosión mayor en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se observa al noroeste del centro poblado de Guaimaral.

**Figura 3.15. Escarpe de erosión mayor (Deem) ubicado al noroeste del centro de poblado de Guaimaral.**

#### 3.2.3.2.3. *Escarpe de erosión menor (Deeme)*

Geoforma de ladera abrupta de longitud corta, cóncava, con pendientes escarpada, originado por la socavación lateral, procesos de erosión y movimientos en masa generados a lo largo de los drenajes que cortan las formaciones en la cuenca (SGC, 2015). Las mejores exposiciones de esta geoforma se localizan al sur de la cuenca sobre rocas de la formación Tubará cerca al centro poblado de Guaimaral, también al occidente de la cuenca en el sector de Cuatro Bocas sobre rocas de la formación Las Perdices.

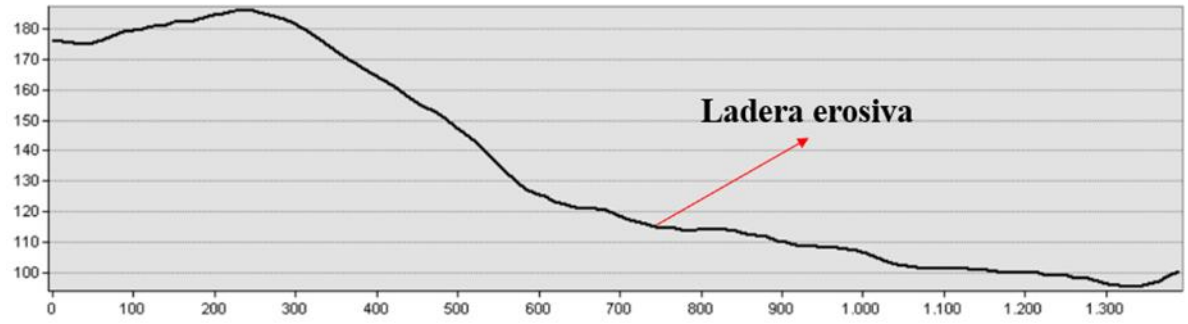
**Figura 3.16. Perfil longitudinal de geoforma de escarpe de erosión menor (Deeme).**




#### 3.2.3.2.4. *Ladera erosiva (Dle)*

Geoforma que corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y solifluxión, sobre materiales de suelo o roca (SGC, 2015). En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León la mejor exposición de las laderas erosivas se observa sobre rocas de la formación Tubará que afloran al sur de la cuenca.

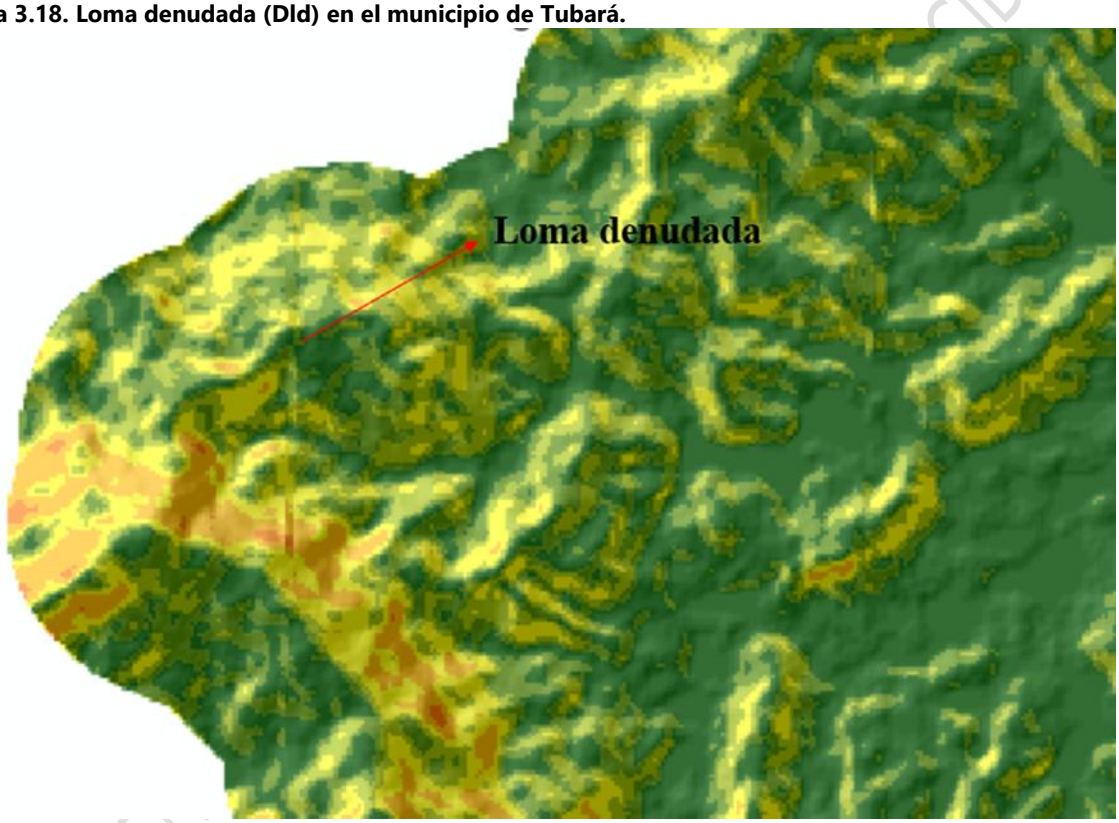
**Figura 3.17. Perfil longitudinal de geoforma de ladera erosiva (Dle).**



### 3.2.3.2.5. *Loma denudada (Dld)*

Prominencia topográfica con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, con una morfología alomada y elongada, laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas. Su origen es relacionado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial. Se caracteriza por presentar movimientos en masa y procesos erosivos intensos (SGC, 2015). Esta unidad la identificamos en el municipio de Tubará al suroccidente de la cuenca, sobre rocas sedimentaria de la formación Hibácharo.

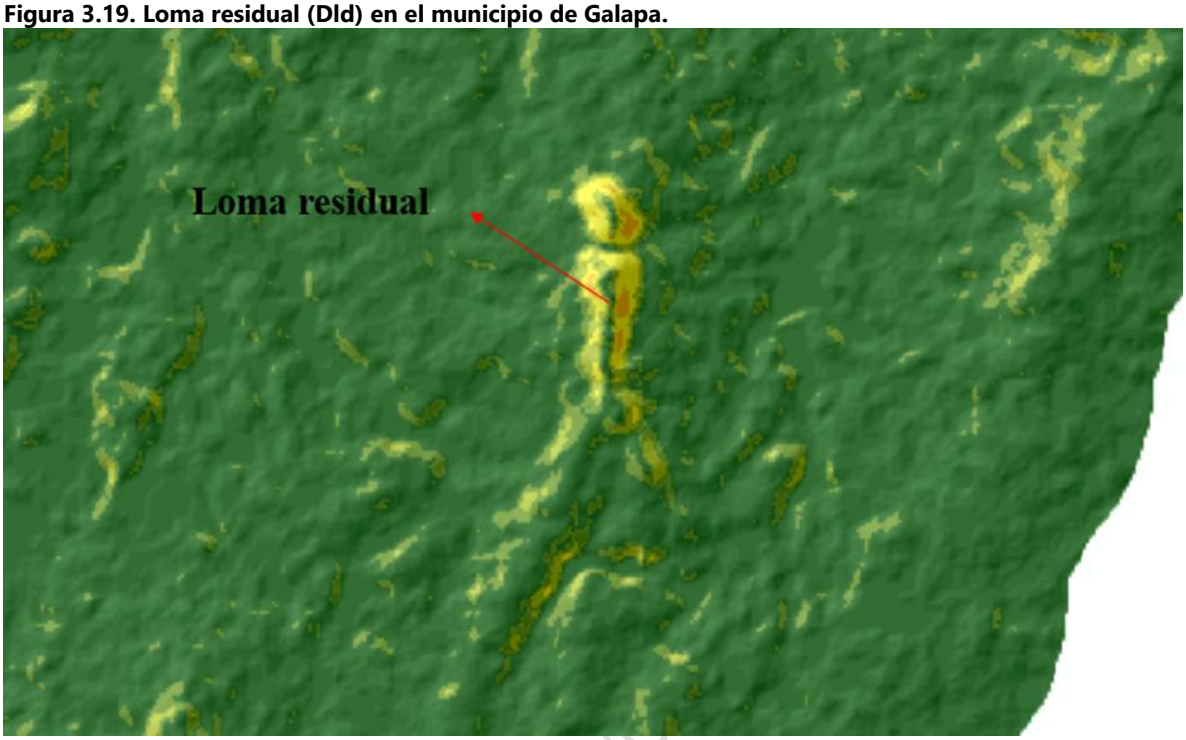
**Figura 3.18. Loma denudada (Dld) en el municipio de Tubará.**




### 3.2.3.2.6. *Loma residual (Dlor)*

Esta geoforma se caracteriza por ser una prominencia topográfica con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, con una morfología alomada y elongada de laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas, constituida por suelo residuales, cubiertos por niveles de material coluvial. Su origen es relacionado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial (SGC, 2015). Esta geoforma se identifica en el municipio de Galapa al suroriente de la cuenca sobre rocas de la formación Tubará.

**Figura 3.19. Loma residual (Dld) en el municipio de Galapa.**




### 3.2.3.2.7. *Lomeríos disectados (Dldi)*

Los lomeríos disectados son un conjunto de prominencia topográficas de morfología colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas, cóncavas, con pendientes inclinadas e índice de relieve bajo. Su origen se debe a procesos de denudación intensos, cuyas laderas se caracterizan por la moderada disección, generando valles en U con fondo redondeado (SGC, 2015). En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León estas geoformas se localizan al suroccidente de está, asociada con las rocas de la Formación Tubará y Hibácharo.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 3.20. Lomeríos disectados (Dldi) en el municipio de Baranoa.**

### 3.2.3.2.8. *Lomeríos poco disectados (Dldp)*

Se caracterizan por ser prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas planas amplias y eventualmente redondeadas, de laderas muy cortas a cortas, de forma rectas, y eventualmente cóncavas y convexas, con pendientes inclinadas a muy abruptas, e índice de relieve muy bajo a bajo. En estos lomeríos los procesos de incisión son muy leves y generalmente estas unidades se encuentran en áreas alejados de los frentes erosivos. Son frecuentes procesos erosivos y reptación y eventualmente movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional (SGC, 2015). Esta geoforma se identifica en el municipio de Tubará sobre rocas de la formación Hibácharo.

DOCUMENTO DE

**Figura 3.21. Lomeríos poco disectados (Dldp) en la vereda Mata Vida.**

### 3.2.3.2.9. *Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo)*

Los montículos son elevaciones del terreno con una altura menor de 50 metros sobre su nivel de base local, con una morfología colinada, cóncava o convexa, suavemente inclinada y con drenaje divergente. Su origen es relacionado a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables y en sedimentos no consolidados, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinados (SGC, 2015). En términos generales los montículos y ondulaciones denudacionales son una de las geoformas de mayor extensión en el área de la cuenca, observándose en la parte central de la cuenca donde aflora rocas de la formación Las Perdices y en el sector de Pital de Megua sobre rocas de la formación Tubará.

DOCUMENTO DE

**Figura 3.22. Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo) en el sector de la finca la Caña - Cuatro Bocas.**

### 3.2.3.2.10. *Planicie ondulada (Dpo)*

Son áreas extensas de posición baja, plana a suavemente inclinada, de morfología ondulada y homogénea, con pendiente generalmente menor a 5° y relieve relativo que no supera 10 m respecto al nivel base local, de topes planos a ligeramente redondeados y amplios. Está asociada a depósitos aluviales recientes o suelos residuales con bajo a moderado grado de incisión. Estas áreas pueden estar sujetas a inundaciones por desborde de los drenajes cercanos y/o encharcamiento (SGC, 2016). Estas geoformas se extienden al sur de la cuenca, localizada en zonas aledaña a la cabecera urbana de Pital de Megua.

DOCUMENTO

**Figura 3.23. Planicie ondulada (Dpo), zona aledaña a la cabecera urbana de Pital de Megua.**

### 3.2.3.3. *Ambiente eólico*

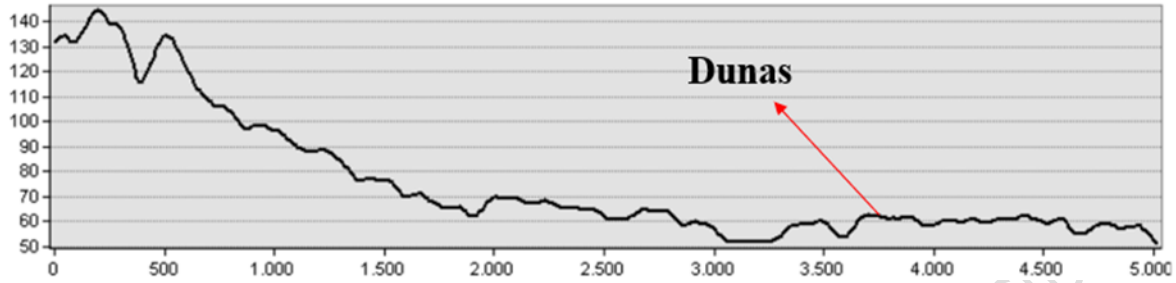
Incluye las geoformas que se originan por la acción del viento e involucra procesos de trasporte, fragmentación y depósito de partículas de diversos tamaños, actuando como un agente modelador del paisaje. Este ambiente es característico principalmente de zonas desérticas (SGC, 2015).

#### 3.2.3.3.1. *Dunas (Edu)*

Se caracterizan por ser un conjunto de montículos originados por material trasportado por el viento, conformado de manera general, por sedimentos de tamaño arena. Presenta forma de cresta más o menos paralela entre sí y alargada en el sentido de los litorales. Se agrupan en activas, cuando están desprovistas de vegetación y en estabilizadas o inactivas, cuando están cubiertas de vegetación o tienen un obstáculo que impide su desarrollo. Las dunas dentro de la cuenca se observan en el sector oriental en cercanías a la cabecera urbana de Galapa.

DOCUMENTO NO DE

**Figura 3.24. Dunas (Edu), zona aledaña a la cabecera urbana de Galapa.**




### 3.2.3.4. *Ambiente estructural*

Las geoformas estructurales se generan por proceso que se relacionan con la dinámica interna de la tierra, que se asocian principalmente al plegamiento y el fallamiento, cuya expresión morfológica se define por la tendencia estructural y la variación de las rocas que afloran en esta (SGC, 2015).

#### 3.2.3.4.1. *Cuesta (Sc)*

Representan sierras asimétrica elongada y amplia de morfología colinada a alomada definida por el basculamiento suave entre 10° a 25°de las capas o estratos de unidades resistentes y blandas. Su origen se debe a la incisión o fallamiento perpendicular al buzamiento de los estratos sedimentarios suavemente plegados o basculados (SGC, 2015). Su distribución se da de forma aleatoria a lo largo de la cuenca, destacándose la zona del municipio de Puerto Colombia y el sector del lago del Cisne.

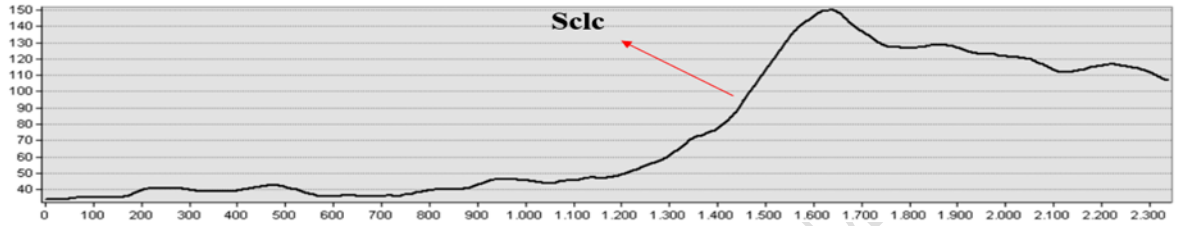
**Figura 3.25. Cuesta (Sc), zona aledaña al lago del Cisne.**

DEFINITIVO FASE DE PUBLICE

### 3.2.3.4.2. *Ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc)*

Geoforma de superficie vertical a subvertical muy corta a corta, de forma cóncava o convexa de pendiente escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno (SGC, 2015). Esta unidad se localiza de forma aleatoria en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León observándose en cercanías a la cabecera urbana de Galapa.

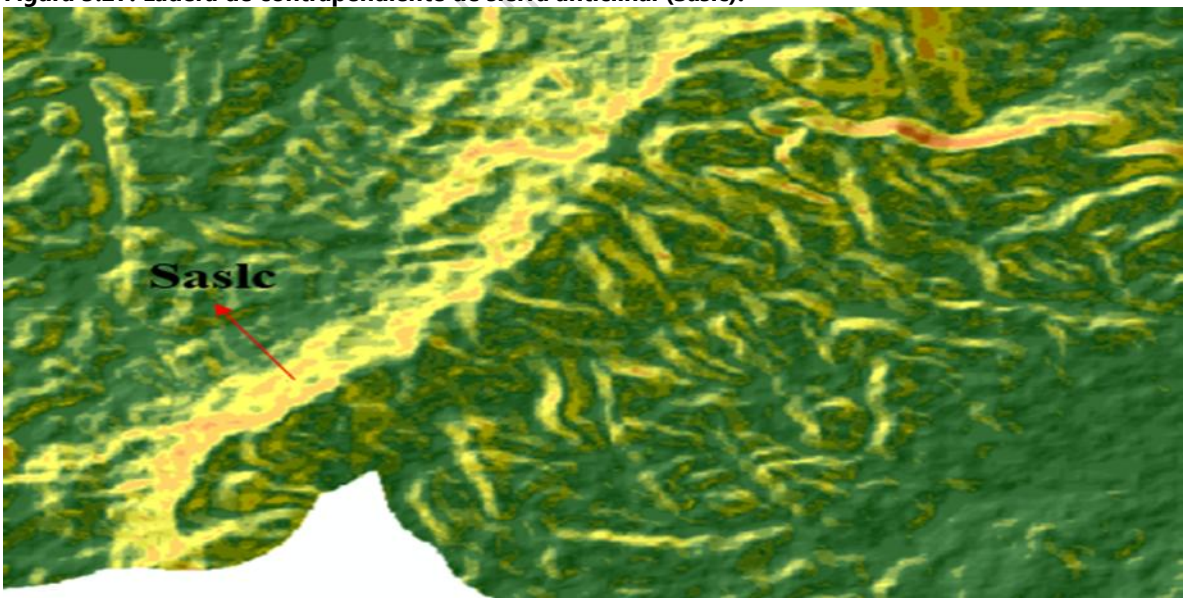
**Figura 3.26. Perfil longitudinal de ladera de contrapendiente de cuesta (Sclc).**




### 3.2.3.4.3. *Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc)*

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, desarrollada en la ladera estructural de una estructura anticlinal debido a la acción de procesos de erosión, meteorización o tectonismo que cortan y moldean la estructura original (SGC, 2015).

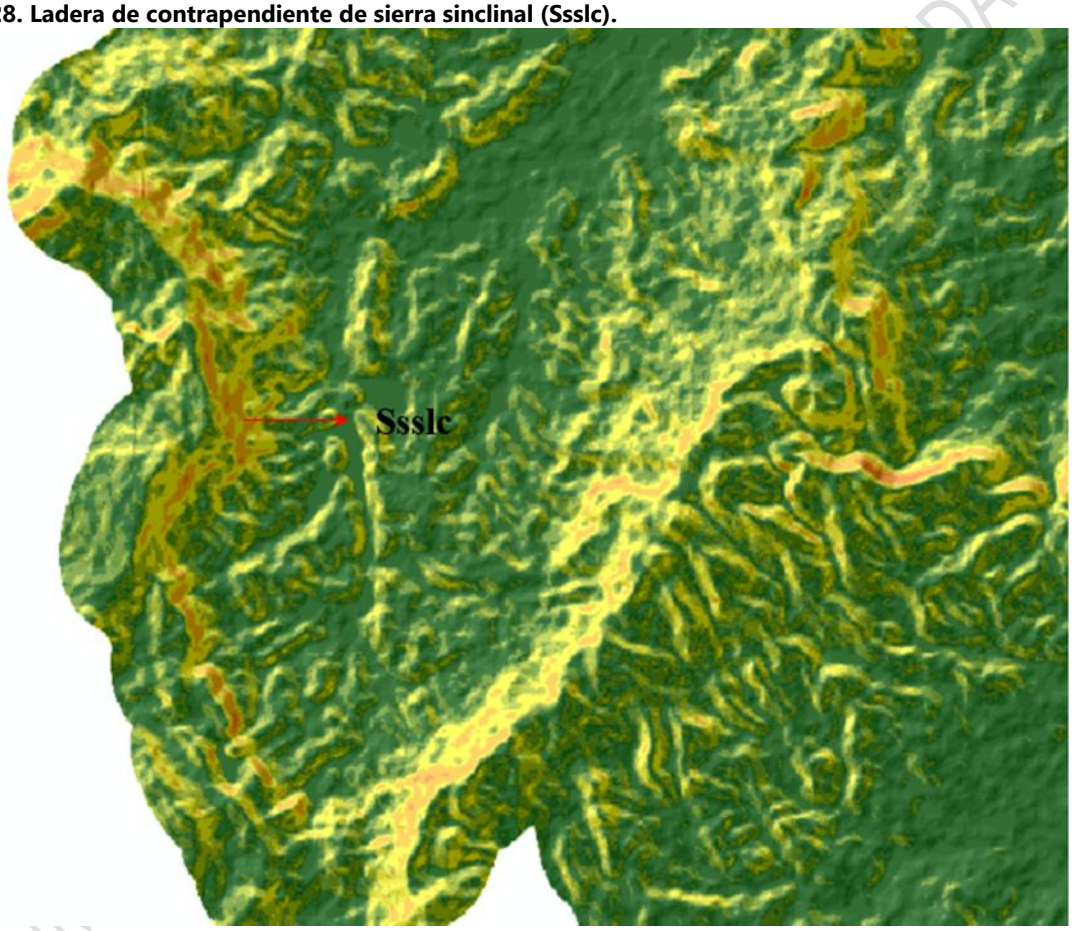
**Figura 3.27. Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Saslc).**



### 3.2.3.4.4. *Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)*

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una estructura sinclinal (SGC, 2015). Estas geoformas se observan al suroccidente de la cuenca en zonas cercana a la cabecera urbana del municipio de Tubará.

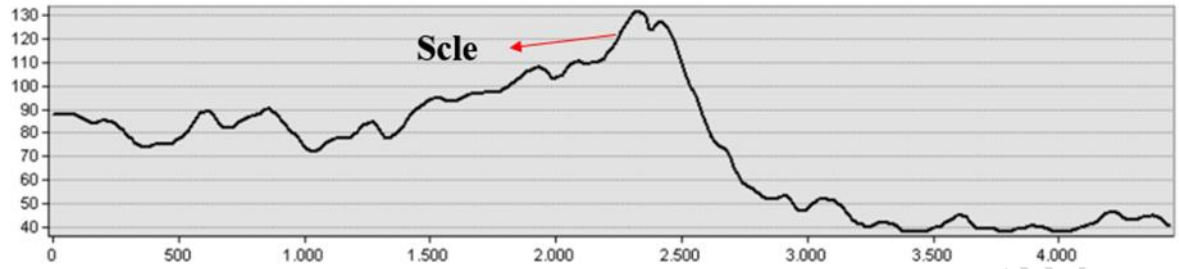
**Figura 3.28. Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc).**




### 3.2.3.4.5. *Ladera estructural de cuesta (Scle)*

Superficie con estratos dispuestos a favor de la pendiente del terreno (10°- 25°), de longitud larga a extremadamente larga, de forma recta a irregular, con pendientes inclinadas a muy inclinadas, relacionada a una estructura de cuesta relacionas con la formación La Popa y Tubará, las cuales se encuentran dispuesta en favor de la pendiente, distribuyéndose en el sector occidental y oriental de la cuenca.

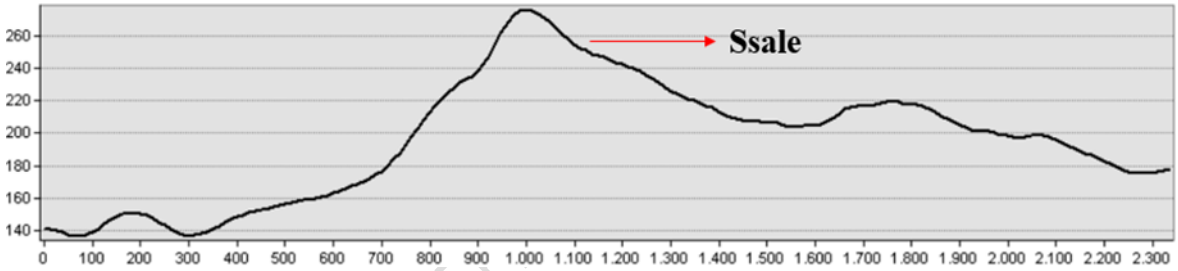
**Figura 3.29. Perfil longitudinal de ladera estructural de cuesta (Scle).**




### 3.2.3.4.6. *Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale)*

Superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, de longitud corta, formas convexas a recta y pendiente inclinada a muy abrupta, relacionada al flanco de una estructura anticlinal. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno (SGC, 2015).

**Figura 3.30. Perfil longitudinal de ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale).**




### 3.2.3.5. *Ambiente fluvial*

Las geoformas de origen fluvial se distribuyen en toda la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, originadas por la erosión y acumulación de sedimentos, por acción de las corrientes hídricas, los cuales han modelado cauce aluvial (Fca), laguna (Fla), planicies de inundación (Fpi) y planicies aluviales confinados (Fpac).

### 3.2.3.5.1. *Cauce aluvial (Fca)*

Son canales irregulares excavados por erosión de las corriente perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dentro de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León estas geoformas se relacionan a los canales aluviales de los arroyas Grande y León, además de los tributarios que conforman la cuenca.

DOCUMENTO DE USO PÚBLICO

**Figura 3.31. Geoforma de cauce aluvial (Fca), arroyo León en zona urbana de Barranquilla.**

### 3.2.3.5.2. *Laguna (Fla)*

Son depósitos naturales de agua de dimensiones inferiores, en relación a los lagos tanto en área como en profundidad. Dicha profundidad varía de acuerdo a las condiciones ambientales donde se localice y a su grado de colmatación (acumulación de sedimentos). Las lagunas de origen fluvial, se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, estas pueden permanecer incluso en épocas secas ya que son pobremente drenadas (SGC, 2015). Dentro del área de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León estas geoformas se encuentran de forma aleatoria siendo los de mayor importancia el lago de Galapa y el lago del Cisne.

DOCUMENTO DE

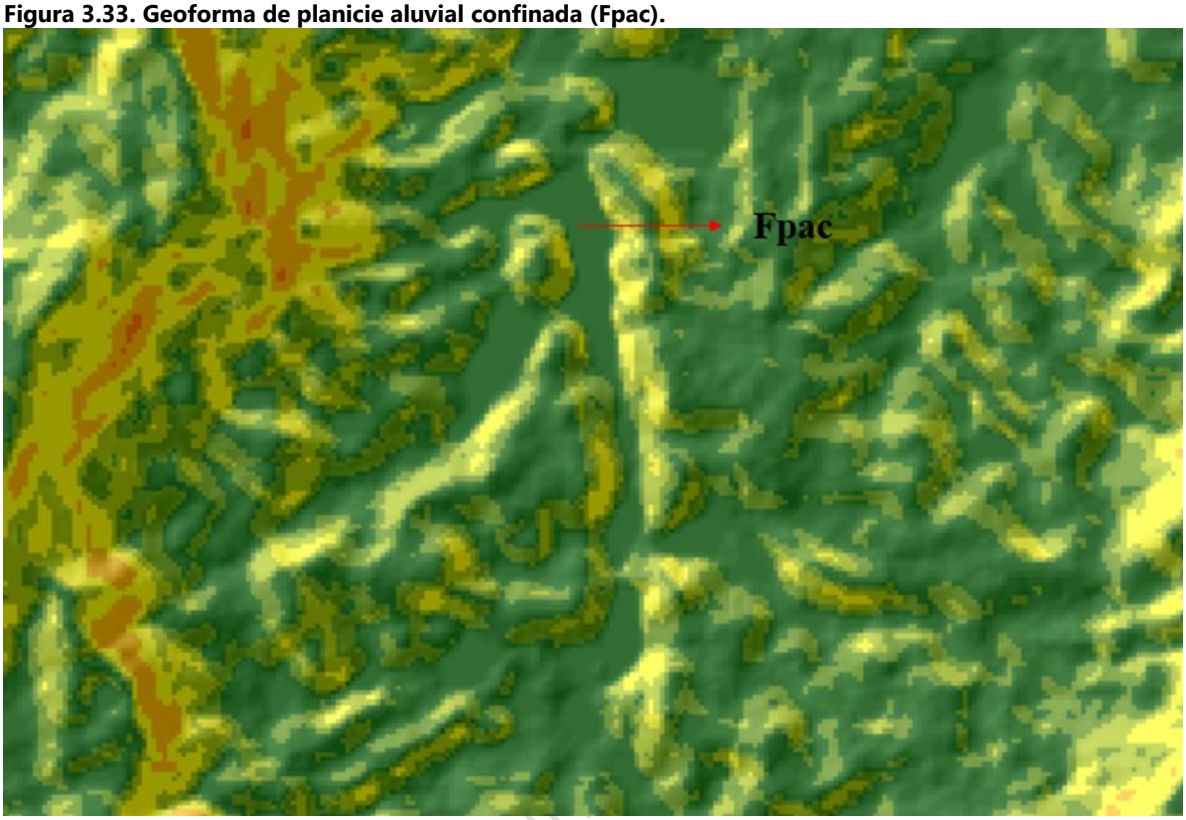
**Figura 3.32. Geoforma de laguna (Fla), lago de Galapa.**

### 3.2.3.5.3. *Planicie aluvial confinada (Fpac)*

Son superficies planas, angostas eventualmente inundables, en forma de U, limitadas por geoformas colinadas, alomadas o montañosas, que bordean los cauces aluviales (SGC, 2015). Estas geoformas se localizan al suroccidente de la cuenca.

DOCUMENTO NO DE

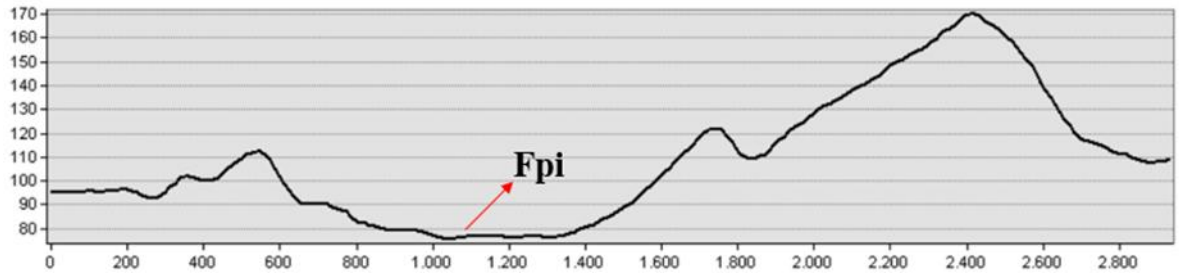
**Figura 3.33. Geoforma de planicie aluvial confinada (Fpac).**




### 3.2.3.5.4. *Plano o llanura de inundación (Fpi)*

Geoformas con morfología plana, baja y ondulada con pendientes suavemente inclinadas, eventualmente inundables. En la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se encuentra bordeando los principales cauces de los arroyos que se encuentran en la cuenca, limitados por geoformas a lomadas y colinadas, su depósito está compuesto por materiales heterogéneos de gravas, arenas finas y arcillas, en las zonas planas de la cuenca.

**Figura 3.34. Perfil longitudinal de plano o llanura de inundación (Fpi).**



### 3.2.4. Ambiente marino

Incluye las geoformas construidas como resultado de la interacción de los procesos marinos de oleaje y la acción de las mareas sobre los elementos continentales tales como la estructura y la litología local, al igual que, los aportes fluviales deltaicos y las formaciones arrecifales. (SGC, 2015).

#### 3.2.4.1. *Acantilado (Ma)*

Los acantilados son superficie muy corta a corta, cóncava a convexa de pendiente abrupta a vertical. Su origen es relacionado a partir de procesos de erosión marina y movimientos en masa en materiales de litología variada (SGC, 2015). En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León estas geoformas se localizan en el sector noroccidental en el sector del castillo de Salgar.

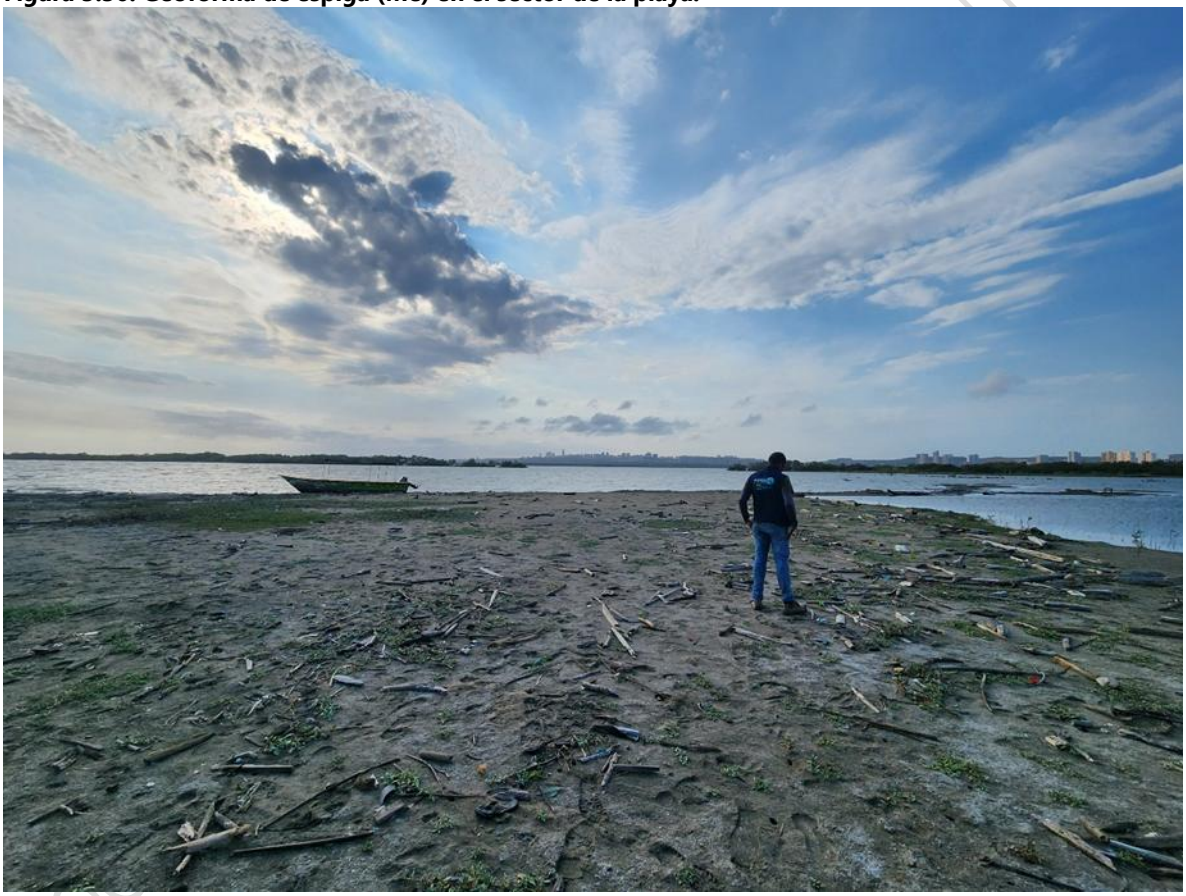
**Figura 3.35. Geoforma de acantilado (Ma) en el sector del castillo de salgar.**

DE PUBLICIDAD

### 3.2.4.1.2. *Espiga (Me)*

Las espigas son cuerpos arenosos bajos, configurados en forma de ganchos elongados en la dirección de la deriva y litoral, caracterizados porque uno de sus extremos se encuentra fijo a una saliente o bajo firme, mientras que el otro extremo prograda en forma curva por procesos de deriva, refracción y difracción del oleaje. Están conformadas por complejos de crestas y artesas de playa tamaño arena o grava que permiten discernir la evolución de la geoforma (SGC, 2015). En la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León las geoformas de espiga se localizan al nororiente de la cuenca, en el sector de la playa.

**Figura 3.36. Geoforma de espiga (Me) en el sector de la playa.**



### 3.2.4.1.3. *Laguna costera (Mlc)*

Son cuerpos de aguas saladas permanentes acumuladas en zonas de depresión, que se caracterizan por tener comunicación de manera periódica o permanente con el océano y por estar separadas del mismo por una playa o cordón Litoral (SGC, 2015). Estas geoformas se localizan al norte de la cuenca siendo la mayor importancia la ciénaga de Mallorquín.

**Figura 3.37. Geoforma de laguna costera (Mlc) en el sector de la ciénaga de Mallorquín.**

### 3.2.4.1.4. *Playas (Mpl)*

En términos amplios la playa se identifica por consistir de sedimentos depositados por el oleaje; o como una acumulación de arena marina que es transportada a la costa por el oleaje y las corrientes (SGC, 2015). Las geoformas de playa se localizan en el norte de la cuenca en los sectores de Puerto Mocho y Salgar.

DOCUMENTO NO DE

**Figura 3.38. Geoforma de playa (Mpl) en el sector de Puerto Mocho.**

### 3.2.4.1.5. *Plano de inundación (Mpi)*

Los planos de inundación son depresiones leve y poco profunda ubicada a nivel del mar o por debajo del mismo y que sufre inundaciones periódicas (encharcamiento), como consecuencia de altas precipitaciones o alto nivel freático. Los suelos en estas depresiones presentan alta humedad y están compuestos por sedimentos finos no consolidados (arcillas, limos). Estas cubetas pueden presentar vegetación de mangle, pastos o rastreras escasas, como son las plantas de las especies Sesuviumsp o Canavalia marítima (SGC, 2015). Estas geoformas configuran el relieve del sector norte de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

DOCUMENTO DE

**Figura 3.39. Geoforma de plano de inundación (Mpi) en el sector de Sabanilla.**

### 3.2.4.1.6. *Plano y llanura con vegetación halófila (Mpv)*

Son áreas bajas, con relieve plano-cóncavo, alto nivel freático y que presentan procesos de sedimentación marina y continental a nivel del mar o un poco por encima del nivel de marea alta. Se constituyen de lodos, arenas muy finas y abundante materia orgánica, condiciones propicias para el crecimiento de vegetación pionera como manglar y otras especies halófitas. Estos sectores sufren inundaciones periódicas por oleajes extremos, mareas, la combinación de ambos (wave setup) o por desborde de ríos o lagunas costeras. Se sugiere restringir el término marisma (sa/tmarsh), a zonas de pantanos con vegetación herbácea propia de latitudes altas. Pueden producirse como resultado de la ganancia en altura por acumulación de sedimentos en lagunas costeras o planos de inundación (SGC, 2015). Estas geoformas marinas se localizan en el sector nororiental de la cuenca, bordeando la ciénaga de Mallorquín, donde se observan vegetación pionera como manglar.

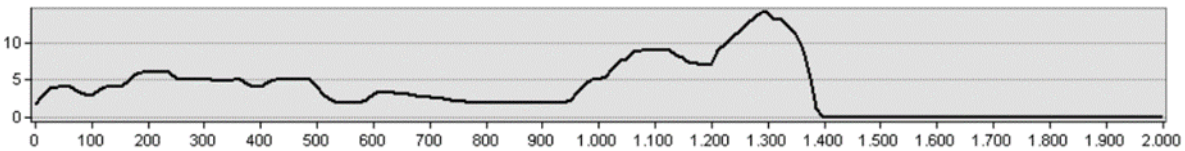
DOCUMENTO DE

**Figura 3.40. Geoforma de plano y llanura con vegetación halófila (Mpv) en el sector de la Playa.**

### 3.2.4.1.7. *Terrazas marinas (Mtm)*

Las terrazas son superficies elevadas horizontales a subhorizontales que sufren un desnivel respecto al nivel del mar. El origen de este desnivel puede ser tectónico o por cambios en el nivel del mar. Previo a la formación de una terraza marina es necesario un medio propicio para el crecimiento de corales y algas coralinas, o formación de playas. En contraste, también pueden generarse terrazas marinas a partir de plataformas de abrasión levantadas (SGC, 2015).

**Figura 3.41. Perfil longitudinal de terrazas marinas (Mtm).**



### 3.2.5. Morfodinámica de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León

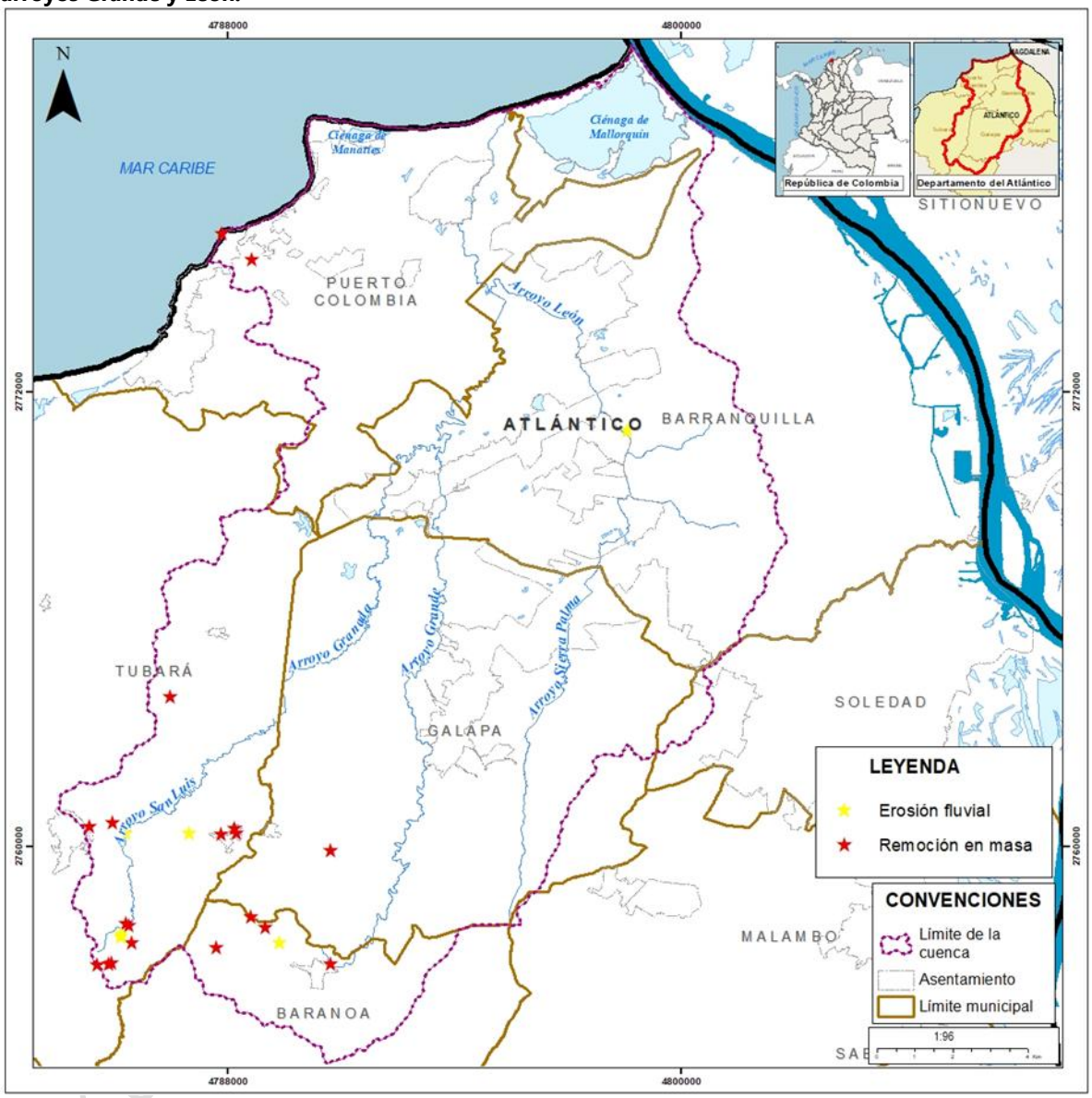
Los procesos morfodinámicos se dan como resultado de la acción natural de diferentes agentes atmosféricos y geológicos, sobre el relieve actual, provocando un desgate natural en la superficie del suelo y la modelación del relieve, además de la erosión por intervención antrópica sobre la naturaleza preexistente del terreno, como: la tala de bosques, las quemas, la construcción de vías de comunicación y la utilización de sistemas de explotación agropecuarios inadecuados, entre otros, que se han resultado en ruptura del equilibrio entre el suelo, la vegetación, el agua y el viento (Bahamón y Gaitán, 1981, en Cornare, 2009).

El inventario de procesos morfodinámicos en la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León es una herramienta que nos permite conocer la ocurrencia de movimiento en masa y definir las características más importantes, como lo son fecha de ocurrencia, localización, dimensión, tipo de ruptura, factores condicionantes a la ocurrencia, factores detonantes, forma, dimensiones, dinámica del movimiento, magnitud e intensidad de afectación.

En los recorridos realizados por el área de la cuenca se realizo toma de información de los procesos morfodinámicos (Figura 3.42), donde se observó que estos procesos se encuentran asociado a intervención antrópica para la construcción de vías de comunicación y actividad agropecuarias inadecuadas, además de fenómenos climáticos como intensas lluvias, lo que permite una perdida en las condiciones del terreno y aumenta el grado de meteorización en las unidades geológicas aflorantes en la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 3.42. Localización de los procesos morfodinámicos en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y arroyos Grande y León.**



### 3.2.5.1. *Deslizamiento rotacional*

Los deslizamientos rotacionales, son desplazamientos de material a lo largo de una superficie de falla formada de manera curva y cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento. Estos movimientos generan un área superior de hundimiento producido en la parte superior del deslizamiento y un área de acumulación de material en la parte inferior por debajo del pie del deslizamiento. Dentro del área de la Cuenca estos deslizamientos se producen en términos generales en el sector suroccidental de la cuenca, detonados por lluvias e intervención antrópica en las áreas donde afloran rocas de la formación Tubará e Hibácharo, los cuales están compuestos por rocas de frágiles, deleznables, además en el sector de Puerto de Colombia se tiene el reporte de la ocurrencia de un proceso de deslizamiento rotacional, el cual en el momento de la visita se encontraba estabilizado, sin embargo, sobre la vía se observan procesos de subsidencia que indica generación de superficies de falla o inestabilidad en el sector.

**Figura 3.43. Deslizamiento rotacional sobre rocas de la formación Hibácharo, que afecta la vía Sibarco – Pital de Megua.**

USO Y PUBLICIDAD

### 3.2.5.2. *Reptaciones*

Las reptaciones son movimientos lentos superficiales, sin superficie de falla definida, afectando grandes áreas del terreno, atribuido por alteraciones climáticas relacionado con procesos de hundimiento y secado en suelo, usualmente blandos. En la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León las reptaciones se observan en gran parte del área de estudio, evidenciándose más intensificado en el sector de la vereda Mata Vidi y en la vía Pital de Megua - Sibarco.

**Figura 3.44. Reptaciones sobre rocas de la formación Hibácharo, en la vía Sibarco – Pital de Megua.**

### 3.2.5.3. *Deslizamiento translacional*

Los deslizamientos traslacionales, son desplazamientos de material a lo largo de una superficie de falla formada de manera plana a ligeramente ondulada, con poca rotación o volteo. En la Cuenca estos procesos se localizan la parte norte en zonas aledañas al sector del castillo de salgar.

**Figura 3.45. Deslizamiento traslacional sobre rocas de la formación La Popa, en el sector del castillo de Salgar.**

### 3.2.5.4. *Socavación lateral*

La socavación lateral son procesos erosivos producidos por el agua encauzada, debido a su circulación por drenajes naturales de quebradas y ríos. Dentro de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se evidencio proceso de socavación lateral observado al norte del área sobre talud adyacente al cauce aluvial del arroyo León, este fenómeno es producido en suelos transportados fluviales producto de la circulación de agua en el drenaje del arroyo de León.

DOCUMENTO NO

**Figura 3.46. Socavación lateral sobre cauce del arroyo León en zona urbana de Barranquilla.**

### 3.2.5.5. *Erosión laminar y en cárcavas*

Los procesos erosivos en el área de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, son fenómenos que, en términos generales con una intensidad bajas a moderada, originándose por zonas intervenidas por el hombre. Los procesos observados en la cuenca obedecen a procesos de erosión laminar y en menor cantidad a erosión en cárcavas.

La erosión laminar se origina como el resultado del golpeteo de las gotas de lluvia en el suelo, el cual se encuentra desnudo o cubierto, donde el flujo de agua produce arrastre de partículas de suelo. Dentro del área de la cuenca la erosión laminar se produce de baja intensidad, observando se zonas desnudas con bajo transporte de partículas.

La erosión en cárcavas es el estado más avanzado de los procesos erosivos y se caracterizan por su profundidad, facilitando la propagación lateral y frontal debido al desprendimiento de material en los taludes. La generación de cárcavas en el área de la cuenca se observó al

DOCUMENTO NO DE

sur de la cuenca, intensificándose en la vía que conduce al lago Mata Vidi desde Sibarco, dejando incomunicada esta vía debido a la magnitud de las cárcavas en este sector.

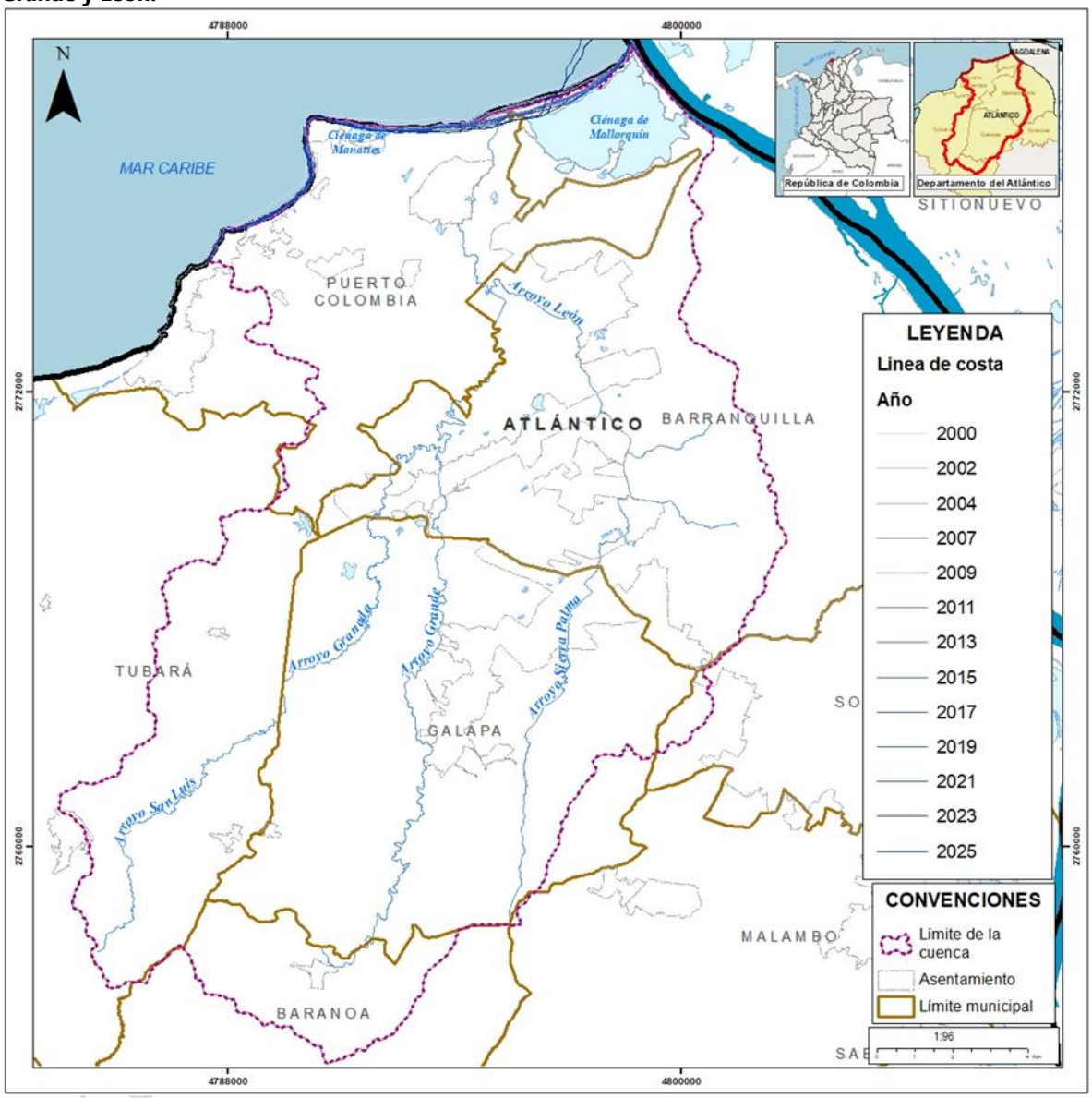
**Figura 3.47. Erosión en cárcavas sobre la vía que conduce al lago Mata Vidi.**

### 3.2.6. Cambios Geomorfológicos de la Línea de Costa en la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León

Con el fin de describir los cambios geomorfológicos de la línea de costa en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, se realizó un análisis multitemporal de imágenes satelitales de alta calidad, a partir del año 2000, obtenidas de Google Earth Pro. Estas imágenes fueron tomadas por los satélites Landsat de USGS/NASA. El análisis multitemporal se desarrolló en un periodo de 25 años. En cada imagen se demarcó la línea de costa, la cual es definida como esa posición de la interfaz tierra – agua en un instante de tiempo.

DOCUMENTO

**Figura 3.48. Evolución morfodinámica de la línea de costa en la cuenca ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**




En la Figura 3.48, se observa la migración de la línea de costa en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León en el periodo 2000-2025. Evidenciado la evolución histórica de la zona. En este análisis se obtuvieron los retrocesos y avances significativos a través de los 25 años, permitiendo evidencia de los cambios más significativos de la línea de costa se presenten al nororiente de la cuenca en el sector de Puerto Mocho, presentando una progresión y retrogresión de la sedimentación en este sector en algunos lapsos de tiempo debido a la dinámica fluvial del Río Magdalena y los procesos erosivos costeros en

este sector, mientras que en otro se observa una retrogresión de la misma originando procesos de retrocesos y erosión de la línea de costa. Además, hacia el sector noroccidental se observan que los cambios de línea de costa en el transcurso del tiempo no son significativos, mostrando una disminución de los retroceso y progresión de la sedimentación en este sector en su frente expuesto al Mar Caribe, sin embargo, en el sector Salgar se observan cambios significativos, no obstante, después de la construcción de los espolones en sector, estos cambios han disminuido en el transcurso del tiempo. En términos genérales la línea de costa en los sectores de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León presenta una tendencia de aumento y regresiones en diferentes épocas.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 4. HIDROGEOLOGÍA

## *4.1. Introducción*

La creciente crisis por el déficit en el suministro de agua en algunas regiones del país, debido al fenómeno de variación climática (fenómeno del niño), que se presenta en la actualidad relacionado con el intenso verano, el debilitamiento de las lluvias en cantidad y frecuencia, un aumento notorio de la temperatura (en relación con lo normal para cada época del año) y a esto se suma la debilidad actual de las empresas prestadoras del servicio acueducto para tener una cobertura de prestación en ciudades intermedias y pequeños municipios y aún más en zonas rurales, ha conllevado a un mayor aprovechamiento de fuentes alternas como las aguas subterráneas.

Sin embargo, este aprovechamiento es realizado generalmente en sitios en donde la afectación o impactos sobre el acuífero por estos aprovechamientos es limitado, generando, en muchas ocasiones, daños irreparables al medio ambiente, pero que pueden estar relacionados, con sequía de fuentes superficiales y de pozos someros, fenómenos de subsidencia del terreno, acentuación o inducción de procesos de contaminación natural o antrópica, entre otros.

Esta situación demuestra la urgente necesidad de establecer acciones estratégicas orientadas a la preservación del recurso, de tal modo que se garantice a las futuras generaciones su permanencia, su calidad y un uso con mínima afectación al medio ambiente.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, formuló y adoptó en marzo de 2010, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico- PNGIRH, dando cumplimiento al Plan Nacional de Desarrollo 2006 - 2010, que incorporó en el capítulo: Una Gestión Ambiental y del Riesgo que Promueva el Desarrollo Sostenible, como una de sus líneas de acción, la denominada: gestión integral del recurso hídrico a través de los Planes de Ordenamiento de Cuencas "POMCAS".

Este componente plantea el reto de garantizar la sostenibilidad del recurso no solo superficial sino subterráneo, entendiendo que su gestión se deriva del ciclo hidrológico que vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes componentes naturales y antrópicos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 4.1.1. Objetivos

Elaborar el Diagnóstico Físico y Ambiental de los Acuíferos localizados en inmediaciones de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León al norte del departamento del Atlántico, que sirva como herramienta de planeación para la adecuada Gestión Integral del Recurso Hídrico, teniendo en cuenta los usos actuales del agua, su disponibilidad, aspectos socioeconómicos relacionados con ella, con énfasis en las necesidades de abastecimiento de los centros poblados y sectores rurales de la zona aledaña en el corto, mediano y largo plazo.

### 4.1.2. Marco de Referencia

El marco normativo existente para la elaboración de este documento es:

- **Decreto No. 2811 de 1974**: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- **Decreto No. 1541 de 1978**: Por el cual se reglamenta el Libro II del decreto - ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la ley 23 de 1973.
- **Decreto No. 155 de 2004**: Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de agua.
- **Decreto No. 1324 de 2007**: Por el cual se crea el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico.
- **Decreto 1076 de 2015**: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- **Decreto 0330 de 2017**: Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico "RAS" – Titulo B.
- Guía Metodológica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCAS.
- Guía Metodológica para la formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos - PMAA.

### 4.1.3. Metodología

Esta primera etapa se realizará un análisis y recolección de la información existente relacionada con el recurso hídrico subterráneo del sector, de tal manera que se articulen las diferentes iniciativas en un solo documento. Se recopilará y analizará todos los estudios relacionados directa e indirectamente con el recurso hídrico de la zona, a nivel de hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geología, geomorfología, suelos y cobertura vegetal.

DOCUMENTO OBJETIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.1. Actividades para el desarrollo de la Fase de diagnóstico para un PMAM.**

En zonas donde existan soluciones individuales de abastecimiento de agua subterránea, deberá realizarse una descripción detallada de su localización, infraestructura construida, caudales y usos. De la misma manera se deberá adelantar la viabilidad técnica, económica y operativa de estos sistemas.

## *4.2. Inventario de Puntos de Agua Subterránea, Usos Actuales y Usuarios de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León*

El objeto de este capítulo es realizar visitas en pozos profundos y pozos tipo aljibe, que hacen parte de puntos de agua inventariados en los mantos acuíferos de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, localizados al norte del departamento del Atlántico, para conocer su ubicación y sus características físicas generales, así como también concentrar toda la información que permita alimentar la base de datos recolectad durante la etapa de Diagnóstico para la Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica; mediante la cual se puede conocer todo lo relacionado con el régimen de explotación de la fuentes subterráneas de la zona y orientar las indicaciones necesarias para realizar un uso racional y sostenible del recurso.

La información de cada punto de agua se obtuvo mediante entrevista directa de campo (información primaria), diligenciado un formato basado en el formulario único nacional para

DOCUMENTO DEFINITIVO

inventario de puntos de agua subterránea (FUNIAS); el cual incluye los siguientes aspectos básicos: Datos Generales del predio, Localización en la zona, Propietario, Geología, Geomorfología, tipo de captación, material, profundidad, diámetro, usos del agua, condición de la captación, Niveles dinámicos y/o estáticos, aspecto, características fisicoquímicas del agua (medidas "In situ"), tipo de equipo de bombeo, entre otros. Todos los puntos de agua inventariados fueron georreferenciados con un receptor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

En total se inventariaron 53 puntos de agua los cuales están distribuidos en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

A continuación, se muestra un resumen de la información de campo recolectada:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.2. Localización de los puntos inventariados.**

### 4.2.1. Manantiales

Un manantial o naciente es una fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal.

Se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable.

En total se inventario 1 manantial el cual está relacionado geológicamente a cambios de estratificación en el terciario (Formación Las Perdices (PgNgp)), con escorrentías de bajo caudal.

Su nomenclatura o código se debe interpretar de la siguiente manera: un número que corresponde al orden en que fue visitado en campo y las letras Pm como Manantial.

**Tabla 4.1. Inventario de puntos de agua: Coordenadas de Localización y Propietario.**

| No. | Localización | Coord. N | Coord. W | Altura GPS | Propietario |
|---|---|---|---|---|---|
| Pm 03 | Municipio de Galapa | 10°53'23.57" | 74°52'38.92" | 79 | Municipio |

**Tabla 4.2. Inventario de puntos de agua: Material del revestimiento, Geometría y Usos.**

| No. | Localidad | Geología | Tipo | Material | Diámetro | Profud. | Uso |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pm 03 | Vereda Los Pocitos | PgNgp | Manantial | - | 5,0 m | - | Domestico |

**Tabla 4.3. Inventario de puntos de agua: Nivel Piezométrico, Parámetros Fisicoquímicos "In situ" y Tipo de Equipo de Bombeo.**

| No. | Punto Muestreo | Nivel (m) | Aspecto | pH | Temp. (ºC) | Conduct. (µs/cm) | TSD (mg/l) | Bomba |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pm 03 | Superficial | - | Turbia | 7,01 | 29,8 | 1036 | 517 | - |

### 4.2.2. Pozos Profundos

Se define como pozo profundo al orificio o túnel de disposición vertical que se perforará en la tierra hasta una determinada profundidad para extraer una reserva de agua subterránea normalmente encamisado en PVC o acero inoxidable y perforado por lo general en forma mecánica, el término profundo se refiere cuando la relación profundidad de la captación y su diámetro es muy grande.

En total se inventarió 6 pozos profundos cuya nomenclatura o código se debe interpretar de la siguiente manera: un número que corresponde al orden en que fue visitado en campo y las letras Pp como Pozo Profundo.

Los pozos profundos visitados están ubicados en la parte plana de la cuenca de la Ciénaga Hidrográfica de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal), Depósitos Eólicos (Qe), Depósitos Fluviolacustres (Qfl), Formación La Popa (Qpp) y

DOCUMENTO DE DIAGNÓSTICO - FASE DE PUBLICIDAD

Formaciones Terciarias (Formación Las Perdices (PgNgp), Formación Tubara (Ngt) y Formación Habácharo (Ngh)).

**Tabla 4.4. Inventario de puntos de agua: Coordenadas de Localización y Propietario.**

| No. | Localización | Coord. N | Coord. W | Altura GPS | Propietario |
|---|---|---|---|---|---|
| Pp09 | Vereda Pital de Megua | 10°50'37.53" | 74°54'54.68" | 120 | Ana Hernández |
| Pp23 | Municipio de Baranoa | 10°50'19.71" | 74°55'11.08" | 127 | Municipio |
| Pp53 | Municipio de Pto Colombia | 11° 0'29.36" | 74°52'29.03" | 13 | Alex Sequea |
| Pp54 | Municipio de Pto Colombia | 11° 1'7.10" | 74°54'24.44" | 19 | Colegio Marymount |
| Pp55 | Municipio de Barranquilla | 10°59'57.37" | 74°51'32.21" | 15 | IPUC Las Nubes |
| Pp57 | Municipio de Barranquilla | 11° 0'15.59" | 74°52'25.73" | 14 | - |

**Tabla 4.5. Inventario de puntos de agua: Material del revestimiento, Geometría y Usos.**

| No. | Localidad | Geología | Tipo | Material | Diámetro | Profud. | Uso |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pp09 | Finca Los Llanos | Ngt | Profundo | PVC | 4" | 9 | Doméstico |
| Pp23 | V. Pital de Megua | Qcal | Profundo | Hierro | 8" | 87 | Acueducto |
| Pp53 | Finca Fnos. Sequea | Qpp | Profundo | PVC | 6" | 20 | Doméstico |
| Pp54 | Colegio Marymount | Qpp | Profundo | Acero | 8" | 38 | Doméstico |
| Pp55 | Vereda Las Nuves | Qcal | Profundo | Acero | 6" | - | F.S. |
| Pp57 | Arroyo León | Qcal | Profundo | PVC | 8" | - | Doméstico |

**Tabla 4.6. Inventario de puntos de agua: Nivel Piezométrico, Parámetros Fisicoquímicos "In situ" y Tipo de Equipo de Bombeo.**

| No. | Punto Muestreo | Nivel (m) | Aspecto | pH | Temp. (°C) | Conduct. (µs/cm) | TSD (mg/l) | Bomba |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pp09 | Boca de Pozo | 5,41 | Cristalina | 6,91 | 29,1 | 1412 | 708 | Sumergible ½ HP |
| Pp23 | Boca de Pozo | 17,02 | Cristalina | 6,83 | 31,0 | 1494 | 749 | Sumergible 15 HP |
| Pp53 | Boca de Pozo | 8,16 | Cristalina | 7,09 | 29,0 | 1308 | 655 | Sumergible ½ HP |
| Pp54 | Boca de Pozo | 12,92 | Cristalina | 7,10 | 29,9 | - | - | Sumergible 7,5 HP |
| Pp55 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Pp57 | - | - | - | - | - | - | - | Turbina ½ Hp |

### 4.2.3. Aljibes

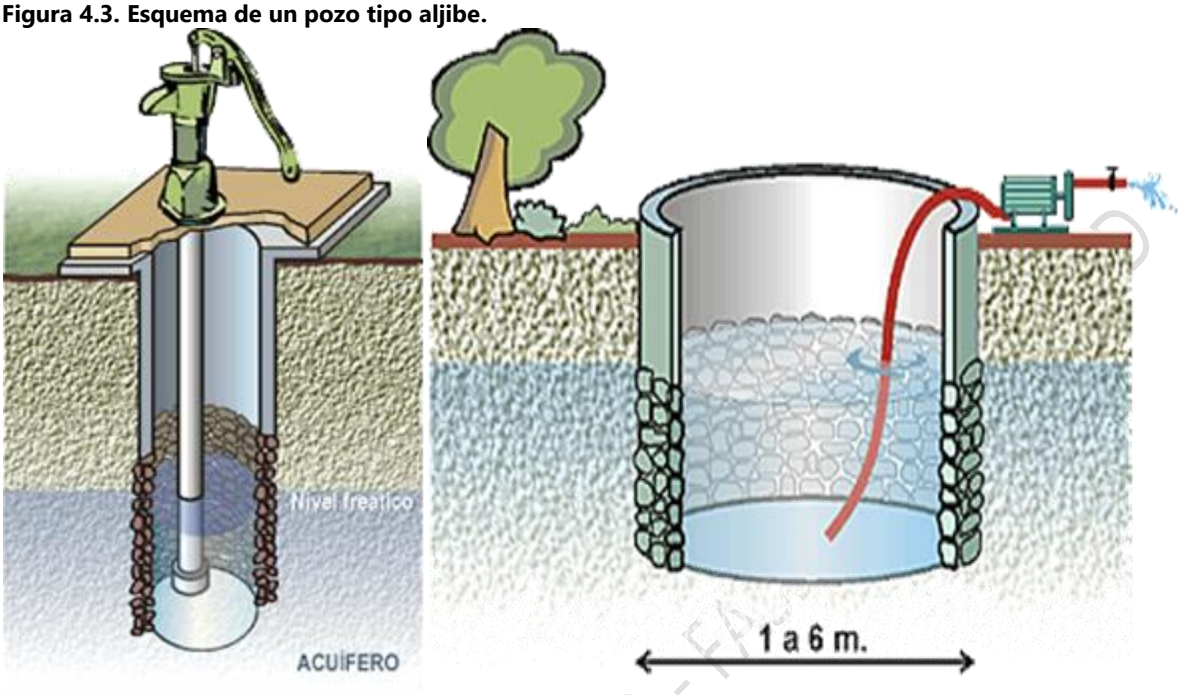
El pozo tipo aljibe o artesanal es una captación subterránea construido generalmente a mano, en donde la relación profundidad diámetro no es muy alta.

Suele ser cilíndrico y para evitar que se derrumbe sus paredes, normalmente se recubre con piedras, madera o cemento.

En total se visitó 50 pozos tipo aljibes cuya nomenclatura o código se debe interpretar de la siguiente manera: un número que corresponde al orden en que fue visitado en campo y las letras Pa como Pozo Aljibe.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.3. Esquema de un pozo tipo aljibe.**




Los pozos profundos visitados están ubicados en la parte plana de la cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal), Depósitos Eólicos (Qe), Depósitos Fluviolacustres (Qfl), Formación La Popa (Qpp) y Formaciones Terciarias (Formación Las Perdices (PgNgp), Formación Tubara (Ngt) y Formación Habácharo (Ngh)).

**Tabla 4.7. Inventario de puntos de agua: Coordenadas de Localización y Propietario.**

| No. | Localización | Coord. N | Coord. W | Altura GPS | Propietario |
|---|---|---|---|---|---|
| Pa01 | Municipio de Tubará | 10°52'29.12" | 74°56'17.48" | 185 | Municipio |
| Pa02 | Municipio de Tubará | 10°52'27.68" | 74°55'56.51" | 204 | Municipio |
| Pa04 | Municipio de Galapa | 10°54'30.12" | 74°53'38.95" | 60 | Puropollo |
| Pa05 | Municipio de Galapa | 10°54'29.82" | 74°53'38.76" | 60 | Puropollo |
| Pa06 | Vereda Pital de Megua | 10°50'34.14" | 74°54'48.11" | 118 | Aura Dolong |
| Pa07 | Vereda Pital de Megua | 10°50'34.48" | 74°54'50.70" | 119 | Aura Dolong |
| Pa08 | Vereda Pital de Megua | 10°50'32.18" | 74°54'46.92" | 117 | Juan Ávila |
| Pa10 | Vereda Pital de Megua | 10°50'45.30" | 74°54'37.47" | 118 | Sergio Ávila |
| Pa11 | Vereda Pital de Megua | 10°50'40.21" | 74°54'31.53" | 116 | Hnos. de La Hoz |
| Pa12 | Vereda Pital de Megua | 10°50'39.42" | 74°54'29.97" | 121 | Hnos. de La Hoz |
| Pa13 | Vereda Pital de Megua | 10°50'38.73" | 74°54'48.48" | 126 | Avícola Sinaí |
| Pa14 | Vereda Pital de Megua | 10°50'38.22" | 74°54'45.29" | 120 | Avícola Sinaí |
| Pa15 | Municipio de Baranoa | 10°50'39.90" | 74°54'47.88" | 125 | Hnos. Dolong |
| Pa16 | Municipio de Baranoa | 10°50'43.83" | 74°54'48.07" | 127 | Hnos. Dolong |
| Pa17 | Municipio de Baranoa | 10°50'44.31" | 74°54'48.20" | 128 | Hnos. Dolong |

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE

| No. | Localización | Coord. N | Coord. W | Altura GPS | Propietario |
|---|---|---|---|---|---|
| Pa18 | Vereda Pital de Megua | 10°50'48.22" | 74°54'42.57" | 123 | Julián Llanos |
| Pa19 | Vereda Pital de Megua | 10°50'55.64" | 74°54'48.41" | 125 | Ibis Gutiérrez |
| Pa20 | Vereda Pital de Megua | 10°50'55.02" | 74°54'47.18" | 123 | Flia. Garrido |
| Pa21 | Vereda Pital de Megua | 10°50'56.98" | 74°54'51.05" | 128 | Fidel Mendoza |
| Pa22 | Vereda Pital de Megua | 10°50'59.97" | 74°54'52.52" | 131 | José Flórez |
| Pa24 | Municipio de Galapa | 10°50'19.71" | 74°55'11.08" | 68 | Municipio |
| Pa25 | Municipio de Galapa | 10°55'16.04" | 74°50'38.11" | 59 | Municipio |
| Pa26 | Municipio de Galapa | 10°55'15.57" | 74°50'32.63" | 67 | Pedro Medina |
| Pa27 | Municipio de Galapa | 10°55'17.27" | 74°50'34.11" | 65 | Luz Catalán |
| Pa28 | Municipio de Galapa | 10°55'32.42" | 74°50'32.40" | 64 | Juan Agudelo |
| Pa29 | Municipio de Galapa | 10°55'7.73" | 74°50'30.68" | 63 | Alfonso Fontalvo |
| Pa30 | Municipio de Galapa | 10°55'12.26" | 74°50'30.23" | 69 | María Seguro |
| Pa31 | Municipio de Galapa | 10°55'12.74" | 74°50'35.92" | 61 | Olga Orozco |
| Pa32 | Municipio de Galapa | 10°55'12.49" | 74°50'36.58" | 60 | William Pérez |
| Pa33 | Municipio de Galapa | 10°55'13.83" | 74°50'35.38" | 62 | Nelson Romero |
| Pa34 | Municipio de Galapa | 10°55'4.48" | 74°50'38.57" | 57 | Betty Godoy |
| Pa35 | Municipio de Galapa | 10°54'55.09" | 74°50'40.13"" | 59 | Nelson Segura |
| Pa36 | Municipio de Galapa | 10°55'6.31" | 74°51'15.24" | 46 | Álvaro Chacón |
| Pa37 | Municipio de Galapa | 10°55'6.63" | 74°51'13.48" | 47 | Álvaro Chacón |
| Pa38 | Municipio de Galapa | 10°54'27.53" | 74°51'53.61" | 54 | José Geber |
| Pa39 | Vereda Sevilla (Galapa) | 10°54'44.78" | 74°51'54.19" | 55 | Aura Ortiz |
| Pa40 | Vereda Sevilla (Galapa) | 10°54'45.33" | 74°51'53.02" | 54 | Aura Ortiz |
| Pa41 | Municipio de Galapa | 10°54'48.08" | 74°51'48.24" | 54 | Iliano Ortiz |
| Pa42 | Municipio de Galapa | 10°54'13.62" | 74°50'58.17" | 66 | Paulina Visbal |
| Pa43 | Municipio de Galapa | 10°54'44.50" | 74°51'41.37" | 52 | Yimi Munive |
| Pa44 | Vereda Sevilla (Galapa) | 10°54'47.02" | 74°51'38.49" | 50 | German Grisales |
| Pa45 | Vereda Sevilla (Galapa) | 10°54'50.84" | 74°51'30.17" | 47 | Iván Áreas |
| Pa46 | Municipio de Galapa | 10°54'55.98" | 74°51'29.97" | 47 | Víctor Gomes |
| Pa47 | Municipio de Galapa | 10°54'57.91" | 74°51'36.88" | 50 | Ana Lopera |
| Pa48 | Municipio de Galapa | 10°55'2.11" | 74°51'30.87" | 47 | José Izquierdo |
| Pa49 | Municipio Barranquilla | 10°57'50.11" | 74°53'22.15" | 30 | Sergio Lafourie |
| Pa50 | Municipio de Tubará | 10°55'8.84" | 74°56'39.17" | 75 | Luis Iriarte |
| Pa51 | Municipio de Tubará | 10°55'6.63" | 74°56'38.06" | 74 | Luis Iriarte |
| Pa52 | Municipio de Tubará | 10°55'4.30" | 74°56'39.48" | 69 | - |
| Pa56 | Municipio de Pto Colombia | 11° 0'25.38" | 74°52'28.03" | 12 | Alex Sequea |

**Tabla 4.8. Inventario de puntos de agua: Material del revestimiento, Geometría y Usos.**

| No. | Localidad | Geología | Tipo | Material | Diámetro | Profund. | Uso |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pa01 | Vereda Guaimaral | Ngt | Aljibe | Cemento | 3,0 m | 9,0 m | Acueducto |
| Pa02 | Vereda Paluato | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,33 m | 22,0 m | Acueducto |
| Pa04 | Granja Puropollo | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 8,0 m | Industrial |
| Pa05 | Granja Puropollo | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 9,0 m | Industrial |
| Pa06 | Finca Villa Aura | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,3 m | 6,0 m | Doméstico |
| Pa07 | Finca Villa Aura | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,2 m | 4,0 m | F.S. |
| Pa08 | Finca Los Pelaos | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 9,0 m | Doméstico |

COPIA CONTROLADA DE PUBLICACIÓN

| No. | Localidad | Geología | Tipo | Material | Diámetro | Profund. | Uso |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pa10 | Finca Los Naranjos | Ngt | Aljibe | Cemento | 0,9 m | 17,0 m | Doméstico |
| Pa11 | Finca Villa María | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,4 m | 22,0 m | Doméstico |
| Pa12 | Finca Villa María | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,2 m | 18,0 m | Doméstico |
| Pa13 | Granja Avícola Sinaí | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,1 m | 16,0 m | F.S. |
| Pa14 | Granja Avícola Sinaí | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 14,0 m | Industrial |
| Pa15 | Vereda Pital de Megua | Ngt | Aljibe | Cemento | 0,9 m | 20,0 m | Riego |
| Pa16 | Vereda Pital de Megua | Ngt | Aljibe | Cemento | 0,9 m | 17,0 m | F.S. |
| Pa17 | Vereda Pital de Megua | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 15,0 m | F.S. |
| Pa18 | Finca Los Llanos | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 23,0 m | Riego |
| Pa19 | Finca La Tortura | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,2 m | 13,0 m | Doméstico |
| Pa20 | Finca Villa Carolina | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,2 m | 10,0 m | F.S. |
| Pa21 | Finca La Tortura | Ngt | Aljibe | Cemento | 0,95 m | 18,0 m | Doméstico |
| Pa22 | Finca La Manuela | Ngt | Aljibe | Cemento | 1,2 m | 20,0 m | Riego |
| Pa24 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 0,96 m | 8,0 m | Doméstico |
| Pa25 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cemento | 0,96 m | 9,0 m | Doméstico |
| Pa26 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 11,0 m | Doméstico |
| Pa27 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 0,94 m | 8,0 m | F.S. |
| Pa28 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 6,0 m | F.S. |
| Pa29 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cemento | 0,94 m | 9,0 m | Doméstico |
| Pa30 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cemento | 0,84 m | 4,0 m | Doméstico |
| Pa31 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 6,0 m | Doméstico |
| Pa32 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 0,89 m | 8,0 m | Doméstico |
| Pa33 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 0,9 m | 5,0 m | Doméstico |
| Pa34 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 10,0 m | Doméstico |
| Pa35 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cemento | 0,9 m | 10,0 m | Industrial |
| Pa36 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 9,0 m | Doméstico |
| Pa37 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,2 m | 12,0 m | F.S. |
| Pa38 | Finca La Candelaria | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,5 m | 22,0 m | Doméstico |
| Pa39 | Finca Villa Auri | Qe | Aljibe | Cemento | 1,2 m | 6,0 m | Doméstico |
| Pa40 | Finca Villa Auri | Qe | Aljibe | Cemento | 1,8 m | 7,0 m | Doméstico |
| Pa41 | Vereda Sevilla | Qe | Aljibe | Cemento | 0,9 m | 8,0 m | Doméstico |
| Pa42 | Vereda Sevilla | Qe | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 12,0 m | Doméstico |
| Pa43 | Vereda Sevilla | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 10,0 m | F.S. |
| Pa44 | Finca Villa Estela | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 11,0 m | F.S. |
| Pa45 | Finca La Granja | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 14,0 m | F.S. |
| Pa46 | Vereda Sevilla | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 13,0 m | F.S. |
| Pa47 | Vereda Sevilla | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 10,0 m | F.S. |
| Pa48 | Vereda Sevilla | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,0 m | 6,0 m | F.S. |
| Pa49 | Vereda Juan Minas | Qcal | Aljibe | Cemento | 1,5 m | 10,0 m | Riego |
| Pa50 | Vereda Cuatro Bocas | PgNgn | Aljibe | Ladrillo | 1,0 m | 14,0 m | F.S. |
| Pa51 | Vereda Cuatro Bocas | PgNgn | Aljibe | Cemento | 0,95 m | 3,0 m | F.S. |
| Pa52 | Vereda Cuatro Bocas | PgNgn | Aljibe | Ladrillo | 1,0 m | - | F.S. |
| Pa56 | Finca Fnos. Sequea | Qpp | Aljibe | Ladrillo | 1,2 m | - | Doméstico |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 4.9. Inventario de puntos de agua: Nivel Piezométrico, Parámetros Fisicoquímicos "In situ" y Tipo de Equipo de Bombeo.**

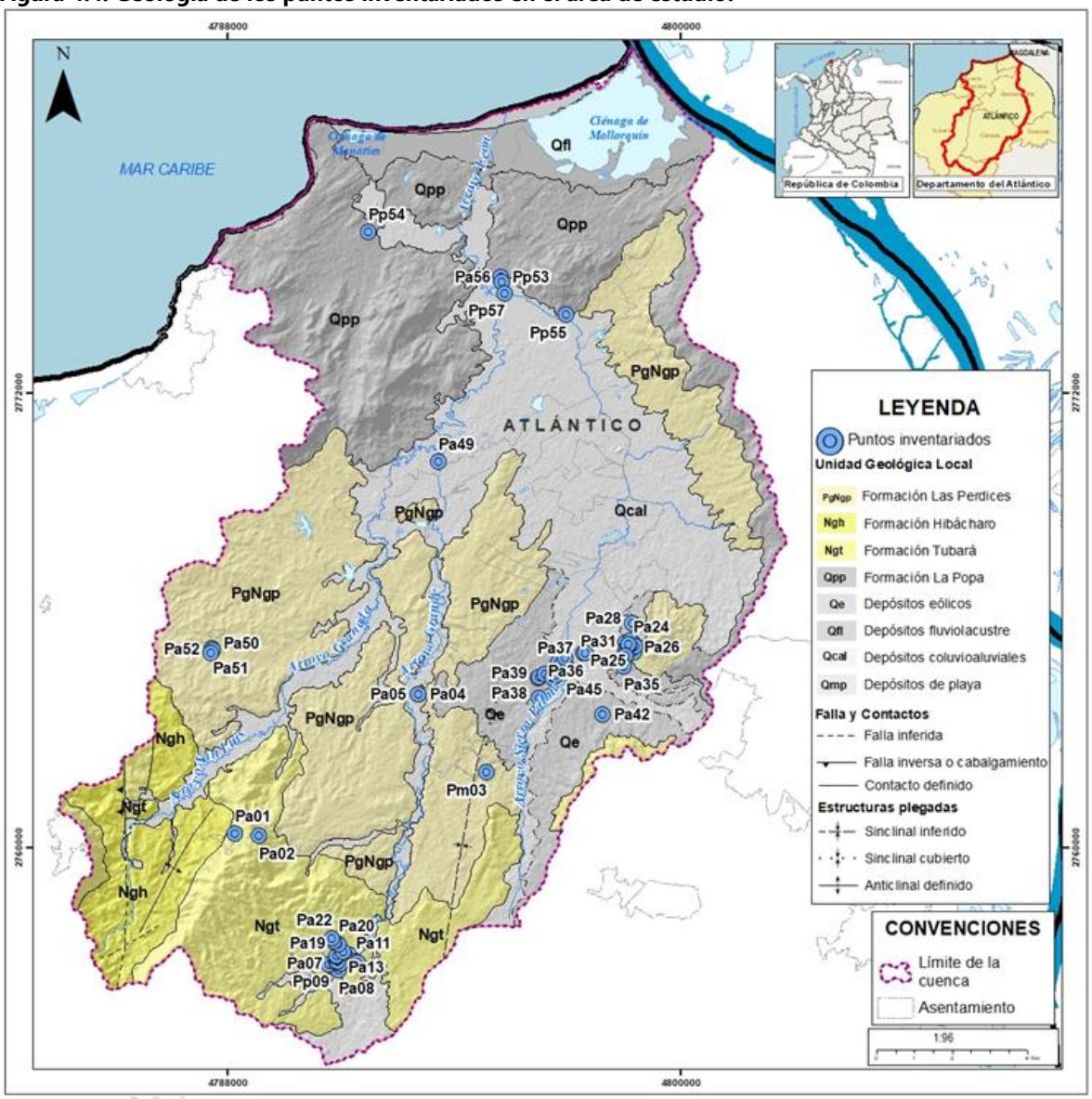
| No. | Punto Muestreo | Nivel (m) | Aspecto | pH | Temp. (°C) | Conduct. (µs/cm) | TSD (mg/l) | Bomba |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pa01 | Boca de Pozo | 2,50 | Turbia | 6,67 | 32,2 | 2023 | 1017 | - |
| Pa02 | Boca de Pozo | 1,43 | Cristalina | 6,64 | 29,9 | 921 | 460 | Turbina 3 hp |
| Pa04 | Boca de Pozo | 2,74 | Cristalina | 6,63 | 31,4 | 1147 | 574 | Turbina 1 hp |
| Pa05 | Boca de Pozo | 2,74 | Cristalina | 6,63 | 31,0 | 1153 | 578 | Turbina 1 hp |
| Pa06 | Boca de Pozo | 2,77 | Cristalina | 6,87 | 31,3 | 1943 | 974 | Turbina 1 hp |
| Pa07 | Boca de Pozo | 2,09 | Cristalina | 6,86 | 29,6 | 2669 | 1334 | - |
| Pa08 | Boca de Pozo | 4,71 | Cristalina | 7,15 | 31,3 | 3988 | 1991 | - |
| Pa10 | Boca de Pozo | 6,02 | Cristalina | 6,86 | 30,1 | 1546 | 778 | - |
| Pa11 | Boca de Pozo | 16,72 | Cristalina | 6,43 | 28,7 | 1636 | 829 | - |
| Pa12 | Boca de Pozo | 16,84 | Cristalina | 7,00 | 29,5 | 1593 | 798 | Sumergible 1 Hp |
| Pa13 | Boca de Pozo | 14,11 | Cristalina | 7,08 | 30,6 | 1721 | 863 | - |
| Pa14 | Boca de Pozo | 8,47 | Cristalina | 6,88 | 30,3 | 1757 | 880 | Sumergible 2 Hp |
| Pa15 | Boca de Pozo | 13,54 | Cristalina | 6,61 | 30,5 | 1259 | 630 | Sumergible 1 Hp |
| Pa16 | Boca de Pozo | 14,38 | Cristalina | 6,80 | 32,1 | 1185 | 593 | - |
| Pa17 | Boca de Pozo | 11,79 | Cristalina | 6,64 | 31,0 | 925 | 463 | - |
| Pa18 | Boca de Pozo | 12,08 | Cristalina | 7,31 | 31,2 | 1492 | 748 | Turbina 1 Hp |
| Pa19 | Boca de Pozo | 8,07 | Cristalina | 6,87 | 30,7 | 2307 | 1155 | Sumergible 1 Hp |
| Pa20 | Boca de Pozo | 8,42 | Turbia | 7,40 | 29,8 | 1727 | 862 | - |
| Pa21 | Boca de Pozo | 9,07 | Cristalina | 7,20 | 30,1 | 965 | 484 | Turbina 1 Hp |
| Pa22 | Boca de Pozo | 16,27 | Cristalina | 7,05 | 31,2 | 1548 | 776 | Sumergible 1 Hp |
| Pa24 | Boca de Pozo | 4,16 | Cristalina | 6,56 | 30,1 | 785 | 391 | Turbina ½ Hp |
| Pa25 | Boca de Pozo | 3,50 | Cristalina | 6,54 | 29,1 | 2781 | 1392 | Turbina 1 Hp |
| Pa26 | Boca de Pozo | 3,75 | Cristalina | 7,05 | 28,3 | 1168 | 585 | Turbina 1 Hp |
| Pa27 | Boca de Pozo | 6,08 | Cristalina | 6,23 | 29,0 | 3998 | 1997 | - |
| Pa28 | Boca de Pozo | 2,65 | Cristalina | 6,73 | 29,1 | 1132 | 568 | - |
| Pa29 | Boca de Pozo | 1,26 | Cristalina | 7,18 | 27,7 | 3855 | 1929 | - |
| Pa30 | Boca de Pozo | 1,27 | Cristalina | 6,45 | 28,4 | 1538 | 769 | - |
| Pa31 | Boca de Pozo | 0,37 | Cristalina | 6,55 | 29,6 | 1110 | 556 | Turbina 1 Hp |
| Pa32 | Boca de Pozo | 1,27 | Cristalina | 1,02 | 28,0 | 1219 | 611 | - |
| Pa33 | Boca de Pozo | 0,61 | Cristalina | 6,29 | 28,7 | 1232 | 615 | - |
| Pa34 | Boca de Pozo | 3,14 | Cristalina | 7,11 | 29,8 | 1250 | 627 | - |
| Pa35 | Boca de Pozo | 3,12 | Cristalina | 31,7 | 31,7 | 1571 | 787 | Sumergible 1 Hp |
| Pa36 | Boca de Pozo | 4,56 | Cristalina | 6,18 | 31,6 | 3978 | 1990 | Sumergible 2 Hp |
| Pa37 | Boca de Pozo | 4,16 | Turbia | 6,18 | 31,0 | 3985 | 1993 | - |
| Pa38 | Boca de Pozo | 7,19 | Cristalina | 7,21 | 32,1 | 1728 | 866 | Sumergible 3 Hp |
| Pa39 | Boca de Pozo | 0,77 | Cristalina | 7,52 | 30,7 | 974 | 488 | Sumergible 1 Hp |
| Pa40 | Boca de Pozo | 1,70 | Cristalina | 6,99 | 29,1 | 1689 | 846 | Sumergible ½ Hp |
| Pa41 | Boca de Pozo | 2,79 | Cristalina | 7,17 | 29,6 | 2534 | 1258 | Turbina ½ Hp |
| Pa42 | Boca de Pozo | 3,78 | Cristalina | 7,18 | 30,0 | 1018 | 510 | - |
| Pa43 | Boca de Pozo | 2,16 | Cristalina | 6,91 | 29,2 | 1318 | 660 | - |
| Pa44 | Boca de Pozo | 3,15 | Turbia | 6,93 | 29,8 | 1415 | 708 | - |
| Pa45 | Boca de Pozo | 3,10 | Turbia | 7,18 | 31,0 | 3978 | 1990 | - |

DOCUMENTO NO OFICIAL - FASE DE PUBLICIDAD

| No. | Punto Muestreo | Nivel (m) | Aspecto | pH | Temp. (°C) | Conduct. (µs/cm) | TSD (mg/l) | Bomba |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pa46 | Boca de Pozo | 3,18 | Cristalina | 6,11 | 29,2 | 2511 | 1256 | - |
| Pa47 | Boca de Pozo | 3,74 | Cristalina | 7,18 | 29,8 | 1715 | 857 | - |
| Pa48 | Boca de Pozo | 4,15 | Turbia | 7,17 | 31,1 | 3820 | 1909 | - |
| Pa49 | Boca de Pozo | 2,82 | Cristalina | 7,15 | 29,0 | 3906 | 1953 | Turbina 10 Hp |
| Pa50 | Boca de Pozo | 4,15 | Turbia | 7,12 | 28,7 | 1919 | 960 | - |
| Pa51 | Boca de Pozo | 0,40 | Turbia | 8,11 | 29,0 | 1318 | 658 | - |
| Pa52 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Pa56 | - | - | - | - | - | - | - | - |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.4. Geología de los puntos inventariados en el área de estudio.**




DOCUMENTO

### 4.2.4. Registro Fotográfico

**Figura 4.5. Pozo tipo aljibe Pa01.**

**Figura 4.6. Pozo tipo aljibe Pa02.**

**Figura 4.7. Manantial Pm03.**

**Figura 4.8. Pozo tipo aljibe Pa04.**

**Figura 4.9. Pozo tipo aljibe Pa05.**

**Figura 4.10. Pozo tipo aljibe Pa06.**

DOCUMENTO FINAL

**Figura 4.11. Pozo tipo aljibe Pa07.**

**Figura 4.12. Pozo tipo aljibe Pa08.**

DOCUMENTO CONTROLADO

**Figura 4.13. Pozo profundo Pp09.**

**Figura 4.14. Pozo tipo aljibe Pa10.**

DOCUMENTO DE UNIDAD

**Figura 4.15. Pozo tipo aljibe Pa11.**

**Figura 4.16. Pozo tipo aljibe Pa12.**

DOCUMENTO DE UNIDAD

**Figura 4.17. Pozo tipo aljibe Pa13.**

**Figura 4.18. Pozo tipo aljibe Pa14.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.19. Pozo tipo aljibe Pa15.**

**Figura 4.20. Pozo tipo aljibe Pa16.**

DOCUMENTO CONTROLADO

**Figura 4.21. Pozo tipo aljibe Pa17.**

**Figura 4.22. Pozo tipo aljibe Pa18.**

**Figura 4.23. Pozo tipo aljibe Pa19.**

**Figura 4.24. Pozo tipo aljibe Pa20.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.25. Pozo profundo Pa21.**

**Figura 4.26. Pozo tipo aljibe Pa22.**

DOCUMENTO

**Figura 4.27. Pozo profundo Pp23.**

**Figura 4.28. Pozo tipo aljibe Pa24.**

DOCUMENTO EN CONSULTA

**Figura 4.29. Pozo tipo aljibe Pa25.**

**Figura 4.30. Pozo tipo aljibe Pa26.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.31. Pozo tipo aljibe Pa27.**

**Figura 4.32. Pozo tipo aljibe Pa28.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.33. Pozo tipo aljibe Pa20.**

**Figura 4.34. Pozo tipo aljibe Pa30.**

DOCUMENTO DE TRABAJO

**Figura 4.35. Pozo tipo aljibe Pa31.**

**Figura 4.36. Pozo tipo aljibe Pa32.**

DOCUMENTO UNIVERSIDAD

**Figura 4.37. Pozo tipo aljibe Pa33.**

**Figura 4.38. Pozo tipo aljibe Pa34.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.39. Pozo tipo aljibe Pa35.**

**Figura 4.40. Pozo tipo aljibe Pa36.**

DOCUMENTO EN CONSULTA PÚBLICA

**Figura 4.41. Pozo tipo aljibe Pa37.**

**Figura 4.42. Pozo tipo aljibe Pa38.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.43. Pozo tipo aljibe Pa39.**

**Figura 4.44. Pozo tipo aljibe Pa40.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.45. Pozo tipo aljibe Pa41.**

**Figura 4.46. Pozo tipo aljibe Pa42.**

DOCUMENTO DE TRABAJO

**Figura 4.47. Pozo tipo aljibe Pa43.**

**Figura 4.48. Pozo tipo aljibe Pa44.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.49. Pozo profundo Pa45.**

**Figura 4.50. Pozo tipo aljibe Pa49.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.51. Pozo tipo aljibe Pa50.**

**Figura 4.52. Pozo tipo aljibe Pa51.**

DOCUMENTO UNITARIO

**Figura 4.53. Pozo tipo aljibe Pa52.**

**Figura 4.54. Pozo tipo aljibe Pa53.**

DOCUMENTO FINAL

**Figura 4.55. Pozo profundo Pp54.**

**Figura 4.56. Pozo profundo Pp55.**

DOCUMENTO DE UNIDAD

**Figura 4.57. Pozo tipo aljibe Pa56.**

**Figura 4.58. Pozo profundo Pa57.**

**Figura 4.59. Análisis de calidad del agua "In situ".**

## 4.2.5. Análisis de la información

A continuación, se realiza un análisis general de los pozos visitados en relación con la profundidad, nivel freático y caudal de explotación (pruebas de bombeo):

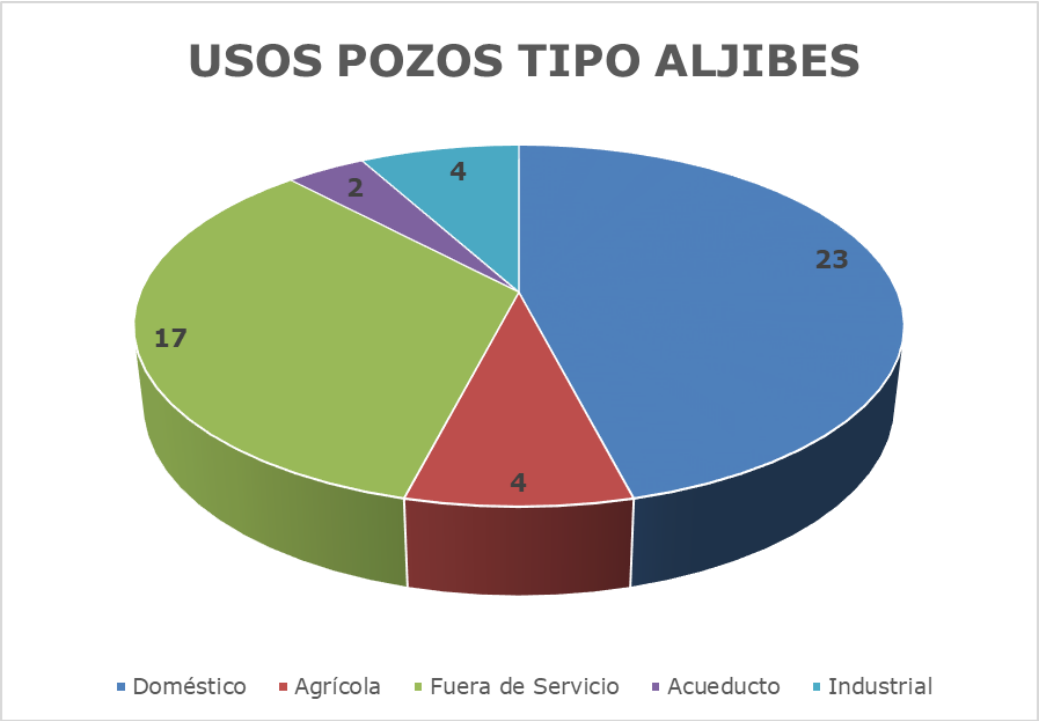
**Tabla 4.10. Análisis general de los pozos inventariados.**

| Tipo de punto | No. de puntos | Profundidad (m) | Nivel de la tabla de agua* (m) | Caudal de explotación (l/s) |
|---|---|---|---|---|
| Aljibe | 50 | 3,00 – 23,0 | 0,37 – 16,84 | 0,41 – 3,60 |
| Profundo | 6 | 9,0 – 87,0 | 5,41 – 17,02 | 3,39 – 9,81 |
| - Se indican rangos donde se relaciona el valor máximo y mínimo. | | | | |
| * Medido a boca de pozo | | | | |

DOCUMENTO DEFINITIVO

### 4.2.5.1. *Pozos tipo aljibe*

**Figura 4.60. Grafica de usos del agua de los pozos tipo aljibe visitados.**




De los 52 pozos tipo aljibe visitados treinta y dos (23) son utilizados para uso doméstico, cinco (4) para uso agrícola, cinco (4) para uso industrial, dos (2) para consumo humano (acueducto) y diecisiete (17) están fuera de servicio.

El nivel freático promedio de los pozos revisados es de 5,37 metros medidos desde boca de pozo.

Todos los pozos tipo aljibe visitados tenían sus equipos de bombeo apagados, por lo tanto, fueron medidos niveles estáticos.

La profundidad promedio de los pozos tipo aljibe es de 11,48 metros y su diámetro promedio es de 1,11 metros.

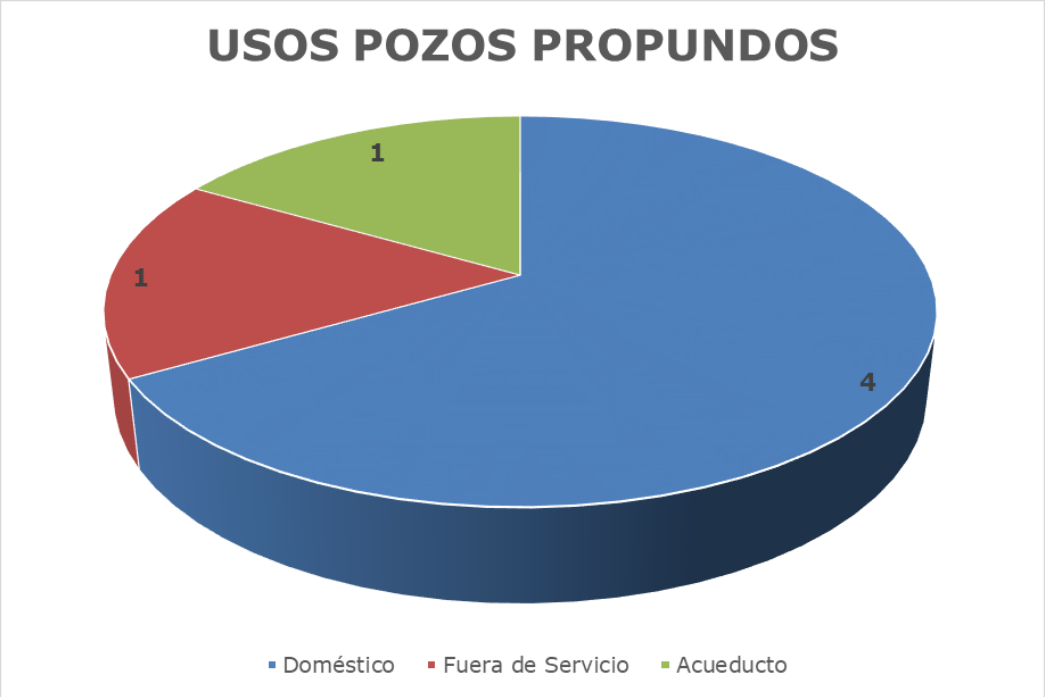
Cuarenta y siete (47) de los pozos monitoreados están construidos en anillos de concreto prefabricados, los otros tres (3) fueron encamisados en mampostería (ladrillo).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

A dos (2) de los pozos visitados no fue posible medirles el nivel, debido a exigencia de los propietarios.

### 4.2.5.2. *Pozos profundos*

**Figura 4.61. Grafica de usos del agua de los pozos profundos visitados.**




De los 6 pozos profundos visitados cuatro (4) son utilizados para uso doméstico, uno (1) para consumo humano (acueducto) y uno (1) está fuera de servicio.

El nivel freático promedio de los pozos revisados es de 10,88 metros medidos desde boca de pozo.

La profundidad promedio de los pozos profundos en el área de estudio es de 38,5 metros.

De los pozos profundos monitoreados tres (3) están encamisados en PVC, dos (2) están encamisados en acero y uno (1) en fierro; sus diámetros oscilan entre de 4 y 8 pulgadas.

### 4.2.6. Información complementaria

A continuación, se describe la localización de los pozos inventariados en Coordenadas MAGNA-SIRGAS – Origen Nacional:

**Tabla 4.11. Coordenadas MAGNA-SIRGAS – Origen Nacional de los puntos inventariados.**

| ID | Coord. N | Coord. W | Altura GPS |
|---|---|---|---|
| Pa01 | 2760375,62 | 4788222,91 | 185 |
| Pa02 | 2760327,32 | 4788859,32 | 204 |
| Pm 03 | 2762006,45 | 4794869,14 | 79 |
| Pa04 | 2764062,02 | 4793059,42 | 60 |
| Pa05 | 2764052,77 | 4793065,13 | 60 |
| Pa06 | 2756826,51 | 4790914,14 | 118 |
| Pa07 | 2756837,45 | 4790835,56 | 119 |
| Pa08 | 2756766,08 | 4790949,90 | 117 |
| Pp09 | 2756931,90 | 4790715,30 | 120 |
| Pa10 | 2757167,29 | 4791239,38 | 118 |
| Pa11 | 2757009,80 | 4791418,77 | 116 |
| Pa12 | 2756985,24 | 4791465,98 | 121 |
| Pa13 | 2756967,57 | 4790903,80 | 126 |
| Pa14 | 2756951,30 | 4791000,56 | 120 |
| Pa15 | 2757003,40 | 4790922,24 | 125 |
| Pa16 | 2757124,15 | 4790917,23 | 127 |
| Pa17 | 2757138,92 | 4790913,38 | 128 |
| Pa18 | 2757257,95 | 4791085,08 | 123 |
| Pa19 | 2757486,99 | 4790909,19 | 125 |
| Pa20 | 2757467,71 | 4790946,42 | 123 |
| Pa21 | 2757528,66 | 4790829,28 | 128 |
| Pa22 | 2757620,78 | 4790785,23 | 131 |
| Pp23 | 2756387,65 | 4790213,86 | 127 |
| Pa24 | 2765375,43 | 4798744,23 | 68 |
| Pa25 | 2765438,61 | 4798557,92 | 59 |
| Pa26 | 2765423,16 | 4798724,18 | 67 |
| Pa27 | 2765475,65 | 4798679,58 | 65 |
| Pa28 | 2765940,69 | 4798734,32 | 64 |
| Pa29 | 2765181,98 | 4798781,91 | 63 |
| Pa30 | 2765321,05 | 4798796,42 | 69 |
| Pa31 | 2765336,84 | 4798623,78 | 61 |
| Pa32 | 2765329,29 | 4798603,70 | 60 |
| Pa33 | 2765370,22 | 4798640,38 | 62 |
| Pa34 | 2765083,62 | 4798541,79 | 57 |
| Pa35 | 2764795,48 | 4798492,68 | 59 |
| Pa36 | 2765146,63 | 4797428,96 | 46 |
| Pa37 | 2765156,14 | 4797482,45 | 47 |
| Pa38 | 2763962,60 | 4796256,84 | 54 |
| Pa39 | 2764492,57 | 4796242,49 | 55 |
| Pa40 | 2764509,25 | 4796278,12 | 54 |
| Pa41 | 2764592,83 | 4796423,74 | 54 |
| Pa42 | 2763525,01 | 4797937,26 | 66 |
| Pa43 | 2764481,58 | 4796631,62 | 52 |
| Pa44 | 2764558,44 | 4796719,53 | 50 |

DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICIDAD

| ID | Coord. N | Coord. W | Altura GPS |
|---|---|---|---|
| Pa45 | 2764674,23 | 4796972,82 | 47 |
| Pa46 | 2764832,08 | 4796979,86 | 47 |
| Pa47 | 2764892,65 | 4796770,46 | 50 |
| Pa48 | 2765020,54 | 4796953,70 | 47 |
| Pa49 | 2770201,96 | 4793607,88 | 30 |
| Pa50 | 2765286,12 | 4787595,83 | 75 |
| Pa51 | 2765218,01 | 4787629,09 | 74 |
| Pa52 | 2765146,72 | 4787585,53 | 69 |
| Pp53 | 2775083,58 | 4795250,71 | 13 |
| Pp54 | 2776264,94 | 4791755,63 | 19 |
| Pp55 | 2774090,21 | 4796968,97 | 15 |
| Pa56 | 2774961,13 | 4795280,30 | 12 |
| Pp57 | 2774659,98 | 4795348,22 | 14 |

## *4.3. Geotomografía*

### 4.3.1. Prospección geofísica

La prospección geofísica es un método rápido y económico para conocer las condiciones Geológicas e Hidrogeológicas del subsuelo.

La Geotomografía Eléctrica es actualmente uno de los métodos geofísicos más preciso para conocer las condiciones Geológicas e Hidrogeológicas del subsuelo y cada día presenta avances en recursos tecnológicos, desplazando a otros métodos de prospección.

Dicha actividad debe realizarse por personal especializado (Geofísico), el cual debe contar con los equipos necesarios para esta actividad y software de interpretación de resultados.

### 4.3.2. Método de geotomografía de resistividad eléctrica:

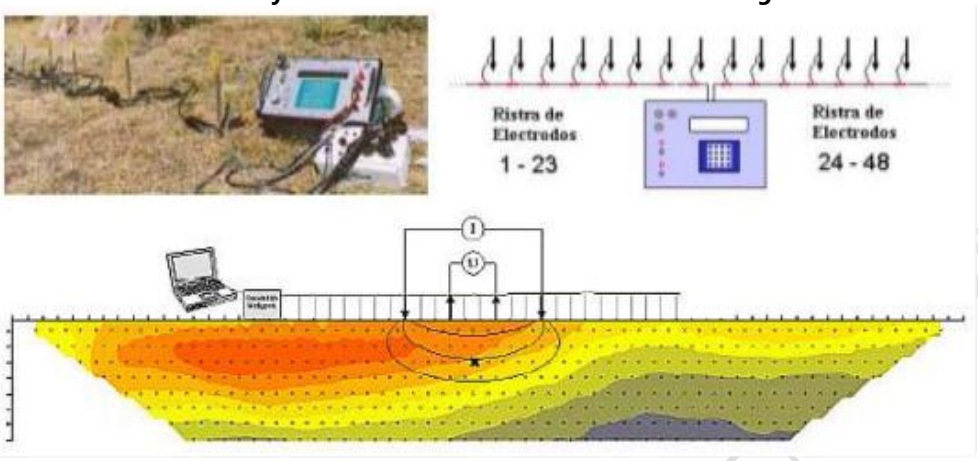
El estudio de Geotomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) (2D), comúnmente encontrado en la bibliografía como ERT, abreviación de Electrical Resistivity Tomography, es un método que permite investigar la variación de la resistividad del subsuelo a profundidad y lateralmente.

Se estudia a lo largo de líneas en una dirección determinada, donde se inyecta una corriente eléctrica y mediante un dispositivo receptor se observa la respuesta del subsuelo, siendo el resultado, datos de resistividades aparentes.

Se caracteriza por ser una técnica de resistividad multielectrónica, cuyo arreglo geométrico varía dependiendo del objetivo de estudio.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.62. Perfil de resistividad y distribución de electrodos en la Geotomografía.**



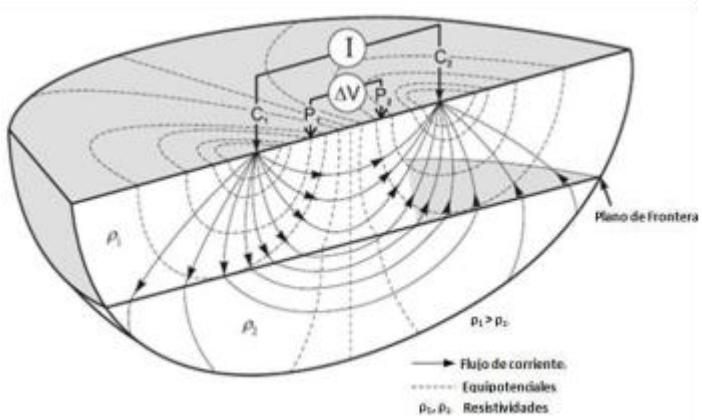

Con las mediciones adquiridas se construye una sección en dos dimensiones (2D) que muestra una primera aproximación de los cambios en el subsuelo. Posteriormente, se aplica un algoritmo de inversión para obtener la distribución real de resistividades o imagen eléctrica. Imagen que será un resultado interpretable desde un punto de vista físico y geológico, y que dará información sobre las características físicas del subsuelo.

Este método geofísico fue desarrollado para la investigación de áreas de geología compleja (Griffiths, 1993). Su aplicación es diversa, como en la exploración de recursos naturales y actualmente en numerosas aplicaciones ambientales, hidrogeológicas, arqueológicas y geotécnicas.

### 4.3.2.1. *Marco teórico de la T.R.E. (2D)*

El principio físico en el que se basa esta metodología está relacionado con el siguiente concepto: mediante un dispositivo electrónico, se inyecta una corriente estacionaria a través de un par de electrodos puntuales [C1 y C2], y se lee la diferencia de potencial entre otro par de electrodos [P1 y P2]. La relación de estas dos magnitudes proporciona una resistividad aparente que depende de la resistencia de los materiales presentes en el subsuelo. Para el caso de prospección eléctrica se considera un campo estacionario, por tanto, las derivadas temporales se anulan, quedando expresada la ecuación de resistividad así:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE FACTIBILIDAD




$$R = K\,\frac{V}{I}$$

Dónde:
V: Voltaje Medido.
I: Corriente Medida.
K: Constante que depende de la configuración de los electrodos (A, B, M, N).
R: Resistividad del terreno a la profundidad (AB/2).

En la práctica se utilizan al menos dos electrodos en la superficie, uno positivo que inyecta corriente al subsuelo y a su vez uno negativo que colecta la corriente de regreso. Además, los valores de potencial tienen un patrón simétrico con respecto al punto medio entre los electrodos.

Sin embargo, prácticamente todos los estudios se realizan con un arreglo geométrico de cuatro o más electrodos, como la tomografía eléctrica que se caracteriza por ser multielectrónica, que finalmente están basados en el mismo principio.

El arreglo geométrico consta de dos electrodos por donde se inyecta la corriente llamados $C_1$, $C_2$ y dos electrodos $P_1$, $P_2$ que miden el potencial. La configuración geométrica puede variar dependiendo del objetivo del estudio.

### 4.3.2.2. *Variación vertical de la resistividad*

Los registros de la resistividad aparente se ven afectados fuertemente por la resistividad de los materiales del subsuelo que está cerca del arreglo electrónico (distancia menor a $P_1$-$P_2$) y se afecta en menor grado por la resistividad de los materiales que están a distancias grandes (mayores a $C_1$-$C_2$), tanto lateralmente como en profundidad.

**Figura 4.63. Esquema general de configuración de la Geotomografía TRE – 2D.**

Por lo tanto, para investigar las variaciones de la resistividad con la profundidad en un sitio, se varía la separación de los electrodos de la configuración electrónicas ($P_1$-$P_2$, $C_1$-$C_2$) y registrar las caídas de potencia.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

#### 4.3.2.3. *Metodología*

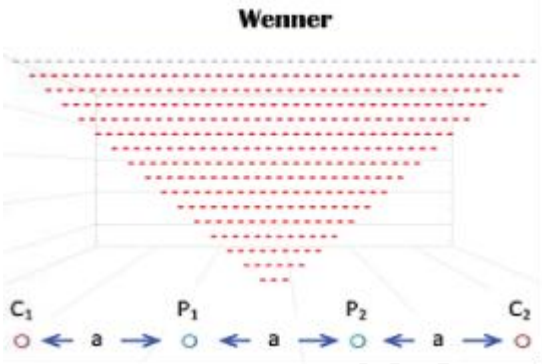
El principio de los cuatro electrodos se denomina cuadripolo o tetrapolo. En principio los cuatro electrodos pueden adoptar cualquier disposición geométrica sobre el plano que representa la superficie del terreno.

De las diferentes configuraciones posibles que ofrece la T.R.E. se han elegido dos, Wenner y Dipolo-Dipolo, por sus diferentes características y cuyo común denominador es el espaciamiento entre electrodos.

En función del espaciado entre electrodos puede establecerse un compromiso entre profundidad de investigación y resolución. A mayor espaciado de electrodos, la profundidad alcanzada es mayor, pero la resolución disminuye.

##### 4.3.2.3.1. *Wenner*

El arreglo Wenner "normal" o también llamado Wenner Alpha, fue utilizado por primera vez por el grupo pionero de investigación de la Universidad de Birmingham.



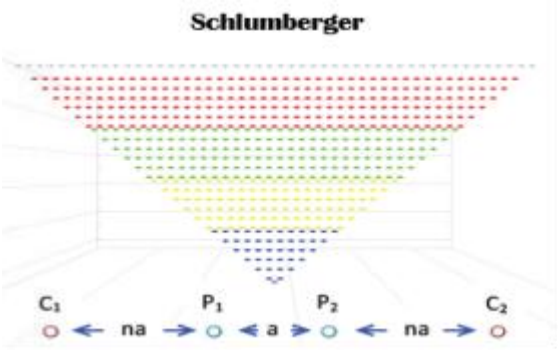

Los electrodos se mantienen equidistantes, con una longitud de dipolo de "a", se mueven sobre una línea con la disposición de $C_1$-$P_1$-$P_2$-$C_2$, aumentando el espaciamiento "n x a", donde "n" es el factor de separación del dipolo o comúnmente llamado nivel de estudio.

Con este método se logra mejor resolución entre las capas, pero menor profundidad en el subsuelo.

##### 4.3.2.3.2. *Schlumberger*

En este arreglo la distancia de los electrodos $P_1$ - $P_2$ se mantiene constante, ampliando solo la distancia $C_2$ - $C_1$.

A separaciones mayores en donde se hace necesario ampliar los electrodos $P_1$- $P_2$, es necesario realizar una medida de empalme o punto doble donde se busca hacer una recuperación de la medida de potencial para valores de $P_1$-$P_2$ mucho mayores a $C_2$-$C_1$.



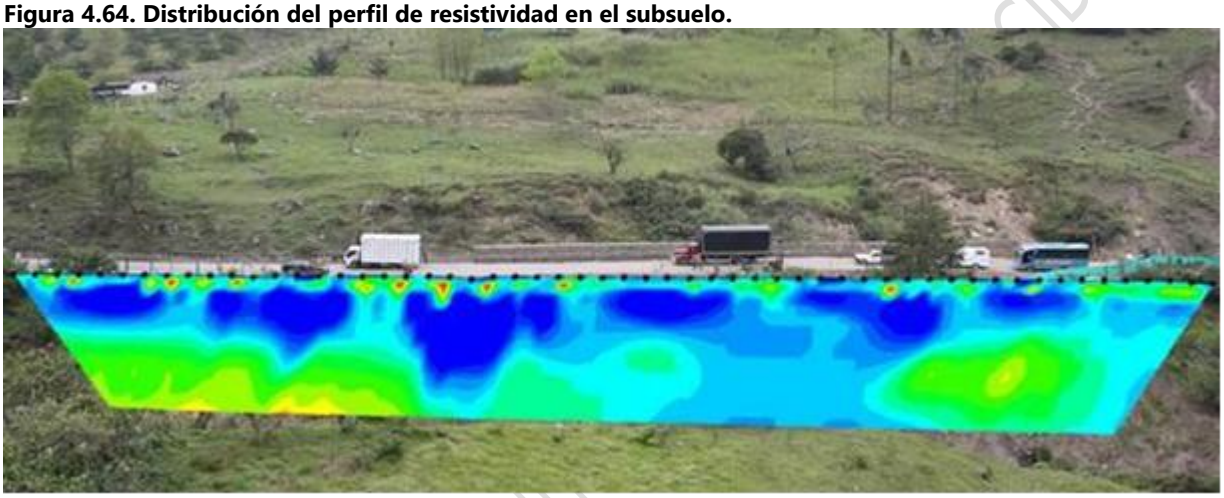

DOCUMENTO NO OFICIAL - PROYECTO - FASE DE PUBLICIDAD

Con este método logra mayor profundidad que con el método Wenner, pero su resolución horizontal es menor.

#### 4.3.2.4. *Interpretación*

La finalidad de un registro de Geotomografía Eléctrica en aguas subterráneas es determinar la situación hidrogeológica del subsuelo en la zona de estudio; para tal fin, se interpreta el sondeo en dos etapas:

**Figura 4.64. Distribución del perfil de resistividad en el subsuelo.**



Con la primera se obtiene una estratificación geológica y las resistividades verdaderas de cada capa, partiendo de las leyes fisicomatemáticas. Con la segunda se busca el significado hidrogeológico de esas capas y resistividades, correlacionando los resultados con los datos disponibles del subsuelo.

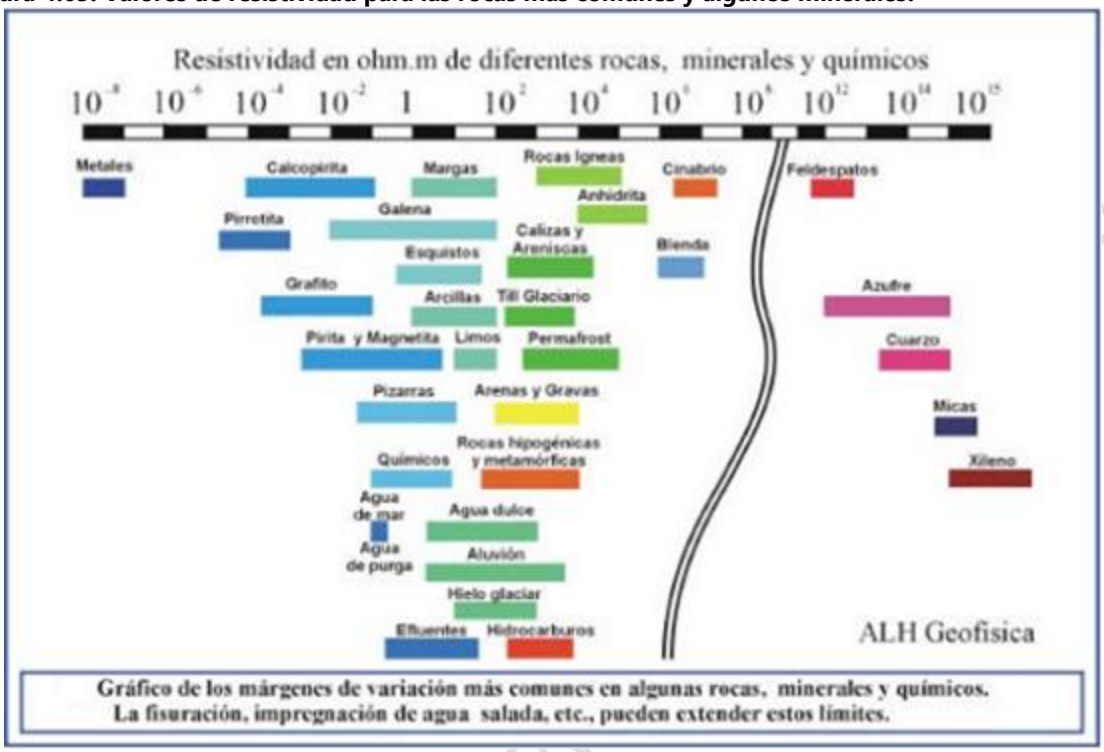
Esta técnica permite determinar el valor de la resistividad eléctrica real y su distribución en el subsuelo a partir de las mediciones realizadas en superficie.

Posteriormente los datos son procesados con algoritmos mediante herramientas informáticas que tras un proceso de iteraciones aproximan la sección medida a un modelo teórico real.

El resultado final es una sección distancia-profundidad con la distribución de la resistividad eléctrica real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos o geotécnicos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - CIDAD

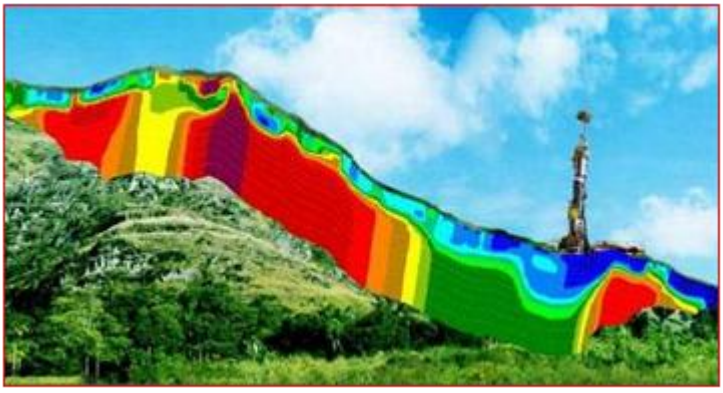
**Figura 4.65. Valores de resistividad para las rocas más comunes y algunos minerales.**




La aplicación hidrogeológica constituye la segunda etapa de la interpretación, con esta se deduce el significado geológico e hidrogeológico de las resistividades y los espesores obtenidos.

En esta etapa se integran todos los datos disponibles de modo que la interpretación sea la más ajustada a la realidad, esto implica que entre más datos se tengan sobre el agua subterránea, su calidad y la estratigrafía del acuífero obtenida de perforaciones, más precisos serán los resultados obtenidos mediante la investigación.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO



### 4.3.2.5. *Ventajas y limitaciones del método*

Las ventajas que presenta este método son las siguientes:

El proceso de captura de los datos está totalmente automatizado, pudiéndose realizar un gran número de medidas, de forma que se obtiene secciones 2-D de excepcional resolución tanto en profundidad como lateralmente.

Gracias a esta visión bidimensional de alta resolución, el método de Tomografía eléctrica nos permitirá:

1. Detectar zonas susceptibles de presentar focos de filtración, así como caracterizar geométricamente el problema (estimar la profundidad del flujo).
2. Abordar de forma eficaz problemas en terrenos con elevada complejidad estructural.
3. Ubicar con gran eficiencia otro tipo de procedimientos (sondeos o piezómetros), dado que nos marca lugar y profundidad a la que se encuentra la anomalía.

**Ventajas**:

- El procesado de los datos se puede realizar en el propio campo, mediante la ayuda de un portátil y en un tiempo muy reducido.
- Esta manera de obtener resultados casi en tiempo real, le confiere al método una gran versatilidad a la hora de resolver posibles problemas surgidos durante todo el procedimiento de campo, lo cual nos permite decidir en el sitio la ejecución de nuevos perfiles que inicialmente no estaban proyectados.
- Se puede controlar la profundidad máxima de estudio.
- Es un método no destructivo.

**Limitaciones**:

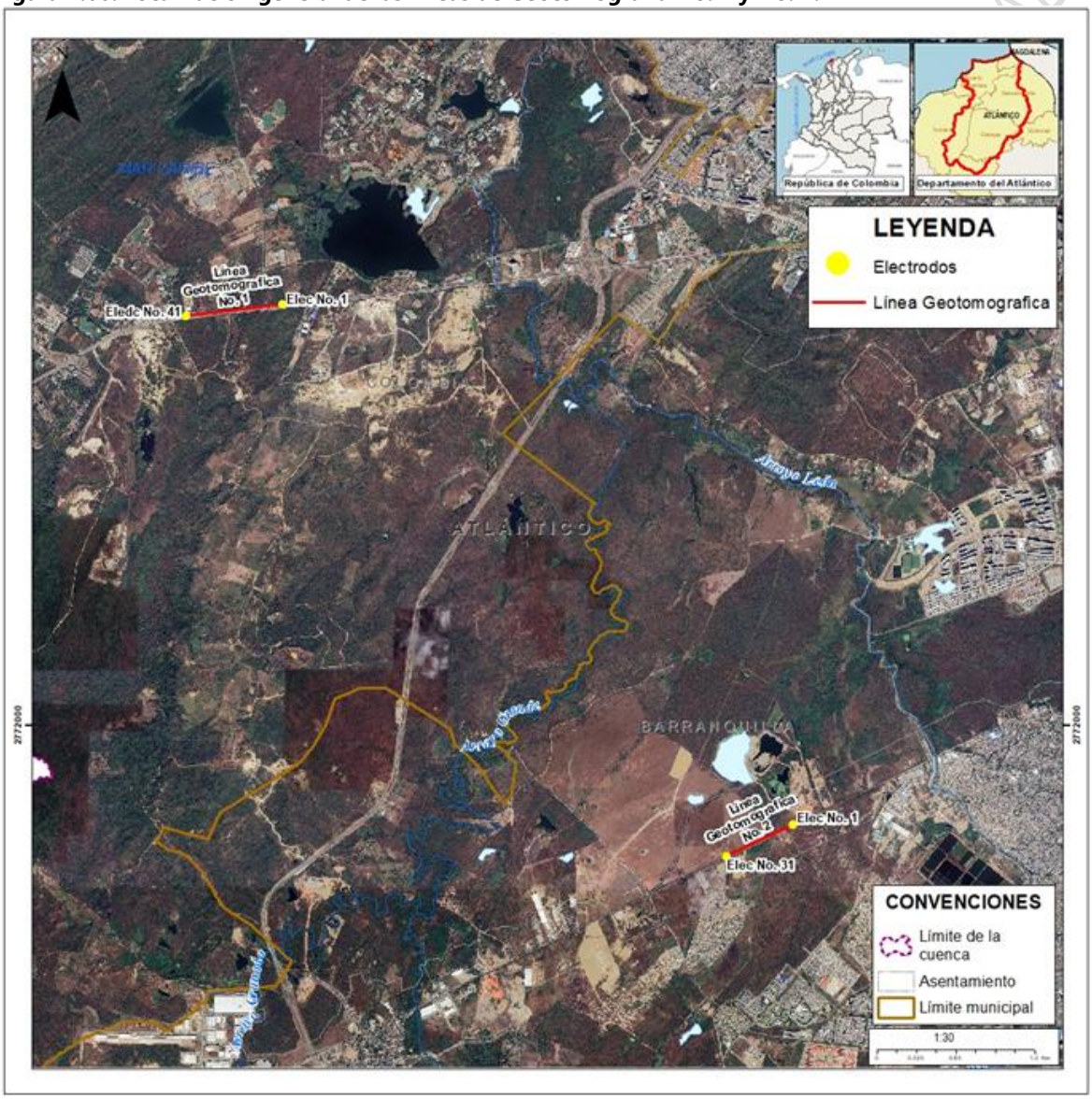
- Disponer del material requerido, pues a diferencia de otros métodos, la Geotomografía de Resistividad Eléctrica precisa de un equipo costoso en comparación con otras técnicas y un procedimiento de campo relativamente demorado.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

- Como pasa en todos los métodos de resistividad eléctrica, la presencia de material muy resistivo en superficie imposibilita un buen funcionamiento del método, siendo necesario la utilización de otras técnicas.

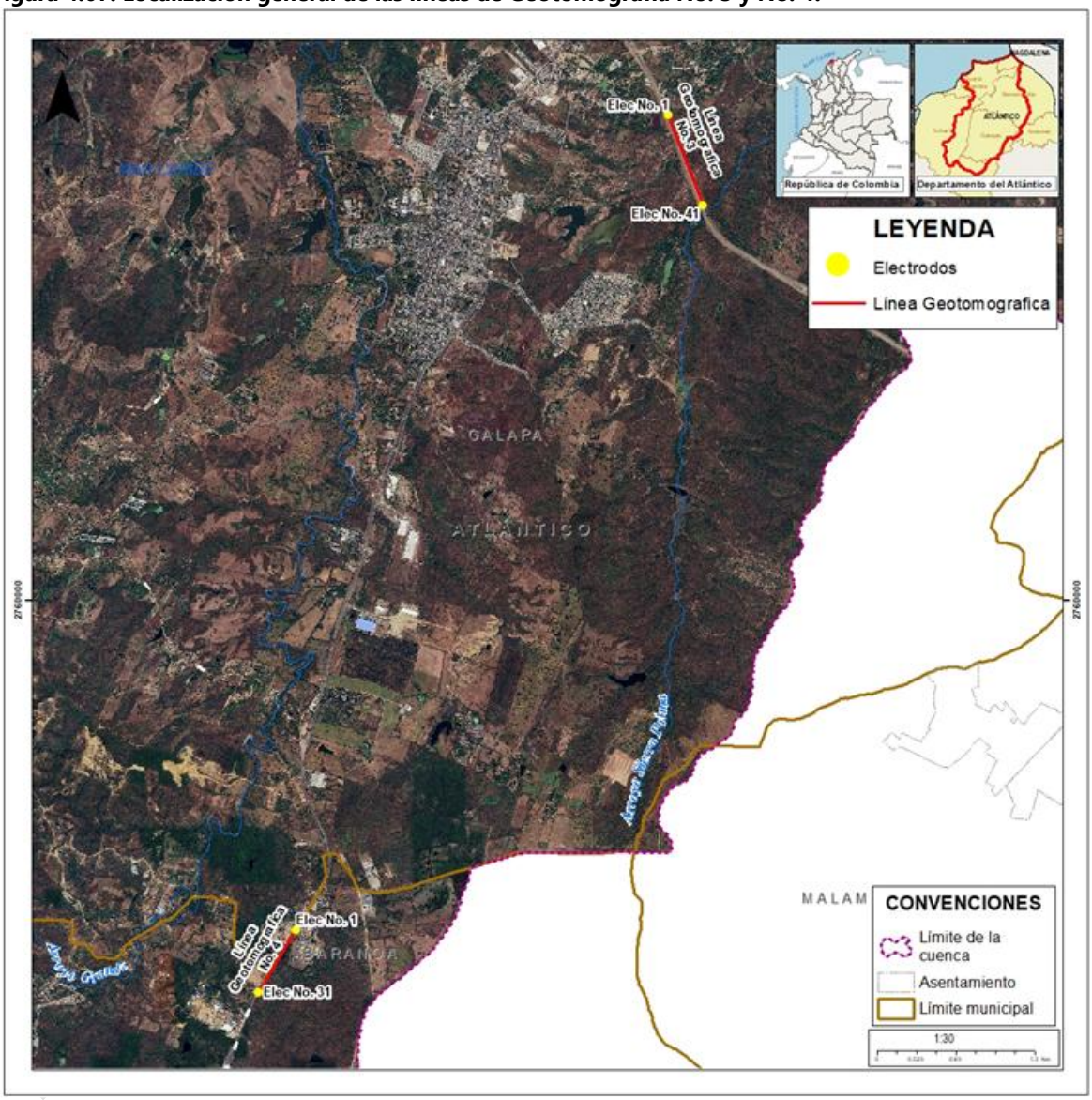
### 4.3.3. Localización

**Figura 4.66. Localización general de las líneas de Geotomografía No. 1 y No. 2.**



Para la evaluación de las características hidrogeológicas de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, se realizaron cuatro (4) registros de Geotomografía de Resistividad Eléctrica, los cuales se denominaron así:

**Figura 4.67. Localización general de las líneas de Geotomografía No. 3 y No. 4.**




1. **Registro No. 1**: Realizado en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre la vía al Mar en el tramo Barranquilla-Puerto Colombia, frente al colegio Altamira International School.

2. **Registro No. 2**: Realizado en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre la carrera 38 vía a Juan Minas, frente a la fábrica Proymetal S.A.
3. **Registro No. 3**: Realizado en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre la Circunvalar de la Prosperidad al noroccidente de Galapa, cerca del Centro Recreacional Villa Lucy.
4. **Registro No. 4**: Realizado en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre la vía Circunvalar en el tramo Galapa-Baranoa, cerca de la Planta PRIMAX de Galapa.

**Tabla 4.12. Coordenadas geográficas GMS del primero y el ultimo electrodo de las Geotomografías realizadas.**

| CODIGO | COORD. N | COORD. W | ALTURA GPS |
|---|---|---|---|
| **Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 1** | | | |
| **Electrodo No. 1** | 11° 00' 41.76" | 74° 54' 00.07" | 31 |
| **Electrodo No. 41** | 11° 00' 38.52" | 74° 54' 26.18" | 20 |
| **Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 2** | | | |
| **Electrodo No. 1** | 10° 58' 22.76" | 74° 51' 40.23" | 20 |
| **Electrodo No. 31** | 10° 58' 14.24" | 74° 51' 58.06" | 22 |
| **Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 3** | | | |
| **Electrodo No. 1** | 10° 54' 29.03" | 74° 52' 10.67" | 61 |
| **Electrodo No. 41** | 10° 54' 04.75" | 74° 52' 00.99" | 61 |
| **Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 4** | | | |
| **Electrodo No. 1** | 10° 50' 49.58" | 74° 53' 50.45" | 134 |
| **Electrodo No. 31** | 10° 50' 32.71" | 74° 54' 00.36" | 124 |

**Tabla 4.13. Coordenadas MAGNA-SIRGAS – Origen Nacional del primero y el ultimo electrodo de las Geotomografías realizadas.**

| CODIGO | COORD. N | COORD. E | ALTURA |
|---|---|---|---|
| **Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 1** | | | |
| **Electrodo No. 1** | 2775481,86 | 4792490,25 | 31 |
| **Electrodo No. 41** | 2775387,36 | 4791697,24 | 20 |
| **Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 2** | | | |
| **Electrodo No. 1** | 2771185,60 | 4796707,58 | 20 |
| **Electrodo No. 31** | 2770927,25 | 4796164,80 | 22 |
| **Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 3** | | | |
| **Electrodo No. 1** | 2764011,87 | 4795739,22 | 61 |
| **Electrodo No. 41** | 2763264,25 | 4796028,48 | 61 |
| **Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 4** | | | |
| **Electrodo No. 1** | 2757289,83 | 4792667,95 | 134 |
| **Electrodo No. 31** | 2756773,50 | 4792363,80 | 124 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - USO DE PUBLICIDAD

**Figura 4.68. Vista 3D de Geotomografía de Resistividad Eléctrica (Foto Google Earth).**

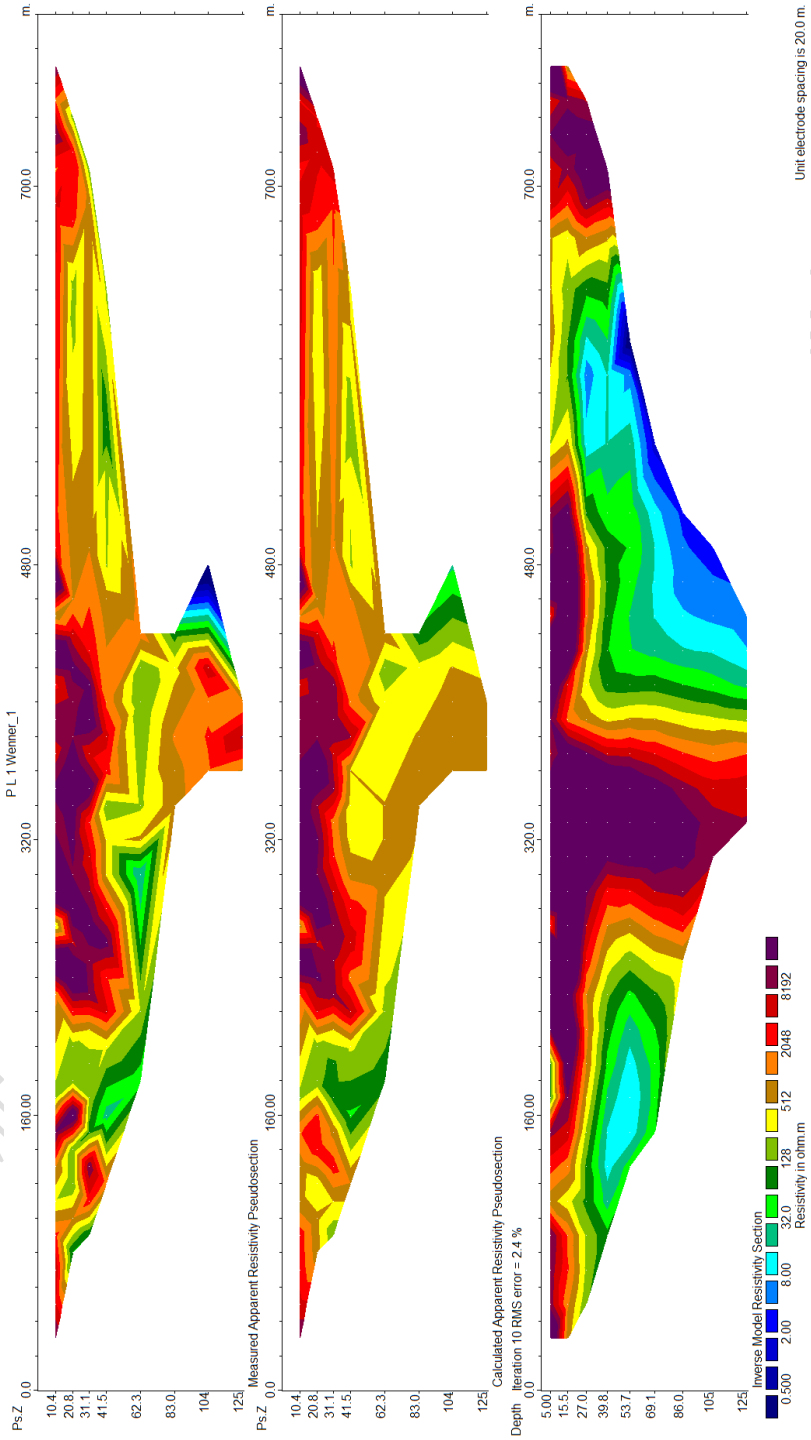
## 4.3.4. Resultados obtenidos

A continuación, se describen los resultados obtenidos de las Geotomografía de Resistividad Eléctrica, la cual se interpreta por los métodos Wenner, Schlumberger y Dipolo-Dipolo.

Finalmente se analiza la imagen del modelo de resistividad más representativo de las condiciones Geológicas e Hidrogeológicas de la zona y que presente mayor grado de certeza en la solución interpretativa (algoritmo matemático por el método Jacobiam Matrix).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 4.69. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 1, método Wenner.**




DOCUMENTO
CIUDAD

**Figura 4.70. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 1, método Schlumberger.**

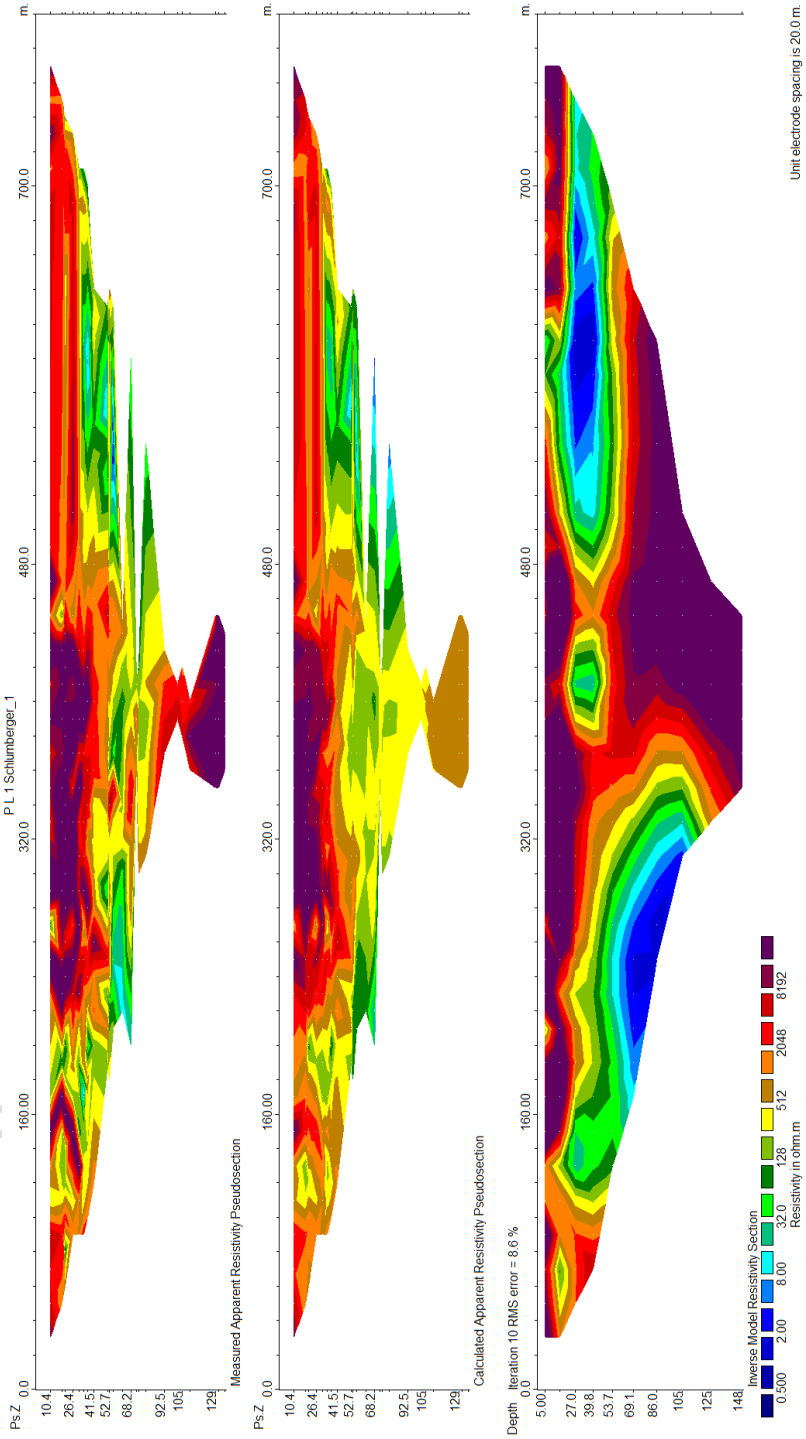
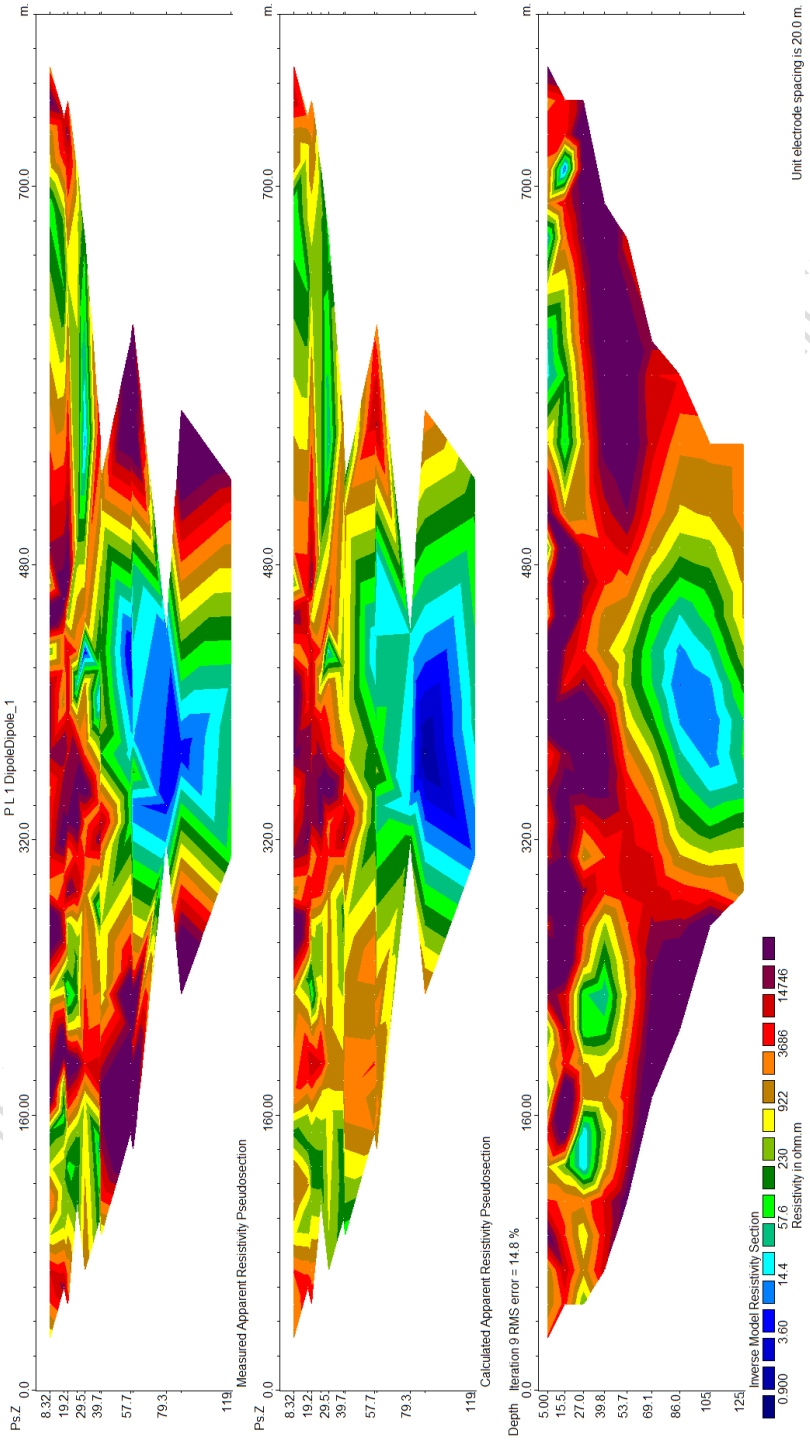


**Figura 4.71. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 1, método Dipolo-Dipolo.**




DOCUMENTO
CIDAD

**Figura 4.72. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 2, método Wenner.**

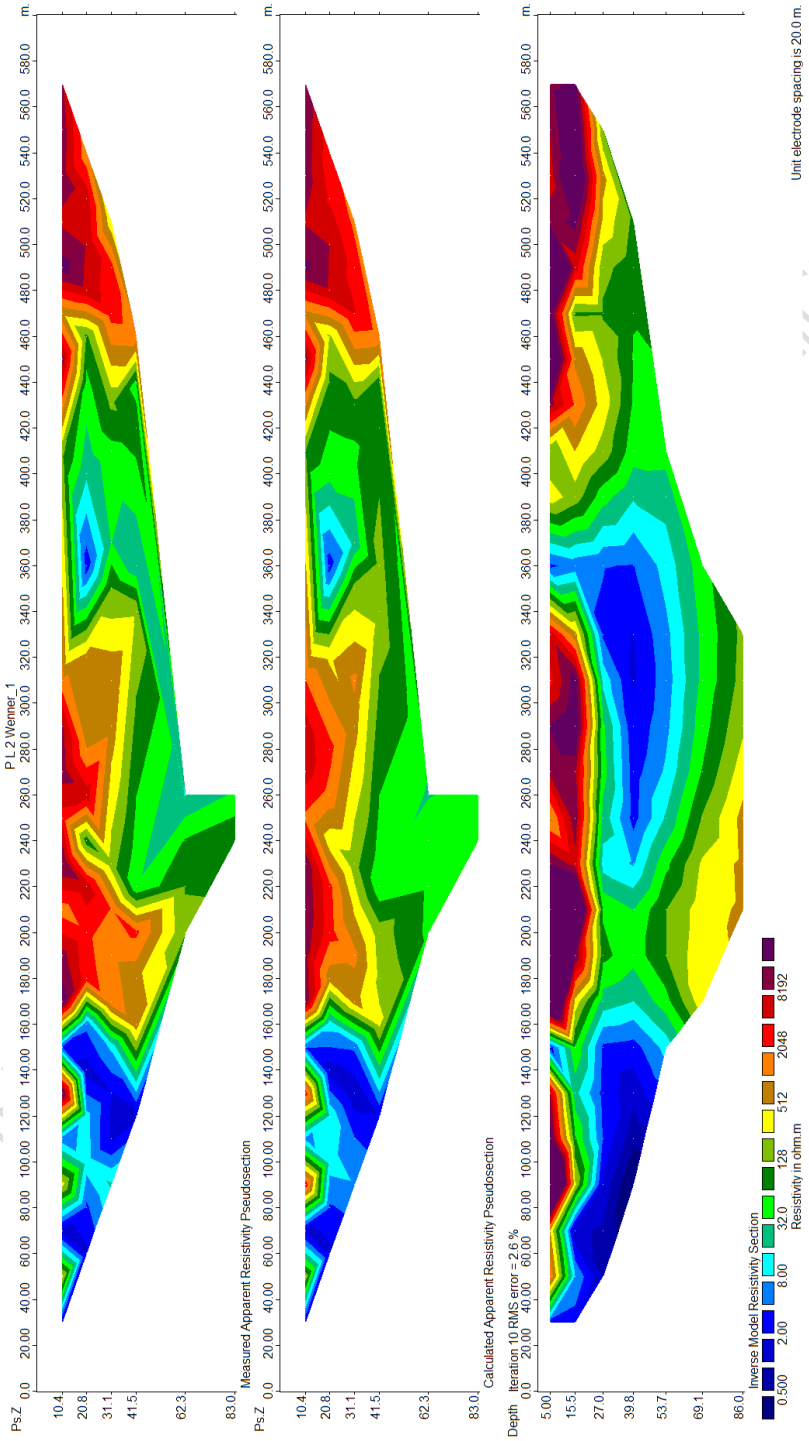


**Figura 4.73. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 2, método Schlumberger.**

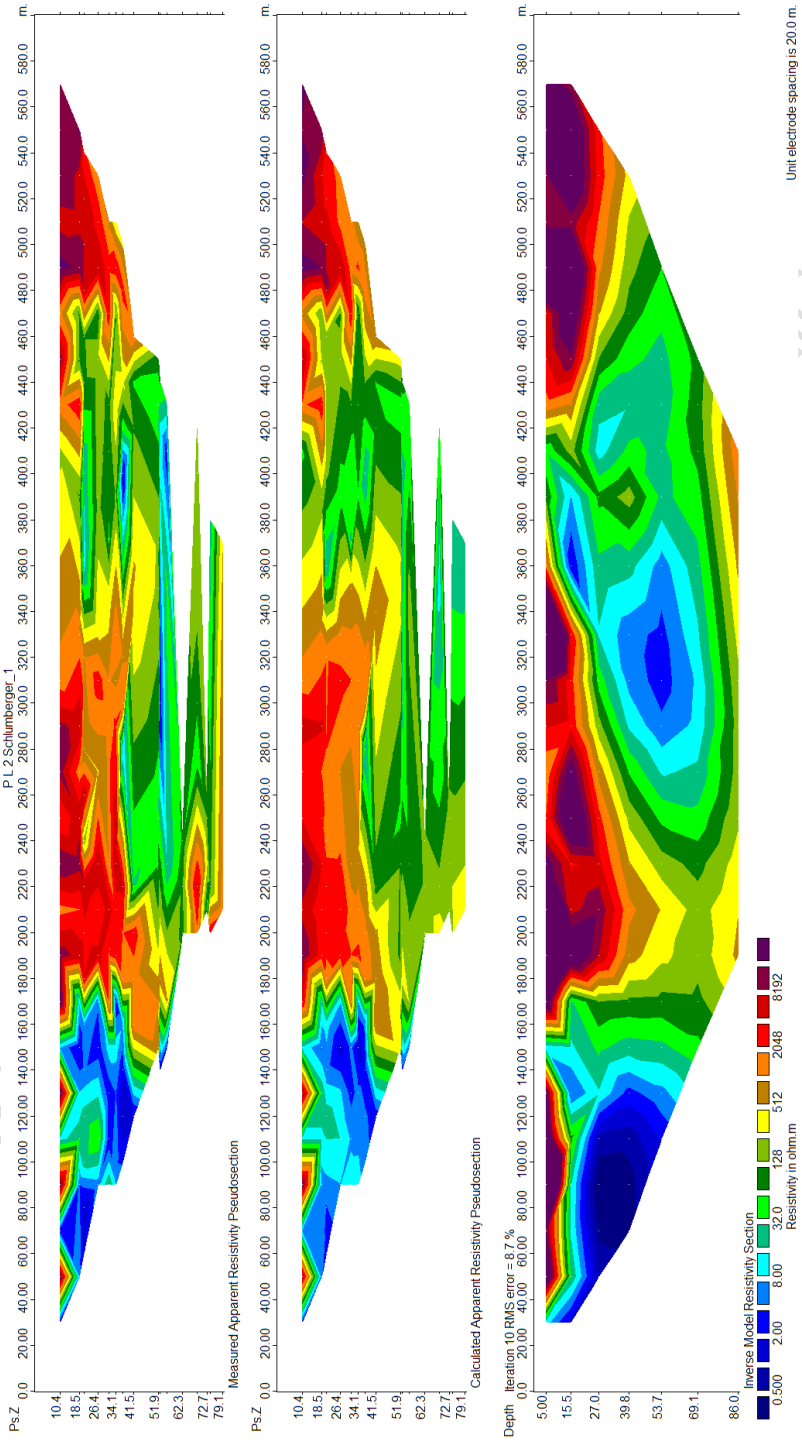
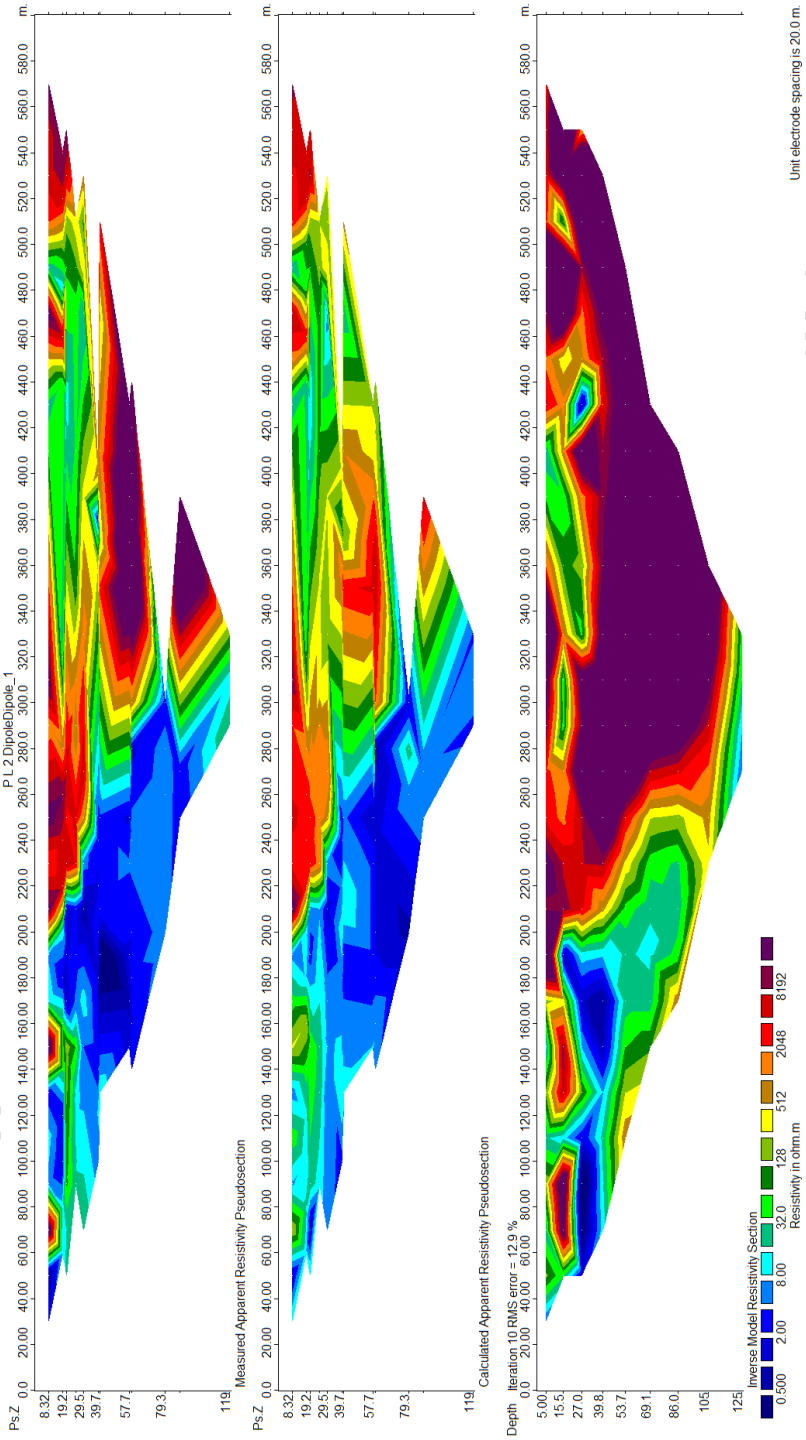
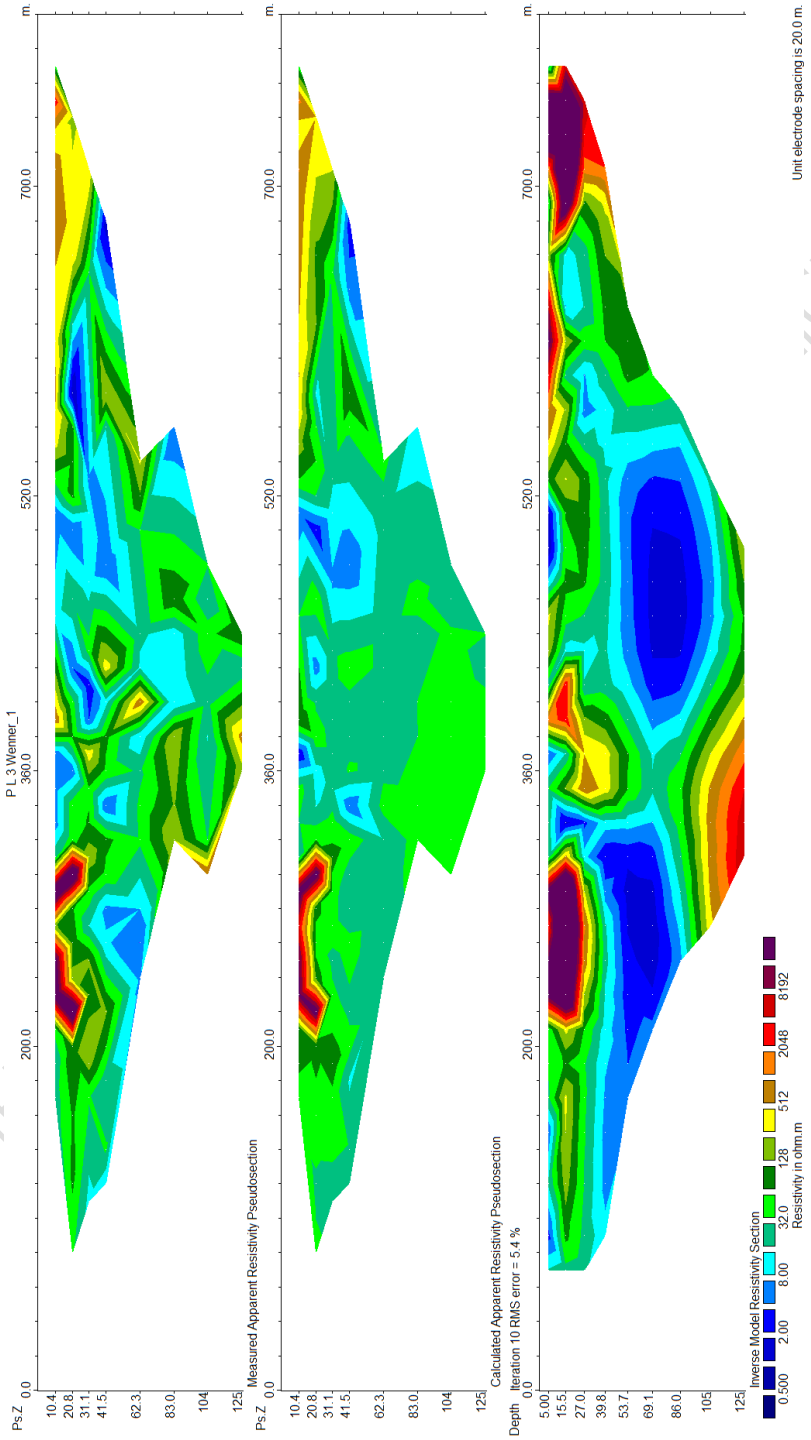


**Figura 4.74. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 2, método Dipolo-Dipolo.**




DOCUMENTO DE CIUDAD

**Figura 4.75. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 3, método Wenner.**




DOCUMENTO DE CIUDAD

**Figura 4.76. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 3, método Schlumberger.**

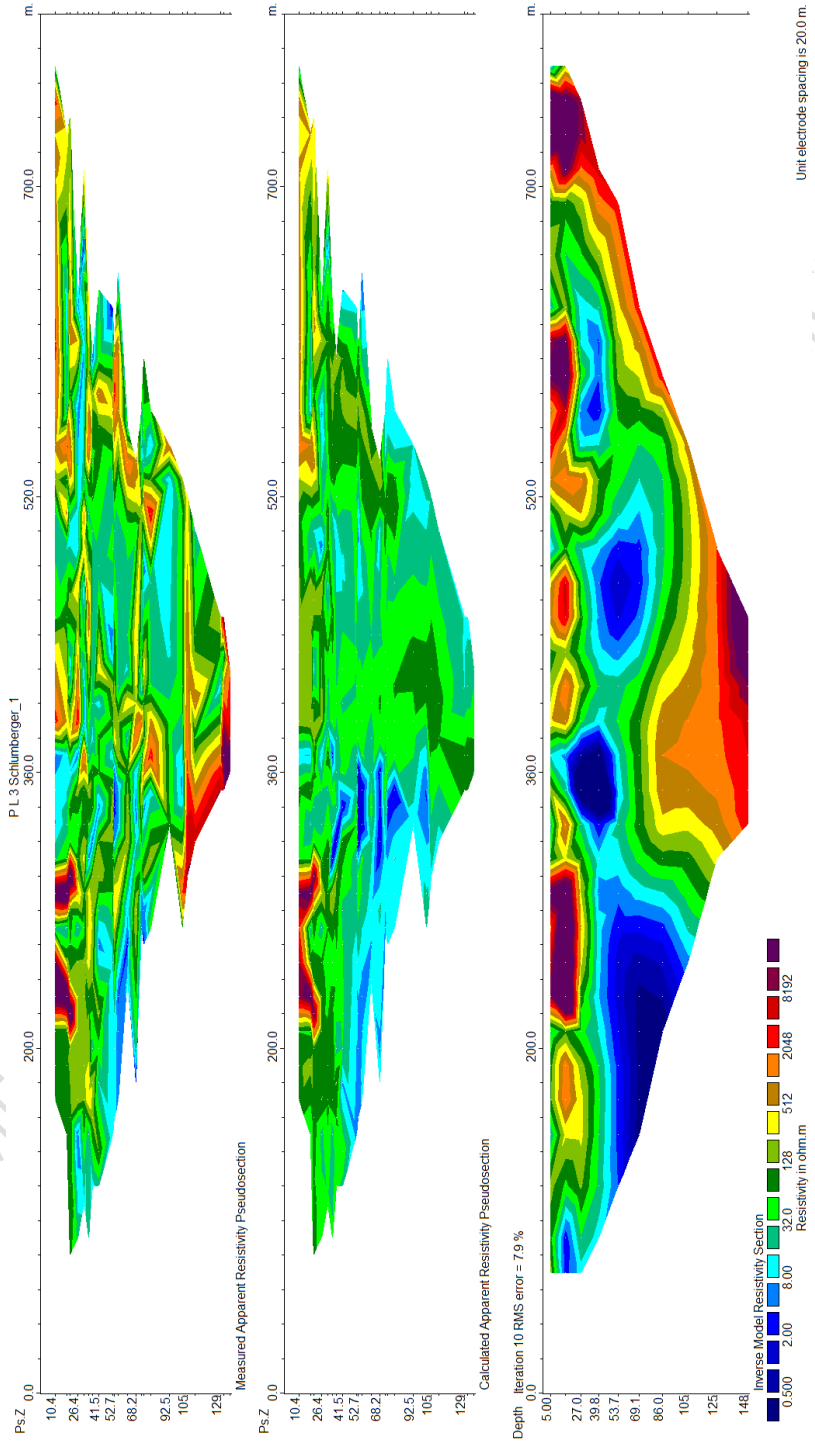
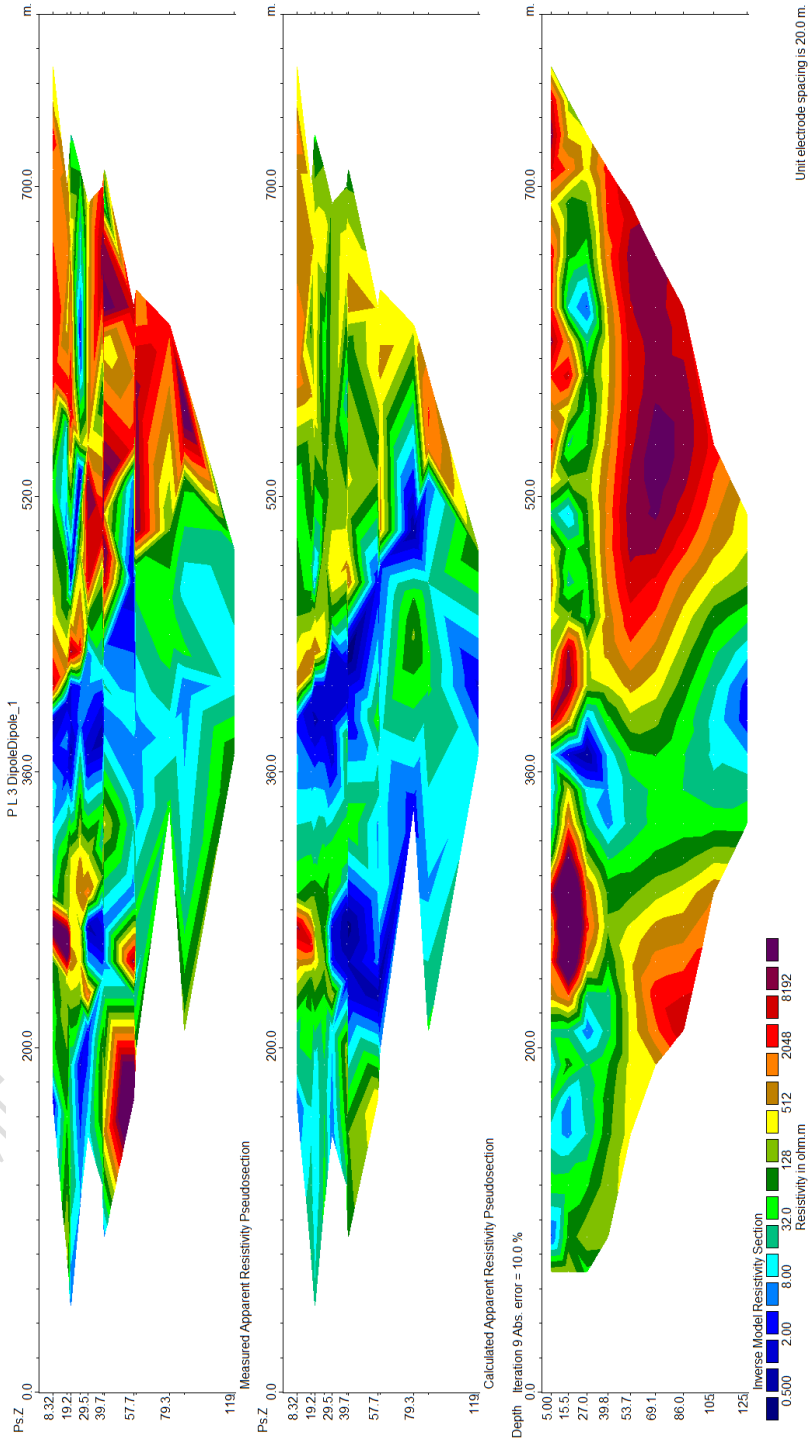


**Figura 4.77. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 3, método Dipolo-Dipolo.**




DOCUMENTO DE CIUDAD

**Figura 4.78. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 4, método Wenner.**

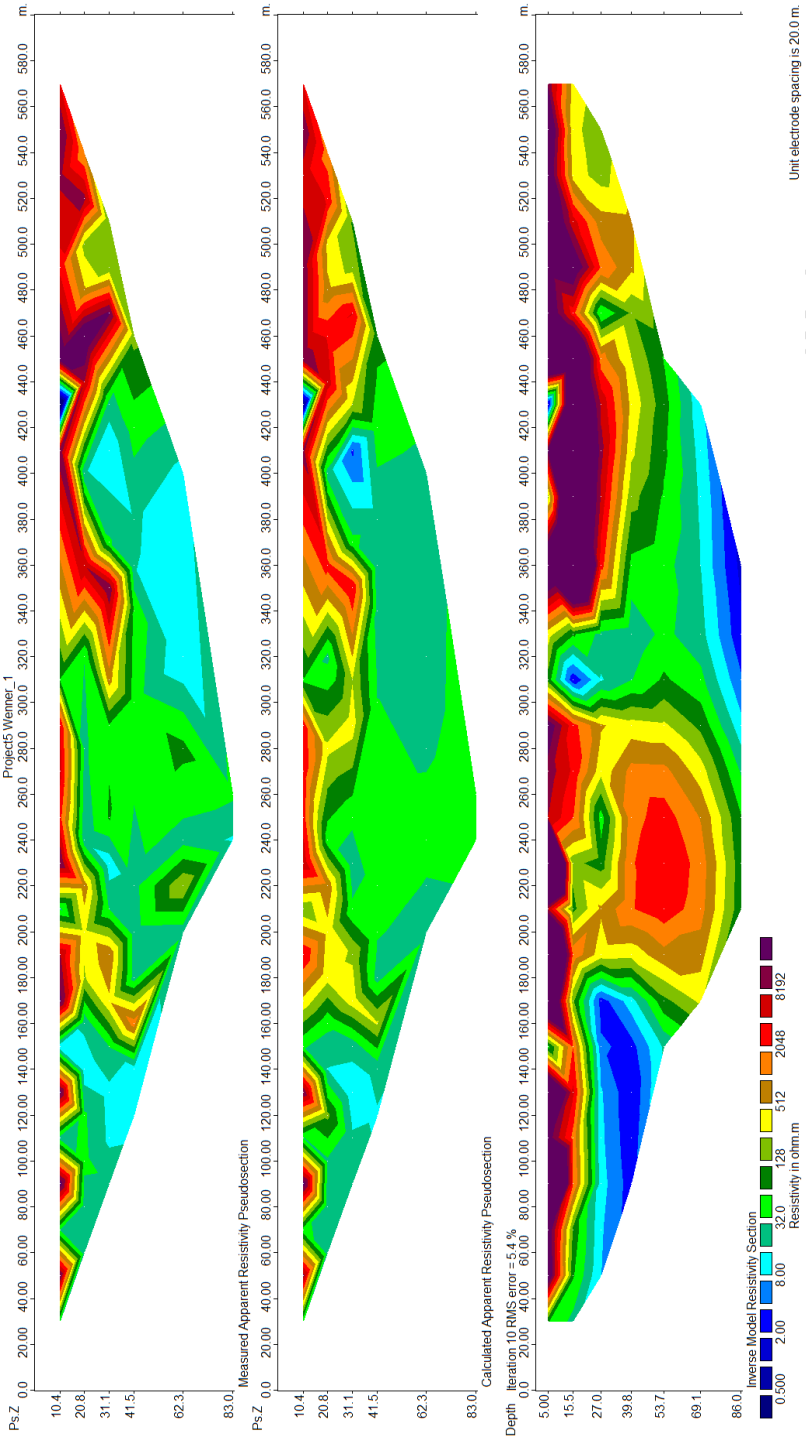
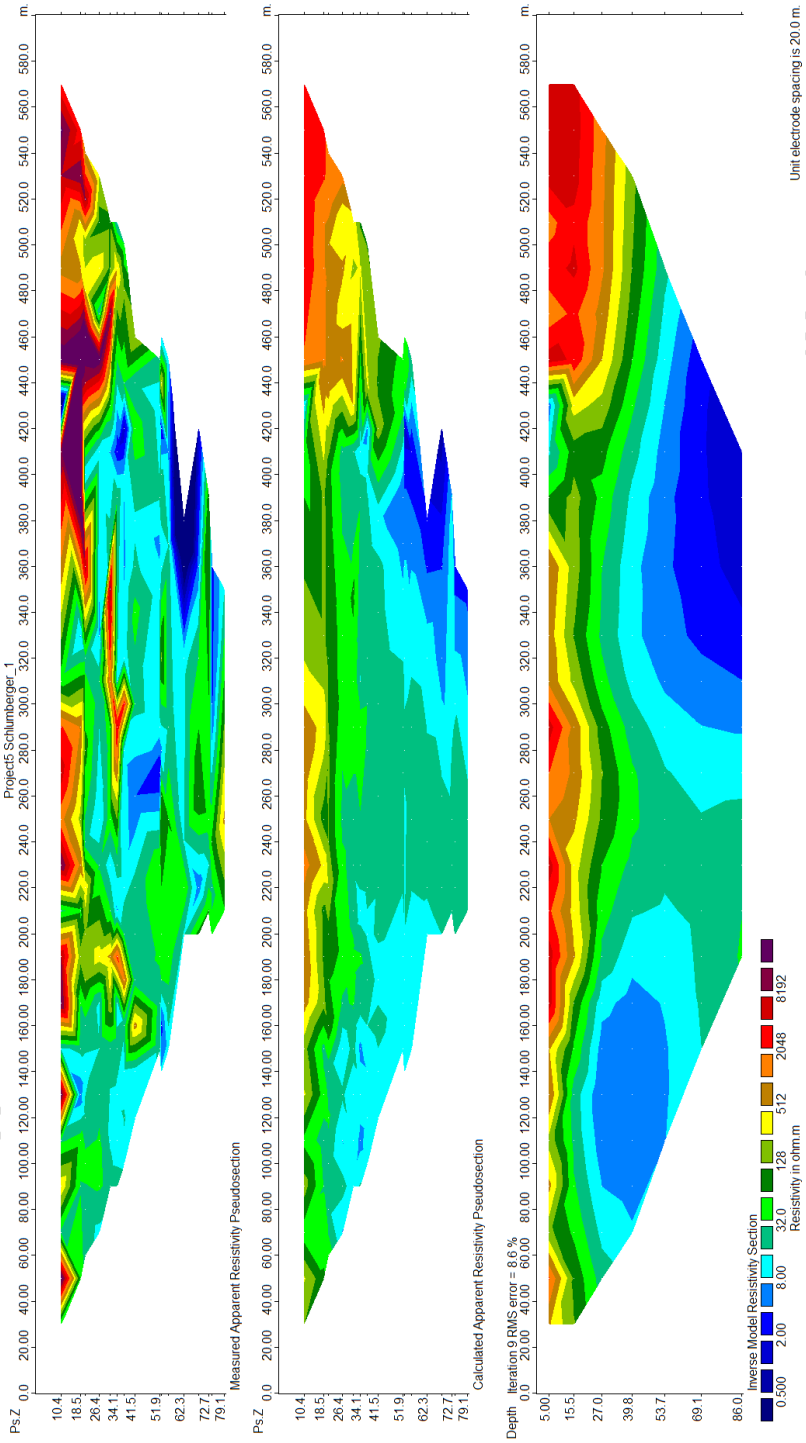


**Figura 4.79. Modelo de resistividad de la Geotomografía No. 4, método Schlumberger.**




DOCUMENTO
CIUDAD

## 4.3.5. Registro fotográfico

**Figura 4.80. Geotomografía No. 1, realizada sobre la vía al Mar en el tramo Barranquilla-Puerto Colombia, frente al colegio Altamira International School.**

**Figura 4.81. Geotomografía No. 2, realizada sobre la carrera 38 vía a Juan Minas, frente a la fábrica Proymetal S.A.**

**Figura 4.82. Geotomografía No. 3, realizada sobre la Circunvalar de la Prosperidad al noroccidente de Galapa, cerca del Centro Recreacional Villa Lucy.**

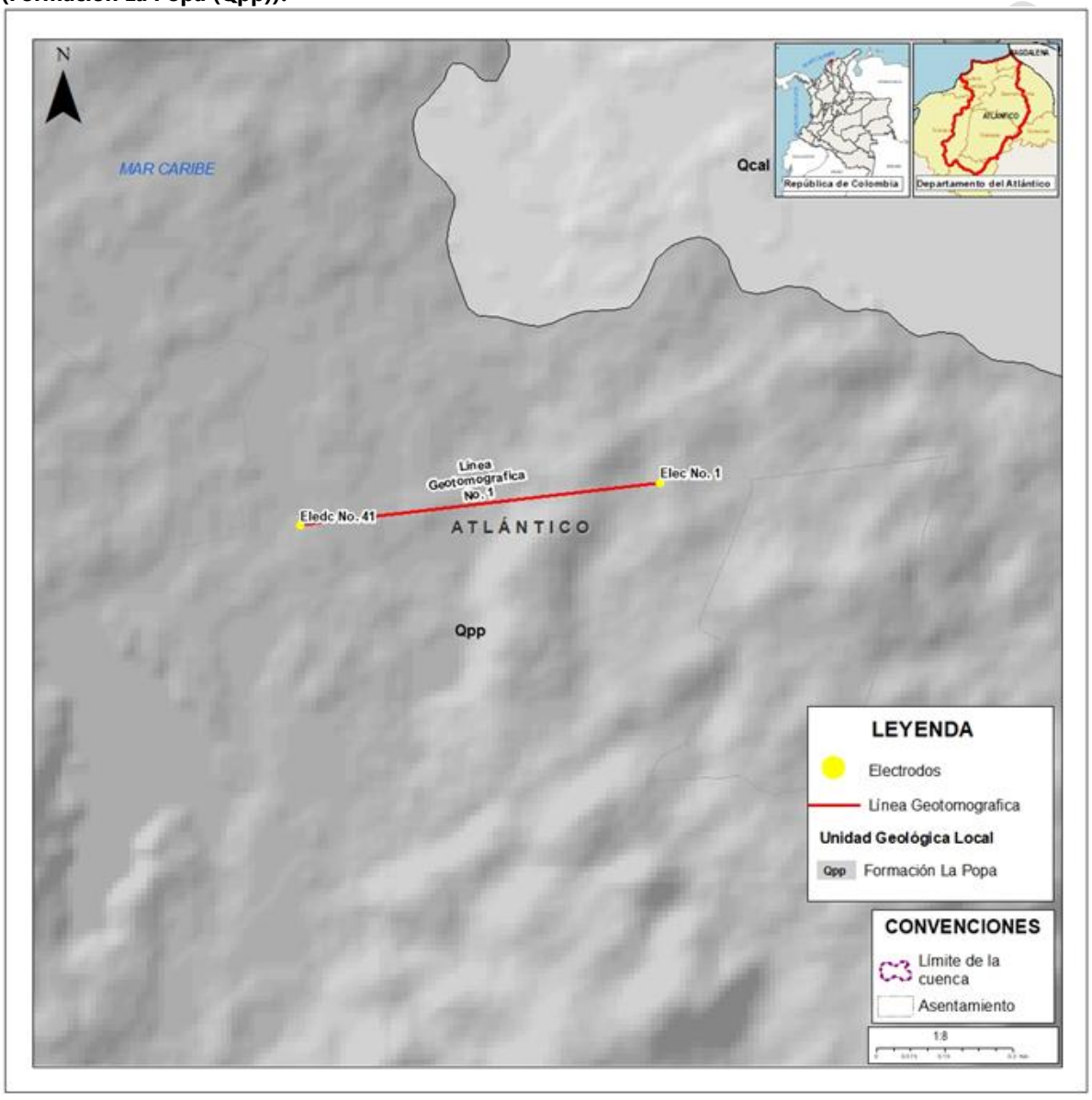
**Figura 4.83. Geotomografía No. 4, realizada sobre la vía Circunvalar en el tramo Galapa-Baranoa, cerca de la Planta PRIMAX de Galapa.**

**Figura 4.84. Equipo ABEM modelo TERRAMETER LS, usado para realizar el estudio.**

### 4.3.6. Análisis de los resultados

### 4.3.6.1. *Perfil geotomográfico de resistividad eléctrica No. 1*

**Figura 4.85. Geología de la Geotomografía No. 1, realizada nororiente del municipio de Puerto Colombia (Formación La Popa (Qpp)).**




La condición geológica del área nos muestra que la Geotomografía No. 1, realizada en inmediaciones del colegio Altamira International School, se ubica en Depósitos de Abanicos

y Gravas (Qg), estas formación cuaternaria están depositada sobre rocas Ígneas Extrusivas (Riodacitas de los Tábanos (Jt) o Ignibritas de Los Clavos (JLc)).

El perfil de Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 1, realizado en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre la vía al Mar en el tramo Barranquilla-Puerto Colombia, frente al colegio Altamira International School; tuvo una longitud de 800 metros y una dirección de 263 grados S-W.

Se tomó para efectos de análisis la configuración **Wenner**, ya que es el método que presenta mejor resolución en la vertical y para el caso específico fue el método (de los tres realizados) que presentó mayor grado de certeza en la solución interpretativa (solución del algoritmo matemático por el método Jacobiam Matrix según recomendación del fabricante).

Para efectos de la correlación entre la gráfica y su distribución en campo describen las coordenadas del primero y ultimo electrodo, localizándose el electrodo No. 1 al oriente del perfil Geotomográfico y el electrodo No. 41 (ultimo) al occidente del corte, al observar la gráfica de interpretación el primer electrodo concuerda con la línea de la ordenada (escala de profundidad), ubicada a la izquierda en donde aparece el valor 0.0 y el ultimo electrodo se localiza en el extremo derecho donde aparece la letra (m). La profundidad se interpreta desplazándose hacia abajo en la gráfica (similar al plano cartesiano).

Para esta etapa la principal función del perfil topográfico es definir si la zona es plana o si presenta pendientes abruptas que implique la necesidad de realizar corrección topográfica al corte Geotomográfico, para este caso el perfil no presenta topografía abrupta y la pendiente promedio es de 3,1% considerada casi plana por lo tanto no requiere corrección topográfica.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

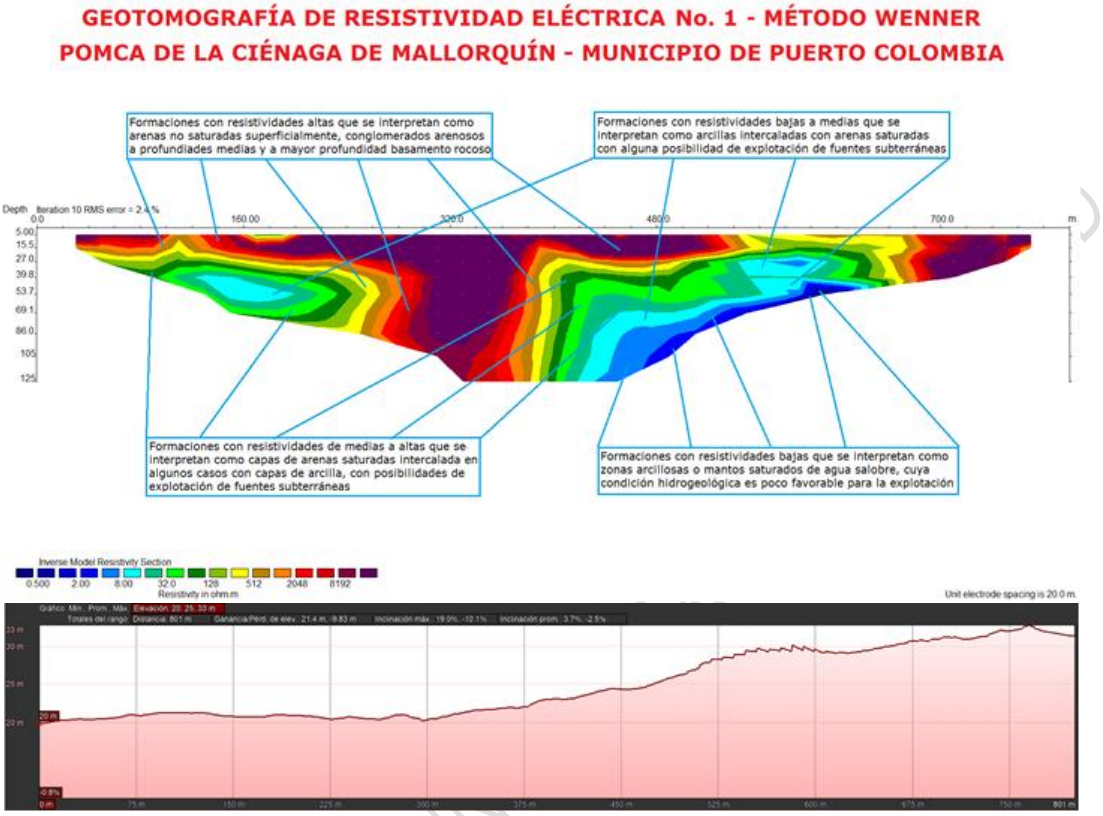
#### 4.3.6.1.1. *Interpretación por unidades hidrogeológicas*

**Figura 4.86. Línea de Geotomografía No. 1 realizada en el corregimiento Los Haticos.**

Se detectan en el registro estratos con valores de resistividades bajas que oscilan entre los 0,5 a los 8,0 Ohm-m, que se interpretan como **material fino (arcillas o arcillolitas) o formaciones de arenas o areniscas saturadas de agua salobre**, cualquiera de las dos interpretaciones indica **condiciones hidrogeológicas poco favorables**, esta característica se extiende en el perfil en forma de capas aisladas de espesor medio, en especial en la parte centro-oriental y oriental del corte en la parte baja (se presentan dentro del perfil en el rango de colores que van del azul oscuro al azul cielo).

DOCUMENTO NO OFICIAL

**Figura 4.87. Interpretación de la línea de Geotomografía No. 1 y Perfil de elevación asociado.**




Luego se observa un leve aumento de la resistividad con valores de 8,0 a 24,0 Ohm-m, asociado a la presencia de **material fino (arcillolitas) intercalado con mantos de arena o areniscas saturadas** con **condiciones hidrogeológicas limitadas**, distribuido en el perfil en forma de capas de espesor medio, especialmente en la parte centro-occidental, occidental y oriental del corte a profundidades medias y en la parte baja, por lo general está asociado al borde externo de la capa anterior (esta característica concuerda con el color del azul marino).

Posteriormente se observa depósitos con resistividades medias a altas que varían entre los 24,0 a los 128 Ohm-m, que se interpretan como capas de **arena saturadas, intercaladas con arcillas**, con **condiciones hidrogeológicas aceptables y posibilidad a explotación**, el cual se distribuye a lo largo de todo el perfil en forma de capas de espesor medio, especialmente en la parte centro-occidental, occidental y oriental a profundidades medias y en la parte baja, en donde alcanza espesores superiores a los 90 metros (se observan dentro del perfil el rango de tonalidades que van del color verde olivo al verde oscuro).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

Finalmente se observa formaciones con resistividades altas a muy altas con valores que oscilan entre 128 a 15.000 Ohm-m, que se interpretan como sectores con predominio de **arenas no saturadas** (superficialmente) o **areniscas conglomeráticas** profundidades medias y a mayor profundidad se interpreta como **basamento rocoso** (posiblemente de la **Formación La Popa (Qpp))**, en los dos últimos casos estos estratos pueden tener algún interés de explotación pero son difíciles de perforar debido a su dureza (estas características se extienden la gráfica en el rango de colores incluidos entre el rojo al morado).

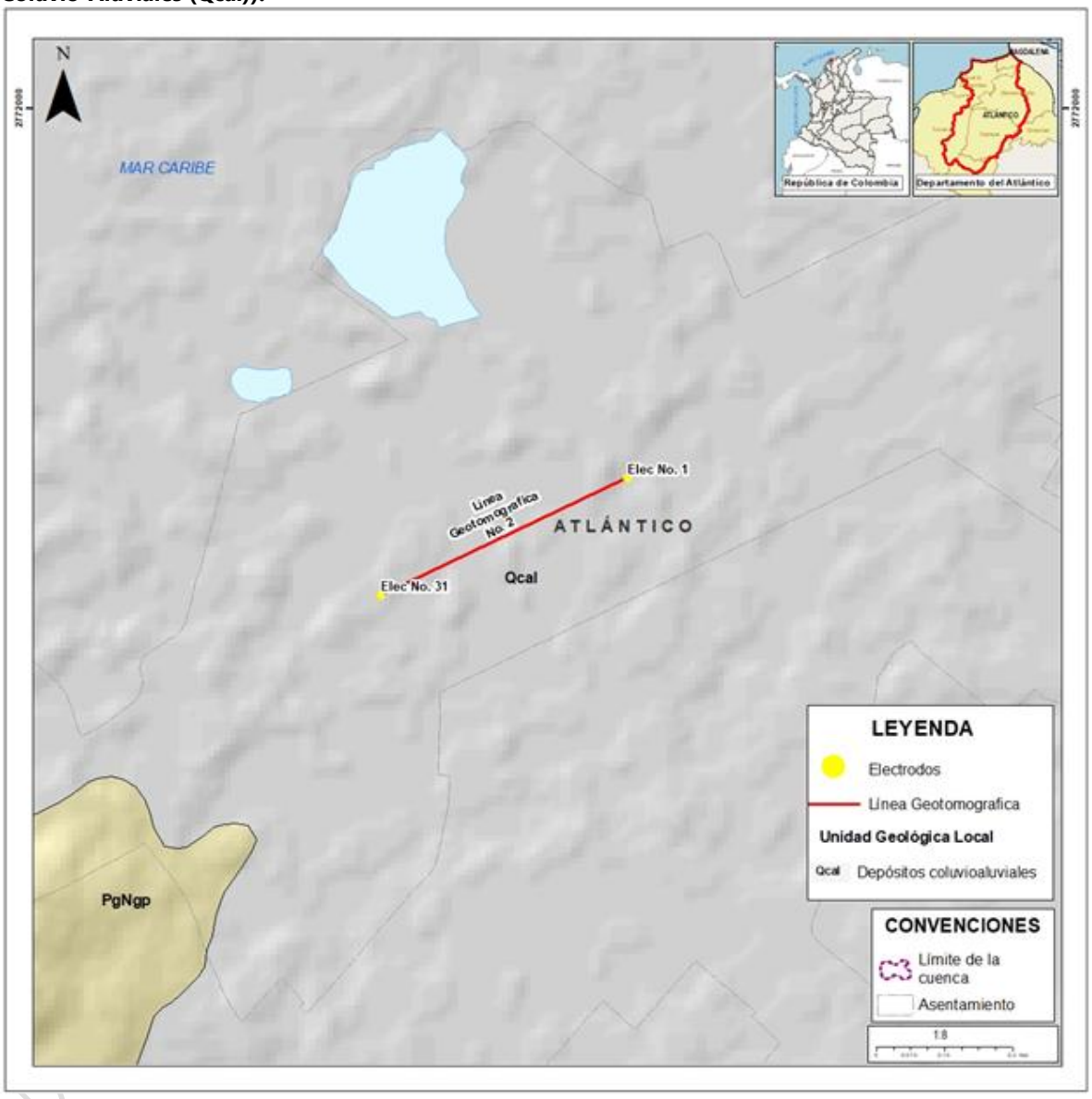
#### 4.3.6.1.2. *Interpretación por unidades estratigráficas*

Se observa en la línea Geotomográfica No. 1, un predominio de materiales con resistividades altas asociado **granulares (arenas y gravas) no saturados y basamento rocoso** (posiblemente de la **Formación La Popa (Qpp)**), principalmente en la parte central, centro-oriental y en los extremos del corte; igualmente se observa una disminución de la resistividad que se interpreta como **material granular** saturado **intercaladas con arcillas**, con condiciones hidrogeológicas aceptables y posibilidad de explotación.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 4.3.6.2. *Perfil geotomográfico de resistividad eléctrica No. 2*

**Figura 4.88. Geología de la Geotomografía No. 2, realizada frente a la fábrica Proymetal S.A. (Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal)).**




Las características geológicas que se observa en los alrededores de la Geotomografía No. 2, realizada sobre la carrera 38 vía a Juan Minas, muestran Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal) de edad cuaternaria, depositadas sobre rocas Sedimentarias Terciarias (Formación Las Perdices (PgNgp)).

El perfil de Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 2, realizado en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre la carrera 38 vía a Juan Minas, frente a la fábrica Proymetal S.A.; tuvo una longitud de 600 metros y una dirección de 244 grados S-W.

Se tomó para efectos de análisis la configuración **Wenner**, ya que es el método que presenta mejor resolución en la vertical y para el caso específico fue el método (de los tres realizados) que presentó mayor grado de certeza en la solución interpretativa (solución del algoritmo matemático por el método Jacobiam Matrix según recomendación del fabricante).

Para efectos de la correlación entre la gráfica y su distribución en campo describen las coordenadas del primero y ultimo electrodo, localizándose el electrodo No. 1 al nororiental del perfil Geotomográfico y el electrodo No. 31 (ultimo) al suroccidente del corte, al observar la gráfica de interpretación el primer electrodo concuerda con la línea de la ordenada (escala de profundidad), ubicada a la izquierda en donde aparece el valor 0.0 y el ultimo electrodo se localiza en el extremo derecho donde aparece la letra (m). La profundidad se interpreta desplazándose hacia abajo en la gráfica (similar al plano cartesiano).

Para esta etapa la principal función del perfil topográfico es definir si la zona es plana o si presenta pendientes abruptas que implique la necesidad de realizar corrección topográfica al corte Geotomográfico, para este caso el perfil no presenta topografía abrupta y la pendiente promedio es de 1,8% considerada como casi plana, por lo tanto, no requiere corrección topográfica.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

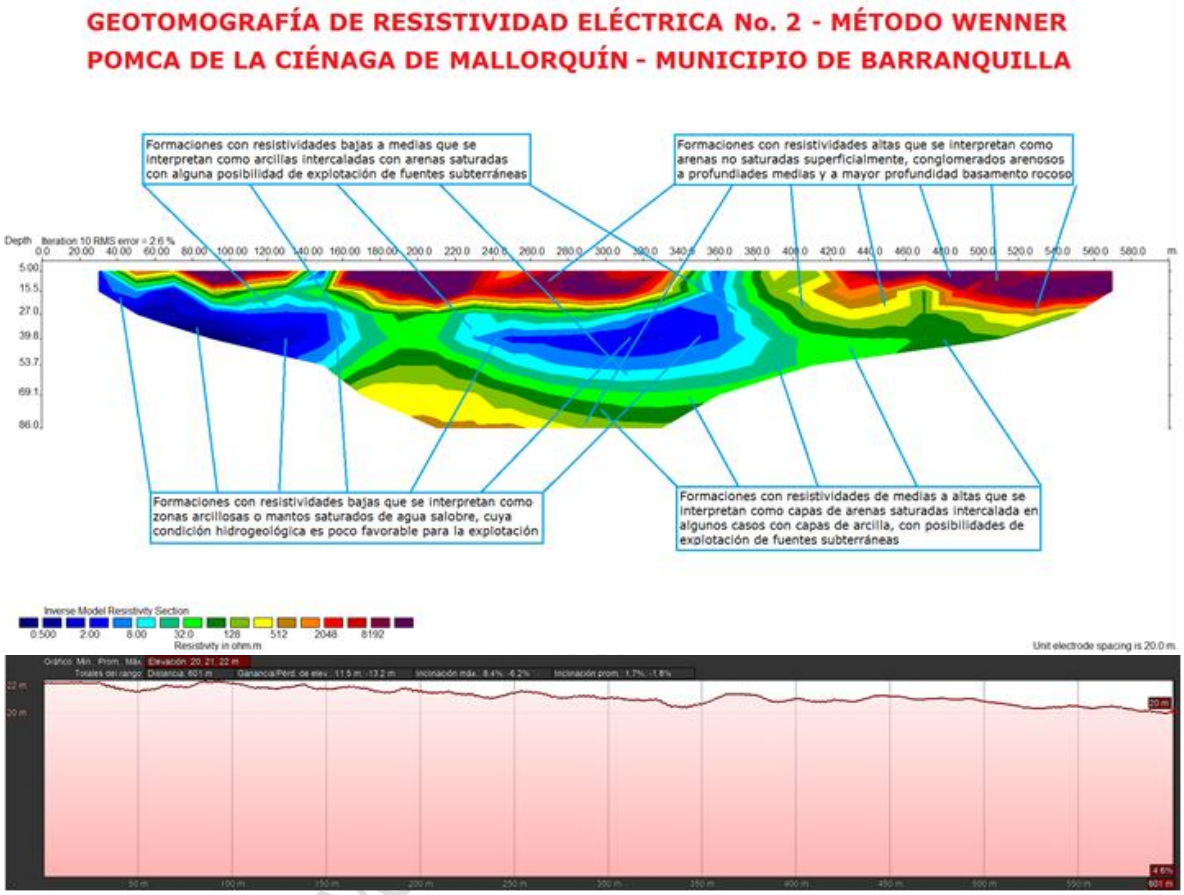
**Figura 4.89. Línea de Geotomografía No. 2 realizada sobre la carrera 38 vía a Juan Minas.**

Inicialmente se detectan a lo largo del registro estratos con valores de resistividades bajas que oscilan entre los 0,5 a los 8,0 Ohm-m, que se interpretan como **material fino (arcilla o limos) o formaciones de arenas saturadas de agua salobre**, cualquiera de las dos interpretaciones indica **condiciones hidrogeológicas poco favorables**, esta característica se aprecia en el perfil en forma de capas de espesor medio, especialmente el sector nororiental en donde alcanza espesores superiores a los 60 metros, también se aprecia en la parte central (se presentan dentro del perfil en el rango de colores que van del azul oscuro al azul cielo).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

### 4.3.6.2.1. *Interpretación por unidades hidrogeológicas*

**Figura 4.90. Interpretación de la línea de Geotomografía No. 2 y Perfil de elevación asociado.**




Posteriormente se detectan a lo largo del registro estratos con valores de resistividades bajas a medias que oscilan entre los 8,0 a 24,0 Ohm-m, asociado a la presencia de **material fino intercalado en algunos casos con mantos de arena saturados** con **condiciones hidrogeológicas limitadas**, distribuido en el perfil en forma de capas de espesor medio especialmente en la parte central y nororiental del corte, desde la superficie hasta profundidades medias, por lo general está asociado al borde externo de la capa anterior (se observan dentro del perfil con el color que concuerda con el azul marino).

Luego se observa estratos con resistividades entre medias a altas que varían entre los 24 a los 128 Ohm-m, que se interpretan como capas de **arena saturadas (en algunos casos de aguas duras), intercaladas con material fino (arcillas o limos)**, con **condiciones hidrogeológicas aceptables y posibilidad a explotación**, el cual se distribuye en todo el perfil en forma de capas de espesor medio, desde la superficie hasta profundidades medias,

siendo más abundante en la parte centro-oriental, centro-occidental y suroccidental del corte, con profundidades superiores de los 80 metros (se observan dentro del perfil el rango de colores que van del color verde olivo a verde oscuro).

Finalmente se observa formaciones con resistividades altas a muy altas con valores que oscilan entre 128 a 15.000 Ohm-m, que se interpretan como sectores con predominio de **arenas no saturadas** (superficialmente) o **areniscas conglomeráticas** profundidades medias y a mayor profundidad se interpreta como **basamento rocoso** (posiblemente de la **Formación Las Perdices (PgNgp)**), en los dos últimos casos estos estratos pueden tener algún interés de explotación pero son difíciles de perforar debido a su dureza (estas características se extienden la gráfica en el rango de colores incluidos entre el rojo al morado).

#### 4.3.6.2.2. *Interpretación por unidades estratigráficas*

Se aprecia a lo largo de la línea Geotomográfica No. 2, realizada frente a la fábrica Proymetal S.A., desde la superficie hasta profundidades medias, zonas con resistividades medias a altas asociados a la presencia **materiales granulares saturados (arenas y gravas) intercalados con algo de finos (limos o arcillas)**, con posibilidades de explotación de sus fuentes subterráneas, siendo más abundante en la parte centro-oriental, centro-occidental y suroccidental del corte.

En la parte en los primeros metros y en baja se detecta un aumento en la resistividad la cual se hace más evidente en la parte cereal y suroccidental del corte asociados a sectores con **material granular grueso o bajo en contenido de agua** o **basamento rocoso** (posiblemente la **Formación Las Perdices (PgNgp)**); finalmente se aprecia principalmente en la parte media en el nororiental y central zonas con resistividades bajas correlacionada como **material fino (arcilla o limos)**.

### 4.3.6.3. *Perfil geotomográfico de resistividad eléctrica No. 3*

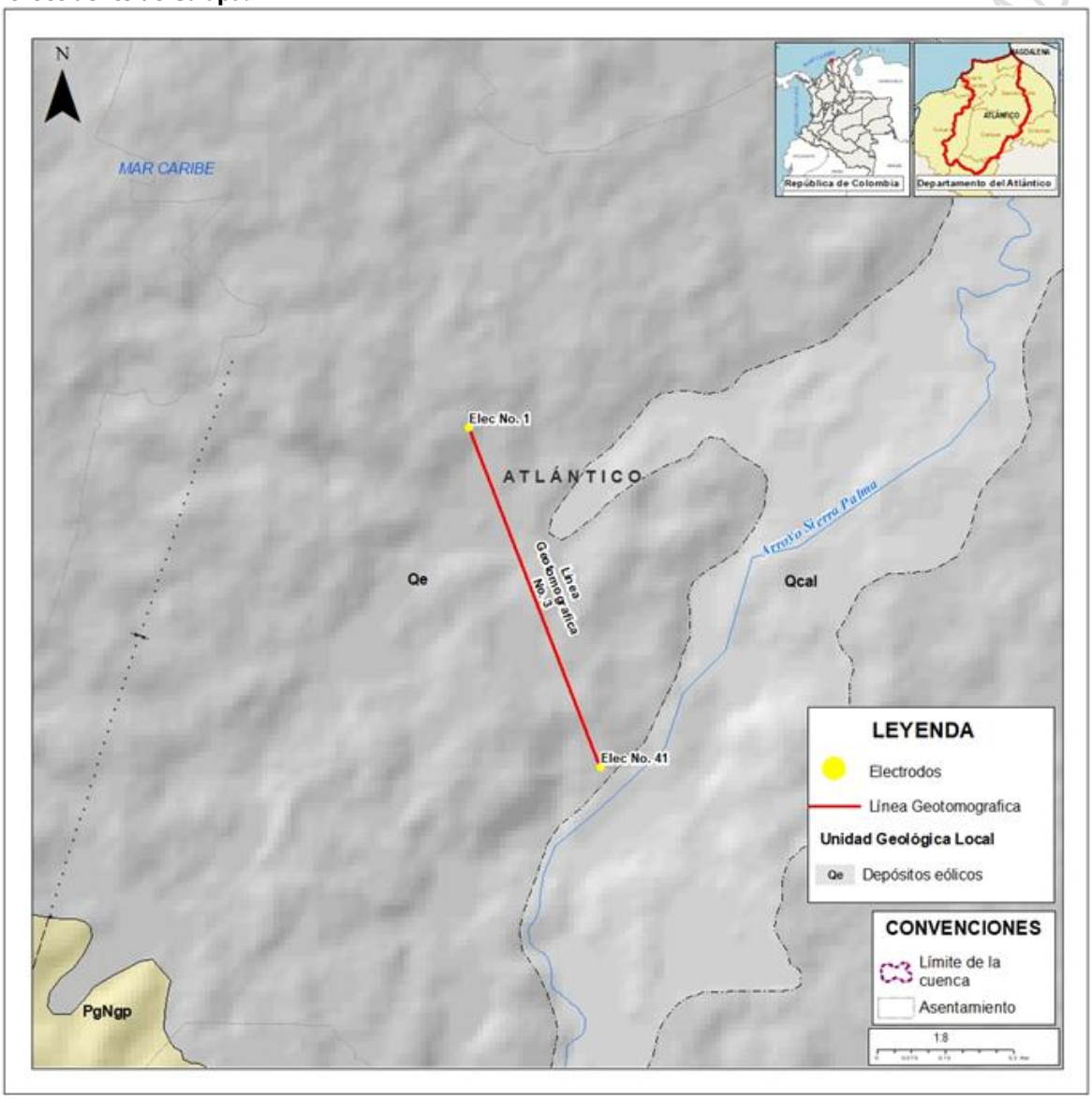
La condición geológica del área nos muestra que la Geotomografía No. 3 realizada sobre la Circunvalar de la Prosperidad al noroccidente de Galapa, se ubica sobre Depósitos Eólicos (Qg) de edad cuaternaria, depositados sobre rocas sedimentarias del Terciario (Formación Las Perdices (PgNgp) o Formación Tubará (Ngt)).

El perfil de Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 3, realizado en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre la Circunvalar de la Prosperidad al noroccidente de Galapa, cerca del Centro Recreacional Villa Lucy; tuvo una longitud de 800 metros y una dirección de 159 grados S-E.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Se tomó para efectos de análisis la configuración **Wenner**, ya que es el método que presenta mejor resolución en la vertical y para el caso específico fue el método (de los tres realizados) que presentó mayor grado de certeza en la solución interpretativa (solución del algoritmo matemático por el método Jacobiam Matrix según recomendación del fabricante).

**Figura 4.91. Geología de la Geotomografía No. 3, realizada sobre la Circunvalar de la Prosperidad al noroccidente de Galapa.**



Para efectos de la correlación entre la gráfica y su distribución en campo describen las coordenadas del primero y ultimo electrodo, localizándose el electrodo No. 1 al noroccidente del perfil Geotomográfico y el electrodo No. 41 (ultimo) al suroriente del corte.

**Figura 4.92. Línea de Geotomografía No. 3 realizada cerca del Centro Recreacional Villa Lucy.**

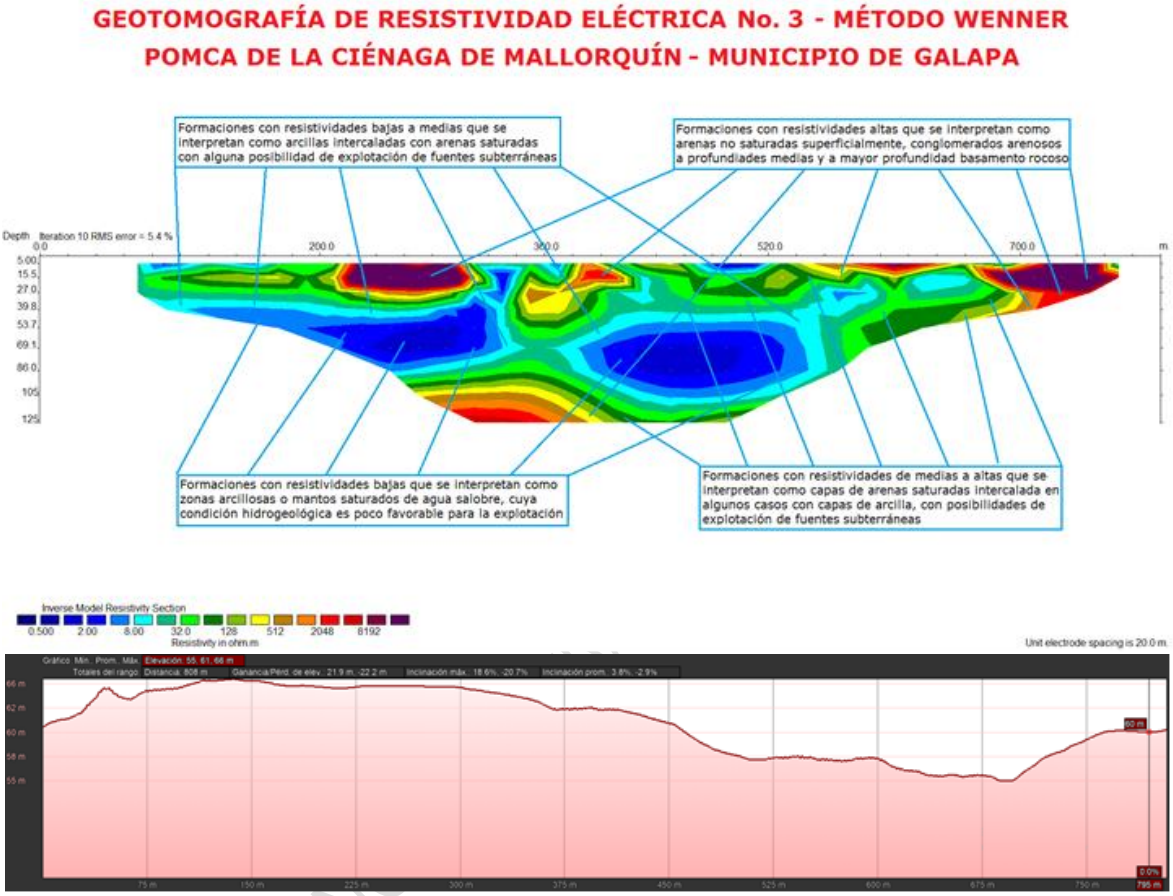
Al observar la gráfica de interpretación el primer electrodo concuerda con la línea de la ordenada (escala de profundidad), ubicada a la izquierda en donde aparece el valor 0.0 y el ultimo electrodo se localiza en el extremo derecho donde aparece la letra (m). La profundidad se interpreta desplazándose hacia abajo en la gráfica (similar al plano cartesiano).

Para esta etapa la principal función del perfil topográfico es definir si la zona es plana o si presenta pendientes abruptas que implique la necesidad de realizar corrección topográfica al corte Geotomográfico, para este caso el perfil no presenta topografía abrupta y la pendiente promedio es de 3,4% considerada casi plana por lo tanto no requiere corrección.

DOCUMENTO DE

### 4.3.6.3.1. *Interpretación por unidades hidrogeológicas*

**Figura 4.93. Interpretación de la línea de Geotomografía No. 3 y Perfil de elevación asociado.**




bajas que oscilan entre los 0,5 a los 8,0 Ohm-m, que se interpretan como **material fino (arcillas o limos) o formaciones de arenas saturadas de agua salobre**, cualquiera de las dos interpretaciones **indica condiciones hidrogeológicas poco favorables**, esta característica se extiende en el perfil en forma de capas de espesor medio a profundidades medias, que se aprecian especialmente en la parte centro-sur y centro-norte del corte (se presentan dentro del perfil en el rango de colores que van del azul oscuro al azul cielo).

Luego se detectan a lo largo del registro un leve aumento en la resistividad que con valores que oscilan entre los 8,0 a 24,0 Ohm-m, asociado a la presencia de **material fino (arcillas o limos) intercalado en algunos casos con mantos arenosos saturados** con **condiciones hidrogeológicas limitadas**, distribuido en el perfil en forma de capas de espesor medio, especialmente en la parte centro-sur, centro-norte y norte del corte a profundidades medias,

por lo general está asociado al borde externo de la capa anterior (se observan dentro del perfil con el color que concuerda con el azul marino).

Posteriormente se observa depósitos con resistividades medias a altas que varían entre los 24,0 a los 128 Ohm-m, que se interpretan como capas de **arenas o areniscas saturadas**, intercaladas en algunos casos con **arcillas o arcillolitas**, con **condiciones hidrogeológicas aceptables y posibilidad a explotación**, el cual se distribuye a lo largo de todo el perfil en forma de capas de espesor medio, especialmente en la parte central del corte y en el sector suroriental, en donde alcanza espesores superiores a los 100 metros (se observan dentro del perfil el rango de colores que van del color verde olivo al verde oscuro).

Finalmente se observa formaciones con resistividades altas a muy altas con valores que oscilan entre 128 a 15.000 Ohm-m, que se interpretan como sectores con predominio de **arenas no saturadas** (superficialmente) o **areniscas conglomeráticas** profundidades medias y a mayor profundidad se interpreta como **basamento rocoso** (posiblemente de la **Formación Las Perdices (PgNgp)** o **Formación Tubará (Ngt)**), en los dos últimos casos estos estratos pueden tener algún interés de explotación pero son difíciles de perforar debido a su dureza (estas características se extienden la gráfica en el rango de colores incluidos entre el rojo al morado).

#### 4.3.6.3.2. *Interpretación por unidades estratigráficas*

En esta Geotomografía realizada sobre la Circunvalar de la Prosperidad al noroccidente de Galapa, se aprecia estratos con resistividades medias a altas en la parte central en forma predomínate que se correlaciona como material **granular (arenas)** saturado con presencia en algunos casos de **finos (arcillas o arcillolitas)** con características hidrogeológicas aceptables y posibilidades de extracción, relacionados con **Depósitos Eólicos**.

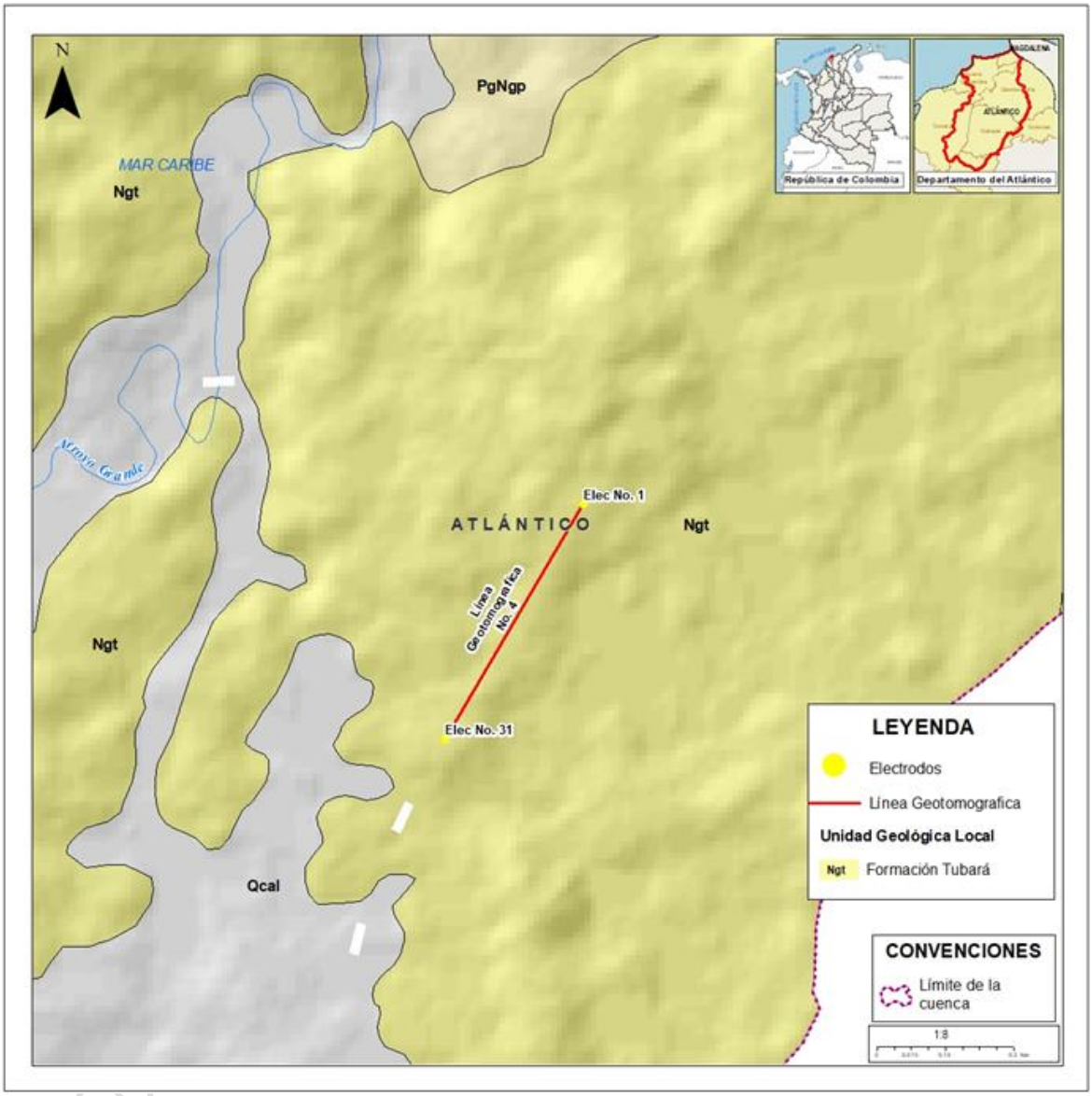
Se observa resistividades altas a muy altas en los primeros metros que se interpreta como sedimentos secos o estratos con predominio de materiales gruesos (**arenas gruesas o conglomerados**); igualmente se aprecia en la parte central en la parte baja del corte que se correlaciona como rocas sedimentarias terciarias (Formación Las Perdices (PgNgp). Finalmente se aprecia algo de **material fino** en forma de capas aisladas, principalmente en la parte centro-sur y centro-norte del corte.

### 4.3.6.4. *Perfil geotomográfico de resistividad eléctrica No. 4*

La condición geológica del área nos muestra que la Geotomografía No. 4, realizada cerca de la Planta PRIMAX de Galapa, se ubica sobre suelos residuales de edad cuaternaria, depositados sobre rocas sedimentarias del Terciario (Formación Tubará (Ngt)).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.94. Geología de la Geotomografía No.4, realizada sobre la vía Circunvalar en el tramo Galapa-Baranoa.**




El perfil de Geotomografía de Resistividad Eléctrica No. 4, realizado en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, sobre la vía Circunvalar en el tramo Galapa-Baranoa, cerca de la Planta PRIMAX de Galapa; tuvo una longitud de 600 metros y una dirección de 210 grados S-W.

Se tomó para efectos de análisis la configuración **Wenner**, ya que es el método que presenta mejor resolución en la vertical y para el caso específico fue el método (de los tres realizados)

que presentó mayor grado de certeza en la solución interpretativa (solución del algoritmo matemático por el método Jacobiam Matrix según recomendación del fabricante).

Para efectos de la correlación entre la gráfica y su distribución en campo describen las coordenadas del primero y ultimo electrodo, localizándose el electrodo No. 1 al nororiente del perfil Geotomográfico y el electrodo No. 31 (ultimo) al suroccidente del corte.

Al observar la gráfica de interpretación el primer electrodo concuerda con la línea de la ordenada (escala de profundidad), ubicada a la izquierda en donde aparece el valor 0.0 y el ultimo electrodo se localiza en el extremo derecho donde aparece la letra (m).

La profundidad se interpreta desplazándose hacia abajo en la gráfica (similar al plano cartesiano).

Para esta etapa la principal función del perfil topográfico es definir si la zona es plana o si presenta pendientes abruptas que implique la necesidad de realizar corrección topográfica al corte Geotomográfico, para este caso el perfil no presenta topografía abrupta y la pendiente promedio es de 2,6% considerada como casi plana por lo tanto no requiere corrección.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.95. Línea de Geotomografía No. 4 realizada cerca de la Planta PRIMAX de Galapa.**

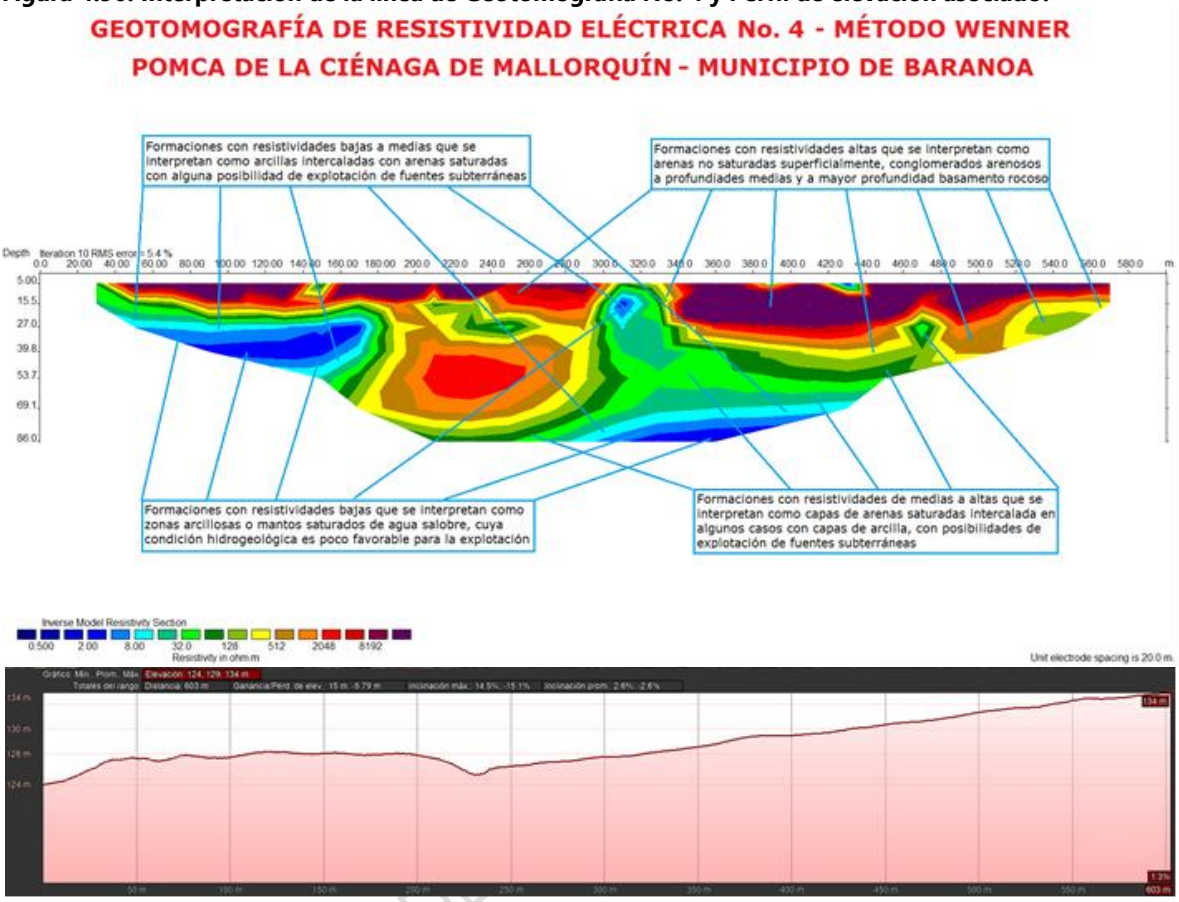
#### 4.3.6.4.1. *Interpretación por unidades hidrogeológicas*

Inicialmente se detectan a lo largo del registro estratos con valores de resistividades bajas que oscilan entre los 0,5 a los 8,0 Ohm-m, que se interpretan como **material fino (arcilla o arcillolitas) o formaciones de arenas o areniscas saturadas de agua salobre**, cualquiera de las dos interpretaciones indica **condiciones hidrogeológicas poco favorables**, esta característica se aprecia en el perfil en forma de capas aisladas de espesor medio, en especial en la parte centro-norte en la parte baja y en el extremo nororiental a profundidades medias (se presentan dentro del perfil en el rango de colores que van del azul oscuro al azul cielo).

Luego se detectan en el registro un leve aumento en la resistividad que con valores que oscilan entre los 8,0 a 24,0 Ohm-m, asociado a la presencia de **material fino (arcillas o limos) intercalado en algunos casos con mantos arenosos saturados** con **condiciones hidrogeológicas limitadas**, distribuido en el perfil en forma de capas de espesor medio, especialmente en la parte central y centro-norte en la parte baja y nororiental del corte a profundidades medias y baja; por lo general está asociado al borde externo de la capa anterior (se observan dentro del perfil con el color que concuerda con el azul marino).

DOCUMENTO DEFINITIVO

**Figura 4.96. Interpretación de la línea de Geotomografía No. 4 y Perfil de elevación asociado.**




Posteriormente se observa depósitos con resistividades medias a altas que varían entre los 24,0 a los 128 Ohm-m, que se interpretan como capas de **arenas saturadas**, intercaladas en algunos casos con **arcillas**, con **condiciones hidrogeológicas aceptables y posibilidad a explotación**, el cual se distribuye en el perfil en forma de capas de espesor medio, especialmente en la parte cetro-sur y suroccidental, donde alcanza espesores superiores a los 80 metros (se observan dentro del perfil el rango de colores que van del color verde olivo al vede oscuro).

Finalmente se observa formaciones con resistividades altas a muy altas con valores que oscilan entre 128 a 15.000 Ohm-m, que se interpretan como sectores con predominio de **arenas no saturadas** (superficialmente) o **areniscas conglomeráticas** profundidades medias y a mayor profundidad se interpreta como **basamento rocoso** (posiblemente de la **Formación Las Perdices (PgNgp)** o **Formación Tubará (Ngt)**), en los dos últimos casos estos estratos pueden tener algún interés de explotación pero son difíciles de perforar

DOCUMENTO DE

debido a su dureza (estas características se extienden la gráfica en el rango de colores incluidos entre el rojo al morado).

#### 4.3.6.4.2. *Interpretación por unidades estratigráficas*

Se aprecia en la parte media del perfil Geotomográfico No. 4, realizada sobre la vía Circunvalar en el tramo Galapa-Baranoa, resistividades altas a muy altas, que se interpreta como sedimentos secos o estratos con predominio de materiales gruesos (arenas gruesas o conglomerados); igualmente se aprecia en la parte central corte que se correlaciona como rocas sedimentarias terciarias (Formación Tubará (Ngt)).

También se aprecia en el perfil especialmente en la parte en la parte cetro-occidental y suroccidental se presentan estratos con resistividades medias a altas que se correlaciona como material **granular (arenas o areniscas)** saturado con presencia en algunos casos de **finos** con características hidrogeológicas aceptables y posibilidades de extracción; finalmente en la en la parte cetro-sur y suroccidental del corte a profundidades medias. Finalmente, en la parte centro-norte y nororiental, se aprecia un aumento en el porcentaje de material fino **(arcillas, arcillolitas o limos)**, que se identifican como zonas con resistividades bajas.

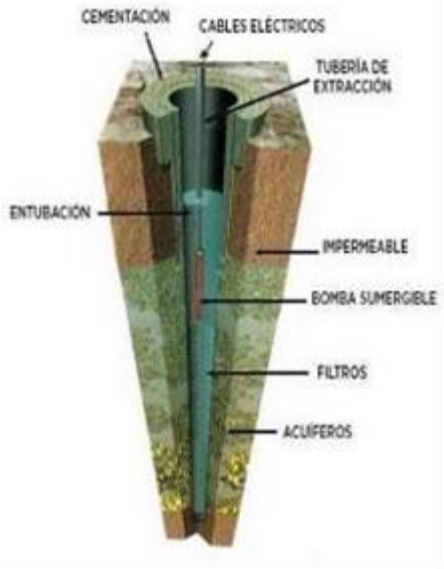
### 4.3.7. Conclusiones

En las Geotomografías analizadas se observa formaciones sedimentarias de resistividades medias a altas relacionadas con presencia de arenas saturadas de agua a veces duras intercaladas con capas de arcillas, con condiciones hidrogeológicas favorables para la explotación de aguas subterráneas, estos sedimentos cuaternarios, presentándose un potencial hidrogeológico mayor en los depósitos cuaternarios identificados como Depósitos Aluviales Recientes (Qal) asociado a las escorrentías superficiales, Depósitos de Abanicos y Gravas (Qg) y Depósitos Terrazas Aluviales (Qt).

### 4.3.8. Consideraciones generales

La geofísica permite detectar presencia de acuíferos midiendo una propiedad física del subsuelo y su distribución geométrica, en donde la información recolectada en campo se interpreta y finalmente se correlaciona con las formaciones geológicas de la zona y para el caso específico de la Geotomografía, la propiedad medida en campo es la resistividad, la cual mediante las configuraciones de Wenner, schlumberger y Dipolo-Dipolo (relacionada con la forma de distribución de los electrodos durante la toma de datos en campo), permite obtener un perfil estratigráfico del subsuelo y también es posible realizar una interpretación cualitativa de la calidad del agua depositada en el subsuelo; igualmente se puede discernir que a medida que un pozo se profundice en la formación acuífera, se obtendrá un mayor caudal debido a que se están captando más estratos aportantes.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD




En el caso en que se detecte en el perfil una reducción en la resistividad, esto indica un aumento en la presencia de finos (limos o arcillas) o presencia de estratos saturados de aguas duras o salobres, teniendo en cuenta que la resistividad es inversamente proporcional a la conductividad eléctrica; cualquiera de los casos esta característica indica una reducción en las condiciones hidrogeológicas del acuífero.

Para conocer la calidad del agua subterránea es necesario tomar una muestra en el sitio de interés bien sea en un pozo cercano o en el pozo una vez construido; algunos parámetros básicos pueden ser analizados "In situ", pero la mayoría de los parámetros en especial los cationes y aniones deben ser realizado en laboratorios certificados.

En conclusión, la geofísica y en este caso la Geotomografía de Resistividad Eléctrica, es método económico y rápido para analizar las estructuras del subsuelo, en donde se puede obtener perfiles de resistividad de las formaciones, que se relacionan con ciertas características de las rocas, pudiéndose identificar algunas tendencias. Por esta razón siempre es necesario corroborar la información obtenida en campo con perforaciones.

### *4.4. Estimación de la Oferta Hídrica Subterránea*

De acuerdo con la Guía Metodológica para la Formulación de POMCA (MADS, 2013), la oferta hídrica subterránea viene expresada por la recarga potencial de los acuíferos; valor de alta importancia para conocer el verdadero potencial de explotación de las aguas subterráneas presentes en la Cuenca.

Tal como lo describe el MADS en su Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo de Acuíferos (2014), se puede determinar la recarga de los acuíferos a través del análisis de las variables hidroclimatológicas, y su determinación es fundamental para

DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

establecer medidas apropiadas para el manejo y sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo. La recarga de acuíferos se define como el ingreso de agua en la zona saturada, donde comienza a hacer parte de las reservas subterráneas de agua (Bradbury et ál., 2000; Balek, 1988; Scanlon et ál., 2002; de Vries y Simmers, 2002, citados por MADS, 2014). Esta entrada se da de dos maneras: la primera por un movimiento descendente del agua debido a la fuerza de gravedad y la segunda se presenta luego del movimiento horizontal del flujo debido a las diferentes condiciones hidráulicas de las capas que constituyen el perfil del suelo.

La recarga de cada acuífero puede provenir directamente de la precipitación, de flujos laterales y verticales de las aguas superficiales -ríos, lagos, ciénagas-, o por medios artificiales como la irrigación del suelo y fugas en sistemas de conducción o estructuras de almacenamiento y/o regulación hídrica (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner et ál., 1990; Samper, 1997 citados por MADS, 2014). En general la recarga por lluvia es la más importante mientras que la recarga producida por ríos y lagos es importante en climas secos, y la debida a fugas en redes de acueducto y alcantarillado es de gran importancia en las zonas urbanizadas.

La determinación de la recarga potencial puede realizarse por diferentes métodos que incluyen desde expresiones empíricas hasta medidas directas y modelos numéricos de las ecuaciones diferenciales que rigen el transporte a través de la zona no saturada del suelo hasta el acuífero. La desventaja del empleo de relaciones empíricas radica en que están basadas en supuestos o en datos de una región específica, lo cual puede introducir altos porcentajes de error si se emplean bajo condiciones que no sean similares a aquellas con las que fueron deducidas.

Por lo anterior, y para efectos del POMCA, se evalúa la recarga potencial anual en la Cuenca, para lo cual, una vez delimitada la unidad hidrográfica, se requiere dibujar dentro de ella las zonas con el mismo tipo de suelo o las zonas con el mismo tipo de geología, ya que una formación geológica forma un tipo determinado de suelo (Schosinsky, 2006). Tomando en consideración las metodologías para el desarrollo de los componentes de geología y de suelos en el marco de los POMCA, se optó por emplear la información derivada del componente de suelos por poseer está un mejor detalle y precisión.

Para el presente análisis se empleó una modificación de la metodología de Balance Hídrico de Suelos propuesta por Schosinsky (2006) la cual toma en consideración diferentes variables que inciden en la capacidad de recarga de acuíferos de una cuenca, como lo son la precipitación mensual, la retención pluvial, la capacidad de infiltración de los suelos y sus características, la cobertura vegetal, profundidad de raíces, evapotranspiración real, uso del

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

suelo y pendiente del terreno. A continuación, se resume la secuencia metodológica empleada para la obtención de la recarga potencial.

### 4.4.1. 4Determinación de la retención pluvial (Ret)

La presencia de cobertura vegetal genera por sí misma una retención del agua que recibe la cuenca como precipitación. Se estima que la retención que realiza el follaje de las plantas equivale en promedio a un 12% de la precipitación mensual, aunque este valor se eleva a un 20% en bosques densos. De igual manera, si la precipitación está por debajo de los 5 mm mensuales no se genera infiltración. (Schosinsky, 2006). A partir de la cobertura definida para cada subcuenca, se descuenta de la precipitación el valor retenido por las plantas de manera directa sin que llegue al suelo, Ret.

### 4.4.2. Determinación de la precipitación infiltrada, Pin

La metodología de Schosinsky plantea que, conociendo la infiltración básica del suelo (obtenida en campo), la cobertura vegetal y la pendiente, se estima la precipitación que infiltra a través del suelo; para posteriormente con ella determinar la escorrentía mensual mediante un balance hídrico en la superficie del suelo. Sin embargo, como se conoce la escorrentía superficial para cada subcuenca a partir del análisis hidrológico, se empleó el balance hídrico en la superficie para estimar la cantidad de precipitación infiltrada. Adicionalmente, dadas las condiciones de las cuencas, se encontró que era necesario corregir el balance para tomar en consideración los aportes subsuperficiales que vendrían dados por zonas de surgencia del agua que se transporta a través del área no saturada. Este aporte subsuperficial se determina como el déficit de precipitación que permite obtener un nivel de escorrentía determinado, haciendo que la infiltración sea cero. Así, el balance queda de la siguiente manera:

$$P_{in} = P - Ret - ESC + L$$

Donde P es la precipitación media mensual, ESC la escorrentía obtenida de la hidrología (en mm/mes), y L los aportes subsuperficiales (iguales a cero si P - Ret > ESC).

### 4.4.3. Balance del suelo

El primer dato necesario para proceder al balance del suelo es la infiltración. Luego, es preciso conocer la capacidad de campo promedio (CC) y el punto de marchitez (PM) del suelo en cada subcuenca, así como la profundidad radicular para convertir la capacidad de campo de unidades de porcentaje a lámina de agua. Sin embargo, haciendo la comparación de este cálculo con lo descrito por Bradbury et al. (2000), el resultado corresponde a la capacidad máxima de almacenamiento del suelo, que está relacionada hidrológicamente con las abstracciones iniciales de los modelos de lluvia-escorrentía por medio del umbral de escorrentía. De esta manera, se emplearon las relaciones del modelo de lluvia-escorrentía

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

del SCS para determinar la capacidad de almacenamiento del suelo y se igualó a la capacidad de campo. Teniendo en cuenta la ausencia de mediciones, se emplearon tablas para estimar el punto de marchitez permanente a partir de la capacidad de campo calculada.

Con la anterior información y la evapotranspiración potencial (ETP) mensual obtenida del método de Thornthwaite se estima la evapotranspiración real (ETR) que se ocasionaría tomando en cuenta el cierre de las estomas de las plantas en la superficie y los cambios en la humedad del suelo producidos por la precipitación infiltrada. Si dicho valor supera la humedad disponible, se considerará esta como la evapotranspiración real factible en la unidad de suelo.

Finalmente, se determina la humedad del suelo al final del mes a partir de la humedad disponible y la evapotranspiración real calculada, tomando en cuenta que no puede superar la capacidad de campo.

### 4.4.4. Cálculo de la recarga potencial (Rp)

La recarga potencial mensual, en mm/mes, que se produce en cada subcuenca vendrá dada por:

$$R_p = P_i - \Delta HS - ETR$$

Donde ΔHS representa el cambio de humedad del suelo durante el mes.

El procedimiento descrito se realizó a través de una hoja de cálculo en Excel, y los resultados para cada subcuenca se anexan al presente capítulo, en la Tabla 4.14 se presenta el resumen de recargas potenciales por subcuencas.

**Tabla 4.14. Resumen de recargas por unidad hidrográfica de primer nivel.**

| UNIDAD HIDROGRÁFICA DE PRIMER NIVEL | | RECARGA POTENCIAL | |
|---|---|---|---|
| **Código** | **Nombre** | **mm/año** | **$Mm^3$/año** |
| 2909-01 | Plano Costero | 70.41 | 1.05 |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 71.30 | 0.32 |
| 2909-03 | Cisne | 32.55 | 0.55 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 25.44 | 1.92 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 50.36 | 3.18 |
| 2909-06 | Arroyo León | 86.59 | 8.62 |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 194.97 | 4.09 |
| Total | | **531.63** | **19.73** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

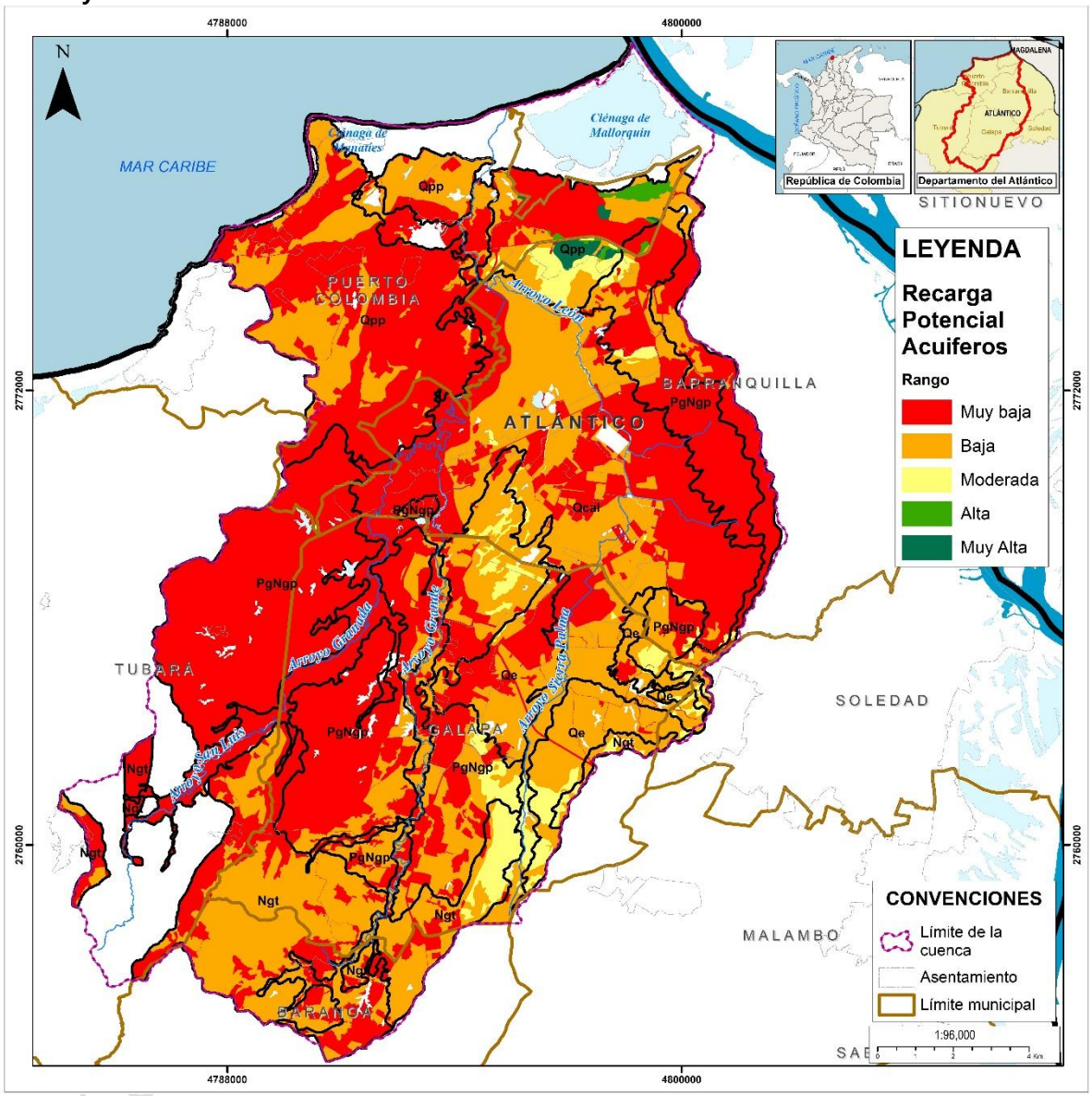
No obstante, una parte considerable de esta recarga potencial en unidades hidrogeológicas de comportamiento acuicludo escurre de manera subsuperficial debido a las características de las rocas y las pendientes del terreno hasta salir a los cauces superficiales o ser adsorbida por la cobertura vegetal. Por tal razón, y a partir de los valores de recarga presentados en la Tabla 4.14 se realizó la estimación de la recarga en las unidades hidrogeológicas que conforman acuíferos, como se observa en la Tabla 4.15.

**Tabla 4.15. Recarga potencial anual en acuíferos de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**

| Unidad Hidrogeológica | | Recarga Potencial | |
|---|---|---|---|
| **Nomenclatura** | **Nombre** | **mm/año** | **Mm³/año** |
| **Ngt** | Formación Tubará | 82.18 | 2.91 |
| **PgNgp** | Formación Las Perdices | 49.82 | 4.06 |
| **Qcal** | Depósitos Coluvio - Aluviales | 49.89 | 3.68 |
| **Qe** | Depósitos Eólicos | 95.98 | 1.65 |
| **Qpp** | Formación La Popa | 85.26 | 4.78 |
| **Total** | | **363.14** | **17.08** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 4.97. Recarga potencial anual en acuíferos de la cuenca de Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**




## *4.5. Prueba de Bombeo*

En el presente capítulo se recopila la investigación de las condiciones hidráulicas que presentan las aguas subterráneas en el sector de estudio.

### 4.5.1. Objetivos

El principal objetivo de esta etapa del estudio es hallar los parámetros hidráulicos de las aguas subterráneas del sector.

### 4.5.2. Metodología

Se realizó cuatro (4) pruebas de bombeo a caudal constante en pozos que abastecen predios ubicado en la zona de estudio y que hacen parte del inventario de puntos de agua realizado, para definir el caudal de bombeo y calcular los parámetros hidráulicos del acuífero (Nivel Estático, Nivel Dinámico, Capacidad Especifica, Permeabilidad y Transmisividad).

Esta prueba se ejecuta bombeando el pozo hasta que se estabilice su nivel dinámico, la relación entre el caudal de explotación y el nivel descendido durante la prueba se conoce con el nombre de capacidad específica.

Ab = abatimiento = la diferencia entre el nivel estático y el dinámico = NE – ND.
Ce = Q/Ab = Capacidad Especifica.
Donde Q es el caudal de explotación.

#### 4.5.2.1. *Pruebas de bombeo en pozos profundos*

El método utilizado para el cálculo de los parámetros hidráulicos en pozos de pequeño diámetro es el de Jacob Simplificado, el cual se basa en la ecuación de Thiem, cuya solución se da graficando en forma semilogarítmica el abatimiento contra el tiempo, este método se deduce de las siguientes expresiones:

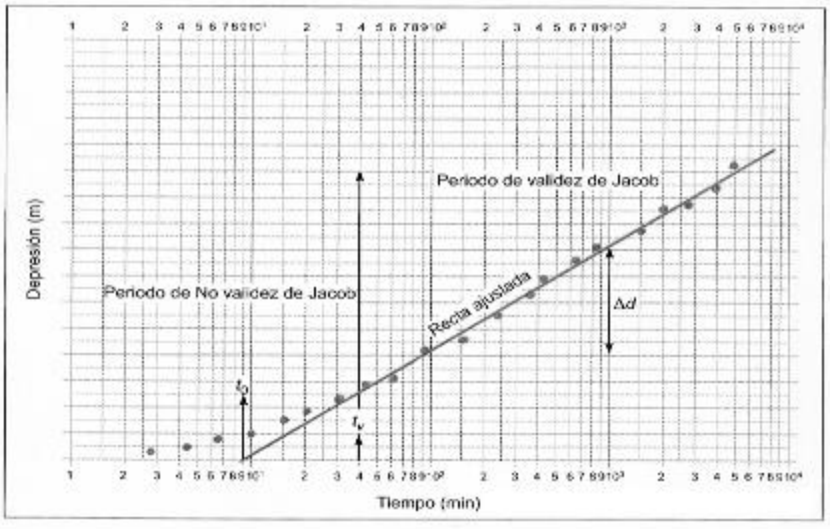
En un punto cualquiera el nivel piezométrico variará durante el bombeo según la expresión de Thiem:

$$h_0 - h = \frac{Q}{2.\pi.T} \ln \frac{R}{r}$$

La resolución matemática de la ecuación de flujo lleva a la fórmula de THEIS y, para la mayoría de las situaciones, a la simplificación de JACOB (Jacob-Cooper).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.98. Grafica de Jacob-Cooper: Abatimiento vs log de tiempo (min) (Tendencia lineal).**




En un punto cualquiera el nivel piezométrico variará durante el bombeo según la expresión:

$$h_0 - h = s = 0{,}183 \frac{Q}{T} \ln \frac{2{,}25.T.t}{r^2.S}$$

Dónde:
s = descenso en el tiempo t (desde el comienzo del bombeo) en el punto de medida situado a la distancia r del eje del pozo de bombeo.
Q = caudal de bombeo.
T = transmisibilidad.
S= coeficiente de almacenamiento.

Con una pequeña transformación matemática en se llega a la expresión equivalente siguiente:

$$\underbrace{s}_{y} = \underbrace{0{,}183 \frac{Q}{T}}_{m} \cdot \underbrace{\log t}_{x} + \underbrace{-0{,}183 \frac{Q}{T} \log t_0}_{n}$$

DOCUMENTO NO DEFIN... FASE ...CIDAD

Es decir, se trata de una recta de la forma y = m.x + n. Por tanto, basta dibujar x (log t) en papel semilogarítmico frente a y (s) para calcular el valor de la pendiente m. Una vez conocida m, como el caudal Q se conoce, se calcula T:
T = 0,183 Q/m
T = 0,1832 Q/Δs y K = T / m

Dónde:
T = Transmisividad.
Q = Caudal de Bombeo.
Δs = La pendiente de la tendencia lineal de la gráfica del abatimiento & el logaritmo del Tiempo de duración de la prueba de bombeo.
m = espesor del acuífero.

Por solicitud del contratante se complementará los conceptos de los parámetros hidráulicos calculados.

#### 4.5.2.2. *Pruebas de bombeo en pozos tipo aljibe*

En el caso de pozos de gran diámetro en donde el caudal bombeado tiene un componente por almacenamiento, se utilizará la expresión de Schosinsky (se basa en el método de Papadopulos), que consiste en graficar en papel semilogarítmico el abatimiento observado durante la prueba de bombeo en el eje horizontal contra la relación entre el volumen almacenado y el volumen bombeado los cuales se obtienen de los datos obtenidos la prueba de bombeo.

Posteriormente se sobrepone esta gráfica sobre las curvas patrón la cual se calcula con base en la relación de Valm/Vbom contra una función que depende del coeficiente de almacenamiento y la Transmisibilidad.

$$F(\alpha,u) = \frac{4\pi T s}{Q}$$

$$\frac{F(\alpha,u)u}{S} = \frac{s\pi r_w^2}{Qt} = \frac{\text{Volumen almacenado}}{\text{Volumen bombeado}}$$

$$S = \frac{\alpha r_c^2}{r_w^2}$$

Cuando el radio del pozo es constante S (E = coeficiente de almacenamiento) es igual a α cuyo se obtiene de la gráfica patrón.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

La transmisibilidad se calcula utilizando también la curva patrón y aplicando la siguiente expresión.

$$T = \frac{F(u;\alpha)\,Q}{4\,\pi\,s}$$

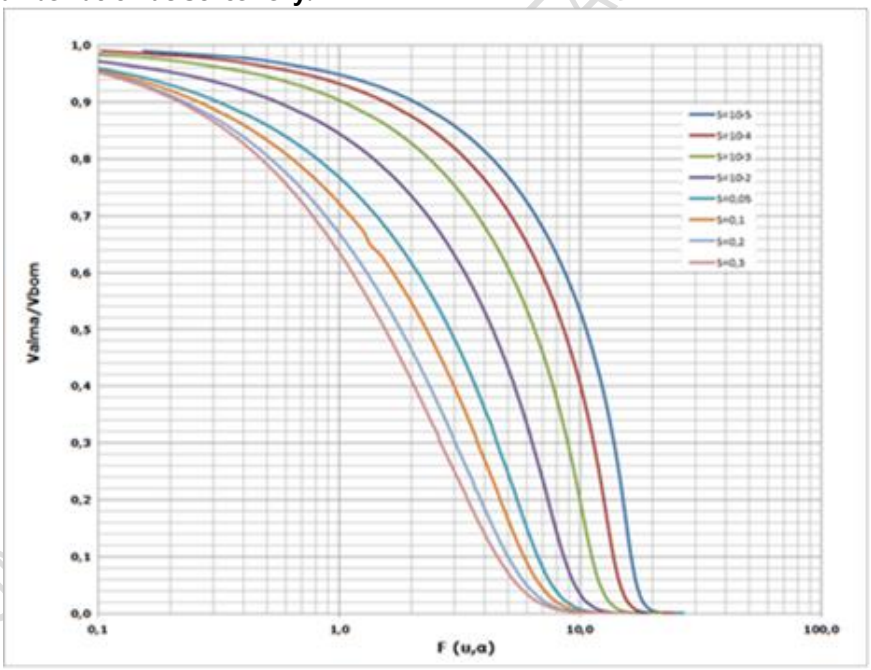
Las curvas patrón se obtienen de graficar la relación Valm/Vbom y la función F (α, u), para varios valores de α el cual equivale al coeficiente de almacenamiento cuando el radio del pozo es constante.

Para hallar la permeabilidad (K) se utiliza la expresión:

K = T / m

Dónde:
m = espesor del acuífero.

**Figura 4.99. Curvas Patrón de Schosinsky.**




### 4.5.2.3. *Permeabilidad o conductividad hidráulica (K):*

Se conoce como conductividad hidráulica o permeabilidad (K) a la cantidad de agua, que, bajo condiciones físicas específicas, circula a través de una sección de área unitaria normal al sentido de flujo, bajo un gradiente hidráulico unitario.

DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICIDAD

La permeabilidad es una característica asociada a la porosidad es la permeabilidad o facilidad que tiene el suelo para dejarse penetrar por los fluidos. No solo los valores absolutos de porosidad bastan para estimar la permeabilidad del suelo sino algunos otros factores como la geometría del sistema poroso. Así una estructura hojosa deja una gran porosidad, pero dificulta notablemente la circulación del agua, al igual que sucede cuando no existe una buena interconexión entre los componentes de la macroporosidad.

La conductividad hidráulica es una propiedad que depende de las características del fluido y de la permeabilidad del medio poroso a través del cual circula y de la fuerza de gravedad (g). De tal forma, que algunas propiedades del fluido como peso específico, viscosidad dinámica y temperatura, influyen en el valor de K, al igual que el tamaño medió de los espacios abiertos (d), estratificación, empacamiento, disposición de los granos, distribución de tamaños, considerados a través del factor de forma (C) y la porosidad. Así, por ejemplo, en lo que respecta a variaciones en las propiedades físicas del agua resulta que el agua salada circula con mayor velocidad que la dulce, por ser más densa y el agua caliente fluye más rápido que la fría, por ser menos viscosa.

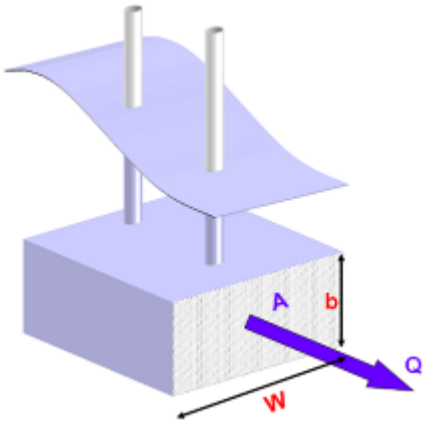
**Tabla 4.16. Valores de permeabilidad en formaciones sedimentarias.**

| TIPO DE ROCA | K (m/d) |
|---|---|
| Arcilla | 0.001 - 0.5 |
| Arena | 0.5 – 40 |
| Grava | 10 – 1.000 |
| Areniscas con fisura | 50 o mas |
| Piedra caliza | 25 |
| Mezcla grava – arena | |
| 40-50% | K arena |
| 60% | 2K arena |
| 70% | 3K arena |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

### 4.5.2.4. *Transmisividad*

La transmisividad se define como la cantidad de agua que circula a través de una sección vertical de un metro de anchura y de altura igual al espesor saturado del acuífero, afectado por un gradiente hidráulico cuyo valor es igual a uno. La transmisividad tiene dimensiones de longitud al cuadrado sobre tiempo y se expresa en $m^2$/día o $m^2$/s.



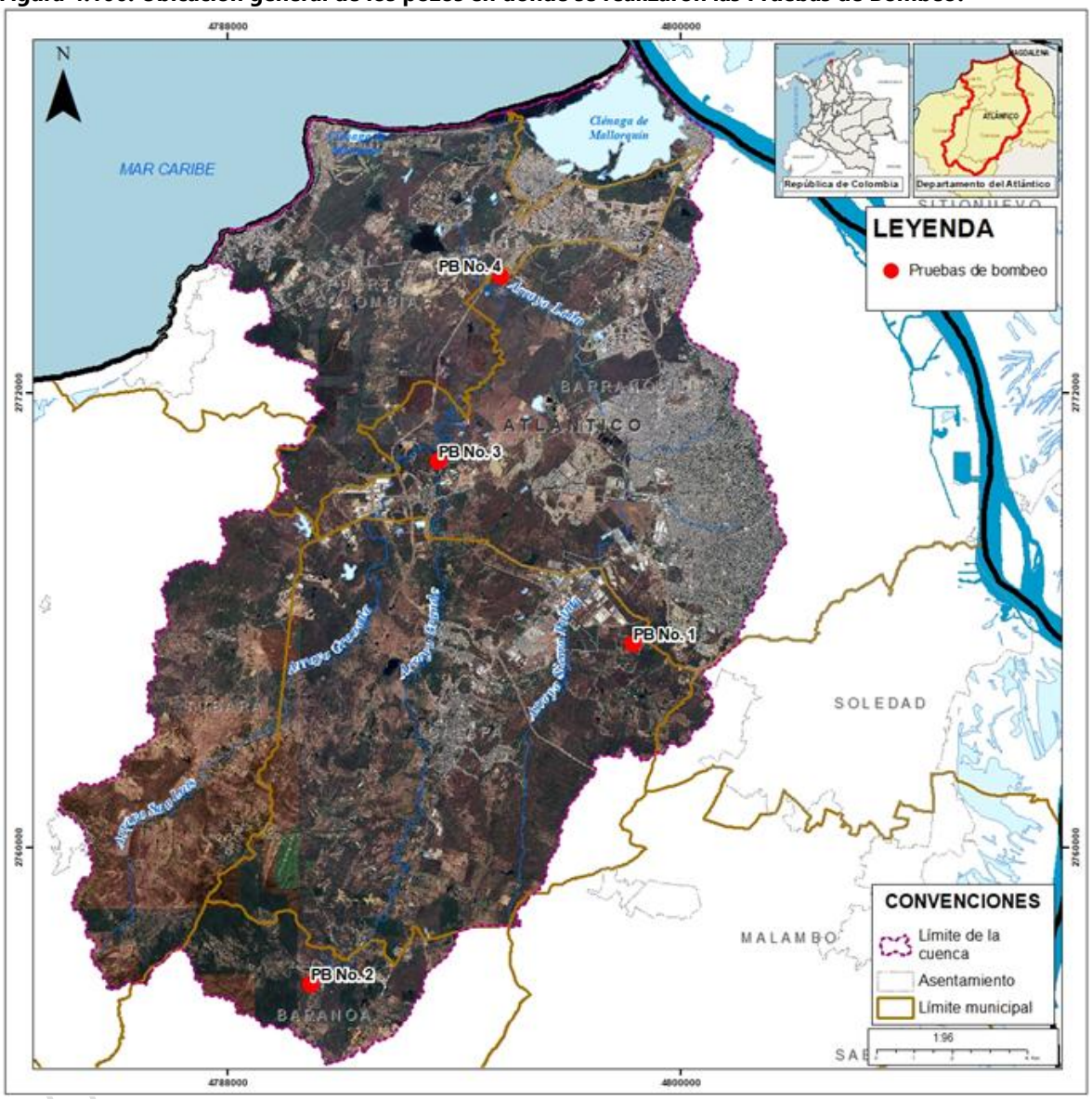

El valor de la transmisividad es uno de los resultados de las pruebas de bombeo, del cual puede estimarse una conductividad hidráulica media del acuífero. Sin embargo, el concepto de transmisividad aporta información limitada sobre valores "promedio" de conductividad hidráulica y porosidad (en el caso de acuíferos confinados) necesarios para tratar problemas de contaminación de agua subterránea.

Si la información geológica básica no se conoce, los valores de transmisividad representan un significado acotado y restringido para un manejo eficiente de los recursos hidráulicos subterráneos a mediano y largo plazos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 4.5.3. Localización

**Figura 4.100. Ubicación general de los pozos en donde se realizaron las Pruebas de Bombeo.**




A continuación, se describe la localización y las coordenadas geográficas de los pozos en donde se realizaron las Pruebas de Bombeo:

**Tabla 4.17. Coordenadas geográficas GMS de los pozos en donde se realizaron las Pruebas de Bombeo.**

| CODIGO | LOCALIZACIÓN | COORD. N | COORD. W | ALTURA GPS |
|---|---|---|---|---|
| Pz PB No. 1 | Vereda Las Margaritas | 10° 55' 14.02" | 74° 50' 31.96" | 68 |
| Pz PB No. 2 | Vereda Pital de Megua | 10° 50' 19.71" | 74° 55' 11.08" | 126 |
| Pz PB No. 3 | Correg. Juan Minas | 10° 57' 50.11" | 74° 53' 22.15" | 30 |
| Pz PB No. 4 | Arroyo León | 11° 00' 29.36" | 74°52'29.03" | 14 |

### 4.5.4. Pozo PB No. 1 – Vereda Las Margaritas

#### 4.5.4.1. *Datos del pozo*

**Localización**: Vereda Las Margaritas, localizada al Nororiente del municipio de Tubará.
**Profundidad**: 8,0 metros.
**Diámetro**: 0,96 metros en concreto.
**Nivel Estático**: 4,16 metros (a boca de pozo).
**Bomba**: Turbina de ½ HP, colocada a 6 metros de profundidad.
**Tubería de impulsión**: 2 de pulgada en PVC.
**Formación Geológica**: Depósitos Eólicos (Qe).

#### 4.5.4.2. *Capacidad específica:*

CE = (caudal promedio) Q/S (abatimiento total).
CE = 0,83 lps/ 0,41 m = 2,024 lps/m.

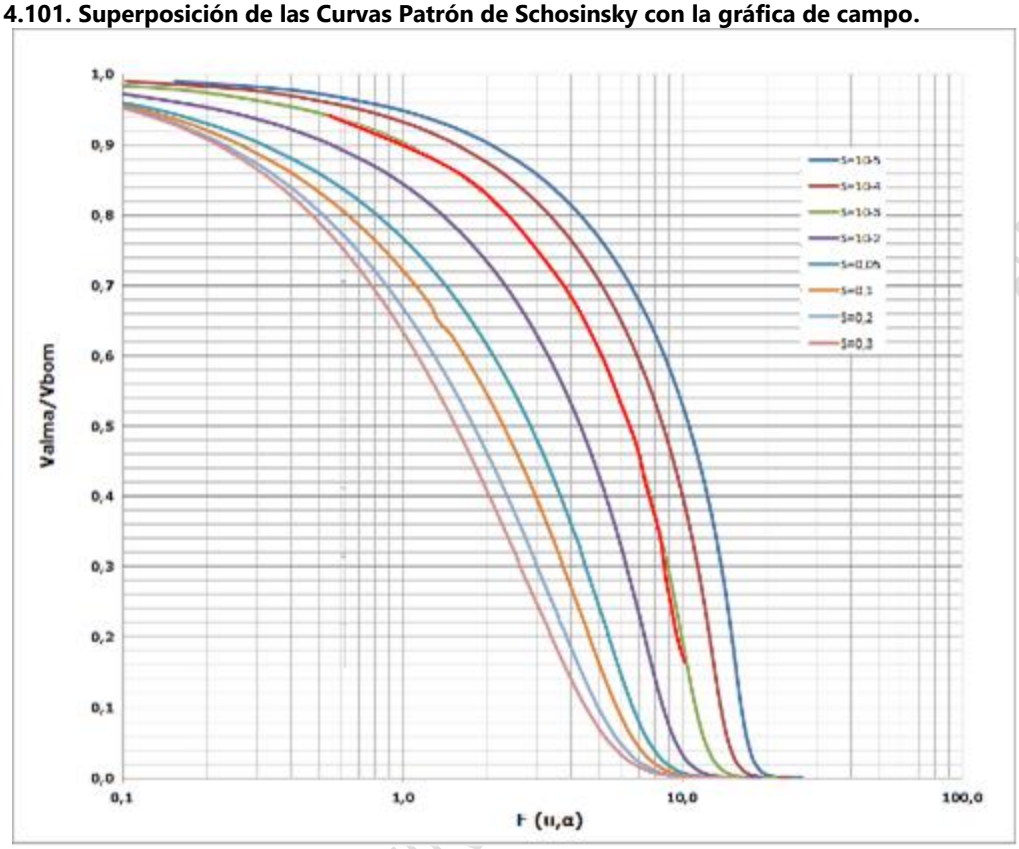
#### 4.5.4.3. *Parámetros hidráulicos*

NE: 4,16 m.
Qprom: 0,83 lps. Q: 71,71 ($m^3$/día).
Esp. Saturado: 3,84 m.

Con base en los resultados gráficos de la relación de Valm/Vbom, contra una función F (α, u), una vez superpuesta la curva se obtiene el coeficiente de almacenamiento y la Transmisibilidad.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.101. Superposición de las Curvas Patrón de Schosinsky con la gráfica de campo.**




S = 0,001.
T = 102,45 $m^2$/día.
K = T / m = 102,45 / 3,84 = 26,68 m/día = 3,09 × 10-4 m/s.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Tabla 4.18. Datos de campo de la prueba de bombeo No. 1, realizada en la Vereda Las Margaritas.**

**FORMATO PRUEBA DE BOMBEO**

**CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

**Nombre del pozo:** Vereda Las Margaritas **Ubicación:** Nororiente del Mpio. de Tubará

**Fecha:** 8/04/2025 **Hora Inicio** 6:30 a. m.

**Nivel Estático** 4,16 **Realizada por:** CORCEL LTDA.

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 0:00 | 6:30 | 4,16 | 0,83 |
| 0:02 | 6:32 | 4,39 | 0,83 |
| 0:05 | 6:35 | 4,44 | 0,83 |
| 0:10 | 6:40 | 4,48 | 0,83 |
| 0:15 | 6:45 | 4,51 | 0,83 |
| 0:20 | 6:50 | 4,53 | 0,83 |
| 0:25 | 6:55 | 4,54 | 0,83 |
| 0:30 | 7:00 | 4,54 | 0,83 |
| 0:40 | 7:10 | 4,55 | 0,83 |
| 0:50 | 7:20 | 4,55 | 0,83 |
| 1:00 | 7:30 | 4,55 | 0,83 |
| 1:15 | 7:45 | 4,55 | 0,83 |
| 1:30 | 8:00 | 4,56 | 0,83 |
| 1:45 | 8:15 | 4,56 | 0,83 |
| 2:00 | 8:30 | 4,56 | 0,83 |
| 2:20 | 8:50 | 4,56 | 0,83 |
| 2:40 | 9:10 | 4,57 | 0,83 |
| 3:00 | 9:30 | 4,57 | 0,83 |
| 3:30 | 10:00 | 4,57 | 0,83 |

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 4:00 | 10:30 | 4,57 | 0,83 |
| 4:30 | 11:00 | 4,57 | 0,83 |
| 5:00 | 11:30 | 4,57 | 0,83 |
| 5:30 | | | |
| 6:00 | | | |
| 7:00 | | | |
| 8:00 | | | |
| 9:00 | | | |
| 10:00 | | | |
| 11:00 | | | |
| 12:00 | | | |
| 14:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 18:00 | | | |
| 21:00 | | | |
| 24:00 | | | |
| 30:00 | | | |
| 36:00 | | | |
| 48:00 | | | |

**OBSERVACIONES:**

Profundidad Pozo 8,0 metros, diámetro 0,96 metros en cemento

Bomba Tipo Turbina 1/2 hp localizada a 6 metros de profundida dentro del pozo

Tuberia de succión y impulsión 3/4" en PVC

Punto de Medición: Boca de Pozo

De la prueba de bombeo realizada en el pozo construido en la Finca La Culatilla, se puede concluir que los parámetros hidráulicos analizados muestran acuíferos con características

hidrogeológicas buenas, lo que indica que las fuentes subterráneas permiten una explotación continua, a un caudal moderado.

#### 4.5.4.4. *Prueba de recuperación*

**Tabla 4.19. Datos de campo de la prueba de recuperación, realizada en la Vereda Las Margaritas.**

**FORMATO PRUEBA DE BOMBEO** — **RECUPERCIÓN**

**CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

**Nombre del pozo:** Vereda Las Margaritas — **Ubicación:** Nororiente del Mpio. de Tubará

**Fecha:** 22/01/2024 — **Hora Inicio** 11:30 a. m.

**Nivel Estático** 4,16 — **Realizada por:** CORCEL LTDA.

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/S |
|---|---|---|---|
| 0:00 | 11:30 | 4,57 | 0,83 |
| 0:02 | 11:32 | 4,33 | 0,83 |
| 0:05 | 11:35 | 4,28 | 0,83 |
| 0:10 | 11:40 | 4,24 | 0,83 |
| 0:15 | 11:45 | 4,22 | 0,83 |
| 0:20 | 11:50 | 4,20 | 0,83 |
| 0:25 | 11:55 | 4,19 | 0,83 |
| 0:30 | 12:00 | 4,18 | 0,83 |
| 0:40 | 12:10 | 4,17 | 0,83 |
| 0:50 | 12:20 | 4,16 | 0,83 |
| 1:00 | | | |
| 1:15 | | | |
| 1:30 | | | |
| 1:45 | | | |
| 2:00 | | | |
| 2:20 | | | |
| 2:40 | | | |
| 3:00 | | | |
| 3:30 | | | |

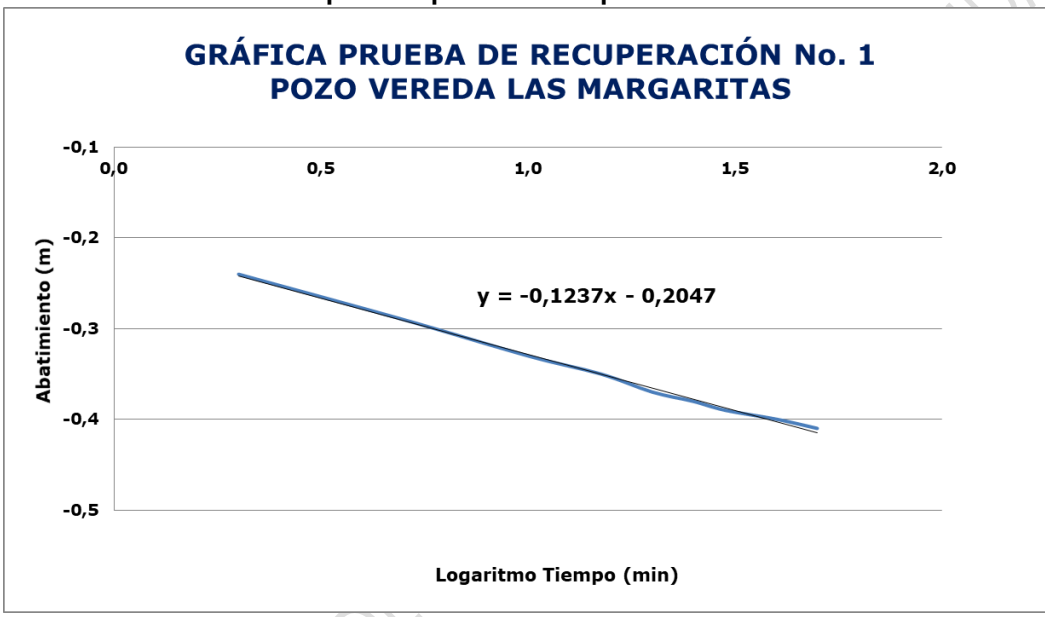
| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/S |
|---|---|---|---|
| 4:00 | | | |
| 4:30 | | | |
| 5:00 | | | |
| 5:30 | | | |
| 6:00 | | | |
| 7:00 | | | |
| 8:00 | | | |
| 9:00 | | | |
| 10:00 | | | |
| 11:00 | | | |
| 12:00 | | | |
| 14:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 18:00 | | | |
| 21:00 | | | |
| 24:00 | | | |
| 30:00 | | | |
| 36:00 | | | |
| 48:00 | | | |

Una vez terminada la prueba de bombeo a caudal constante, se procedió a tomar las medidas de recuperación, con la misma secuencia de tiempos utilizada durante la etapa de abatimiento.

La recuperación del pozo se mide hasta alcanzar el nivel estático inicial del pozo o por lo menos el 90% del abatimiento total.

ΔS: 0,2608.
T = 0,1832 Q/▪ S = 0,1832 x 71,71 / 0,1237 = 106,18 $m^2$/día.
K = T / m = 106,18 / 3,84 = 27,65 m/día = 3,20 × 10-4 m/s.

**Figura 4.102. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de recuperación No. 1.**




El valor obtenido de transmisividad de la prueba de recuperación del Pozo PB No. 1, realizada en la Vereda Las Margaritas, es mayor que el valor calculado en la prueba de bombeo a caudal constante, lo cual indica que el tipo de acuífero de la zona presenta características de Detrítico Libre.

DOCUMENTO NO DE

### 4.5.5. Pozo PB No. 2 – Acueducto de Vereda Pital de Megua

#### 4.5.5.1. *Datos del pozo*

**Localización**: Vereda Pital de Megua, localizada al Norte del municipio de Baranoa.
**Profundidad**: 87,0 metros.
**Diámetro**: 8" metros en Hierro.
**Nivel Estático**: 17,08 metros (a boca de pozo).
**Bomba**: Sumergible de 15,0 HP, ubicada a 60 metros de profundidad.
**Tubería de impulsión**: 3 pulgadas con reducción a 2 Pulgadas.
**Formación Geológica**: Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal).

#### 4.5.5.2. *Capacidad Especifica:*

CE = (caudal promedio) Q/S (abatimiento total).
CE = 9,81 lps/ 17,20 m = 0,57 lps/m.

#### 4.5.5.3. *Parámetros hidráulicos*

NE: 17,08 m.
Qprom: 9,81 lps. Q: 847,58 ($m^3$/día).
Esp. Saturado: 69,92 m.
ΔS: 4,1021.
T = 0,1832 Q/▪ S = 0,1832 x 847,58 / 4,1021 = 37,85 $m^2$/día.
K = T / m = 37,85 / 69,92 = 0,541 m/día = 6,27 × 10-6 m/s.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 4.20. Datos de campo de la prueba de bombeo No. 2, realizada en la Vereda Pital de Megua.**

**FORMATO PRUEBA DE BOMBEO**

**CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

**Nombre del pozo:** Vereda Pital de Megua **Ubicación:** Norte del municipio de Baranoa

**Fecha:** 9/04/2025 **Hora Inicio** 9:00 a. m.

**Nivel Estático** 17,08 **Realizada por:** CORCEL LTDA.

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 0:00 | 9:00 | 17,08 | 9,81 |
| 0:02 | 9:02 | 24,65 | 9,81 |
| 0:05 | 9:05 | 26,89 | 9,81 |
| 0:10 | 9:10 | 28,76 | 9,81 |
| 0:15 | 9:15 | 29,94 | 9,81 |
| 0:20 | 9:20 | 30,89 | 9,81 |
| 0:25 | 9:25 | 31,53 | 9,81 |
| 0:30 | 9:30 | 32,14 | 9,81 |
| 0:40 | 9:40 | 32,91 | 9,81 |
| 0:50 | 9:50 | 33,68 | 9,81 |
| 1:00 | 10:00 | 33,93 | 9,81 |
| 1:15 | 10:15 | 34,12 | 9,81 |
| 1:30 | 10:30 | 34,19 | 9,81 |
| 1:45 | 10:45 | 34,21 | 9,81 |
| 2:00 | 11:00 | 34,23 | 9,81 |
| 2:20 | 11:20 | 34,25 | 9,81 |
| 2:40 | 11:40 | 34,26 | 9,81 |
| 3:00 | 12:00 | 34,27 | 9,81 |
| 3:30 | 12:30 | 34,27 | 9,81 |

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 4:00 | 13:00 | 34,27 | 9,81 |
| 4:30 | 13:30 | 34,28 | 9,81 |
| 5:00 | 14:00 | 34,28 | 9,81 |
| 5:30 | 14:30 | 34,28 | 9,81 |
| 6:00 | 15:00 | 34,28 | 9,81 |
| 7:00 | | | |
| 8:00 | | | |
| 9:00 | | | |
| 10:00 | | | |
| 11:00 | | | |
| 12:00 | | | |
| 14:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 18:00 | | | |
| 21:00 | | | |
| 24:00 | | | |
| 30:00 | | | |
| 36:00 | | | |
| 48:00 | | | |

**OBSERVACIONES:**

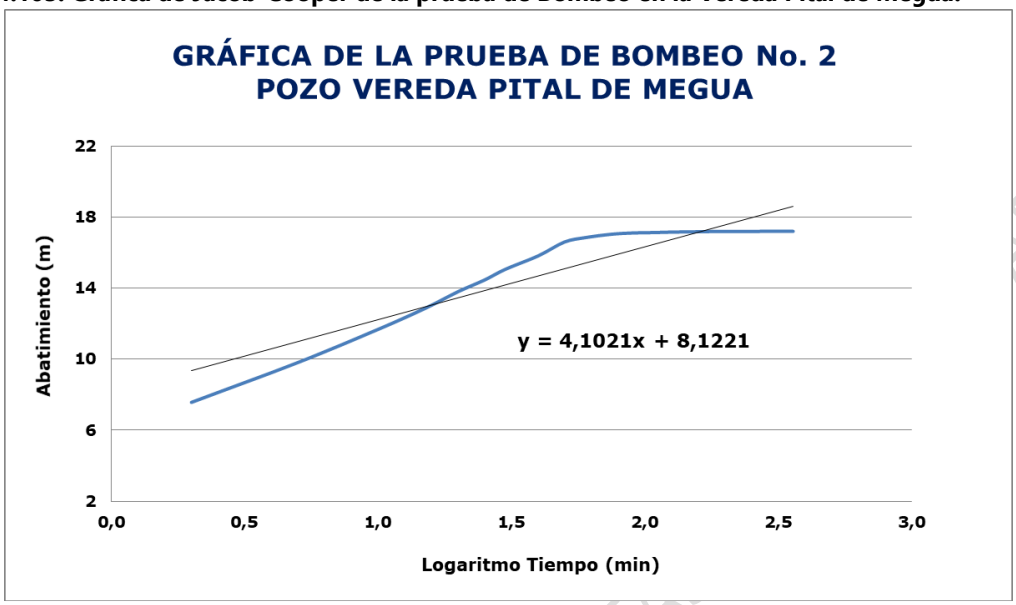
Profundidad Pozo 87 metros, diámetro 8" metros en hierro

Bomba sumergible 15 hp localizada a 60 metros de profundida dentro del pozo

Tubería de impulsión 3" con reducción a 2" a la salida del pozo

Punto de Medición: Boca de Pozo

**Figura 4.103. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de Bombeo en la Vereda Pital de Megua.**




De la prueba de bombeo realizada en el pozo construido en la Vereda Pital de Megua, se puede concluir que los parámetros hidráulicos analizados muestran acuíferos con características hidrogeológicas aceptables, lo que indica que las fuentes subterráneas permiten una explotación continua, a un caudal moderado.

### 4.5.5.4. *Prueba de recuperación*

Una vez terminada la prueba de bombeo a caudal constante, se procedió a tomar las medidas de recuperación, con la misma secuencia de tiempos utilizada durante la etapa de abatimiento.

La recuperación del pozo se mide hasta alcanzar el nivel estático inicial del pozo o por lo menos el 90% del abatimiento total.

Qprom: 9,81 lps. Q: 847,58 ($m^3$/día).
Esp. Saturado: 69,92 m.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Tabla 4.21. Datos de campo de la prueba de recuperación, realizada en la Vereda Pital de Megua.**

**FORMATO PRUEBA DE BOMBEO** **RECUPERCIÓN**

**CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

**Nombre del pozo:** Vereda Pital de Megua **Ubicación:** Norte del municipio de Baranoa

**Fecha:** 9/04/2025 **Hora Inicio** 3:00 p. m.

**Nivel Estático** 17,08 **Realizada por:** CORCEL LTDA.

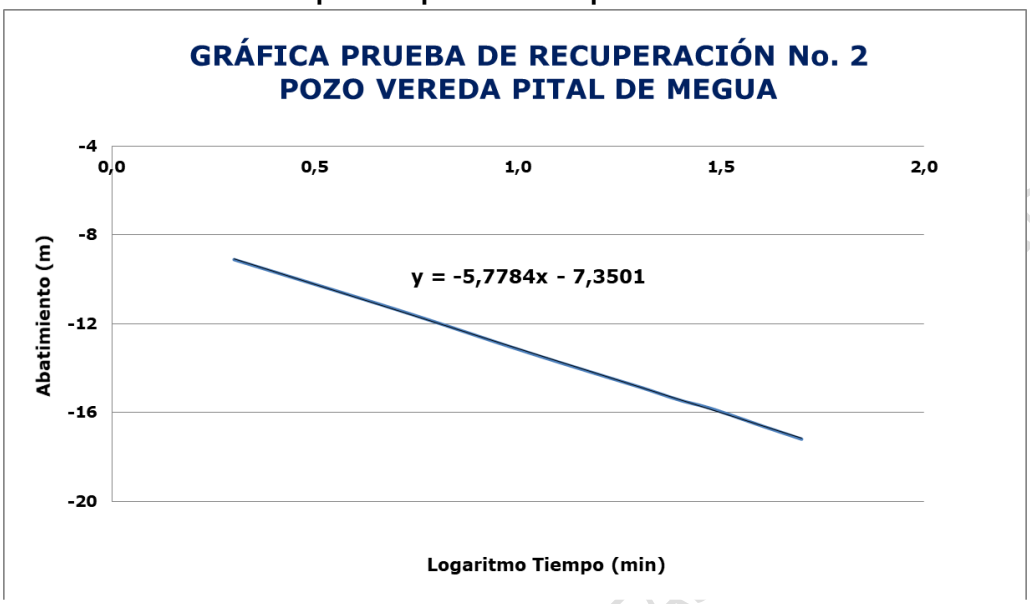
| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 0:00 | 15:00 | 34,28 | 9,81 |
| 0:02 | 15:02 | 25,17 | 9,81 |
| 0:05 | 15:05 | 22,93 | 9,81 |
| 0:10 | 15:10 | 21,13 | 9,81 |
| 0:15 | 15:15 | 20,12 | 9,81 |
| 0:20 | 15:20 | 19,42 | 9,81 |
| 0:25 | 15:25 | 18,84 | 9,81 |
| 0:30 | 15:30 | 18,45 | 9,81 |
| 0:40 | 15:40 | 17,67 | 9,81 |
| 0:50 | 15:50 | 17,08 | 9,81 |
| 1:00 | | | |
| 1:15 | | | |
| 1:30 | | | |
| 1:45 | | | |
| 2:00 | | | |
| 2:20 | | | |
| 2:40 | | | |
| 3:00 | | | |
| 3:30 | | | |

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 4:00 | | | |
| 4:30 | | | |
| 5:00 | | | |
| 5:30 | | | |
| 6:00 | | | |
| 7:00 | | | |
| 8:00 | | | |
| 9:00 | | | |
| 10:00 | | | |
| 11:00 | | | |
| 12:00 | | | |
| 14:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 18:00 | | | |
| 21:00 | | | |
| 24:00 | | | |
| 30:00 | | | |
| 36:00 | | | |
| 48:00 | | | |

ΔS: 5,7784.
T = 0,1832 Q/ΔS = 0,1832 x 847,58 / 5,7784 = 26,87 $m^2$/día.
K = T / m = 26,87 / 69,92 = 0,384 m/día = 4,45 × 10-6 m/s.

El valor obtenido de transmisividad de la prueba de recuperación del Pozo del acueducto de la Vereda Pital de Megua, es menor que el valor calculado en la prueba de bombeo a caudal constante, lo cual indica que el tipo de fuente subterránea captada en la zona presenta características de acuífero confinado.

**Figura 4.104. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de recuperación No. 2.**




## 4.5.6. Pozo PB No. 3 – corregimiento de Juan Minas

### 4.5.6.1. *Datos del pozo*

**Localización**: Corregimiento de Juan Minas, localizada al suroccidente del municipio de Barranquilla.
**Profundidad**: 10,0 metros.
**Diámetro**: 1,50 metros en concreto.
**Nivel Estático**: 2,82 metros (a boca de pozo).
**Bomba**: Tipo turbina de 3 HP y succión a 5 metros.
**Tubería de impulsión**: 2 pulgadas en PVC.
**Formación Geológica**: Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Tabla 4.22. Datos de campo de la prueba de bombeo No. 3, realizada en el Correg. De Juan Minas.**

**FORMATO PRUEBA DE BOMBEO**

**CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

**Nombre del pozo:** Correg. de Juan Minas **Ubicación:** Suroccidente del Mpio. de Bquilla

**Fecha:** 16/05/2025 **Hora Inicio** 8:30 a. m.

**Nivel Estático** 2,82 **Realizada por:** CORCEL LTDA.

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 0:00 | 8:30 | 2,82 | 3,62 |
| 0:02 | 8:32 | 3,26 | 3,62 |
| 0:05 | 8:35 | 3,39 | 3,62 |
| 0:10 | 8:40 | 3,47 | 3,62 |
| 0:15 | 8:45 | 3,53 | 3,62 |
| 0:20 | 8:50 | 3,62 | 3,62 |
| 0:25 | 8:55 | 3,69 | 3,62 |
| 0:30 | 9:00 | 3,73 | 3,62 |
| 0:40 | 9:10 | 3,75 | 3,62 |
| 0:50 | 9:20 | 3,76 | 3,62 |
| 1:00 | 9:30 | 3,76 | 3,62 |
| 1:15 | 9:45 | 3,76 | 3,62 |
| 1:30 | 10:00 | 3,76 | 3,62 |
| 1:45 | 10:15 | 3,76 | 3,62 |
| 2:00 | 10:30 | 3,76 | 3,62 |
| 2:20 | 10:50 | 3,76 | 3,62 |
| 2:40 | 11:10 | 3,76 | 3,62 |
| 3:00 | 11:30 | 3,76 | 3,62 |
| 3:30 | | | |

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 4:00 | | | |
| 4:30 | | | |
| 5:00 | | | |
| 5:30 | | | |
| 6:00 | | | |
| 7:00 | | | |
| 8:00 | | | |
| 9:00 | | | |
| 10:00 | | | |
| 11:00 | | | |
| 12:00 | | | |
| 14:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 18:00 | | | |
| 21:00 | | | |
| 24:00 | | | |
| 30:00 | | | |
| 36:00 | | | |
| 48:00 | | | |

**OBSERVACIONES:**

Profundidad Pozo 10,0 metros, diámetro 1,50 metros en cemento

Bomba Tipo turbina de 3 HP, con eyector y succión a 5 metros

Tubería de impulsión 2" en PVC

Punto de Medición: Boca de Pozo

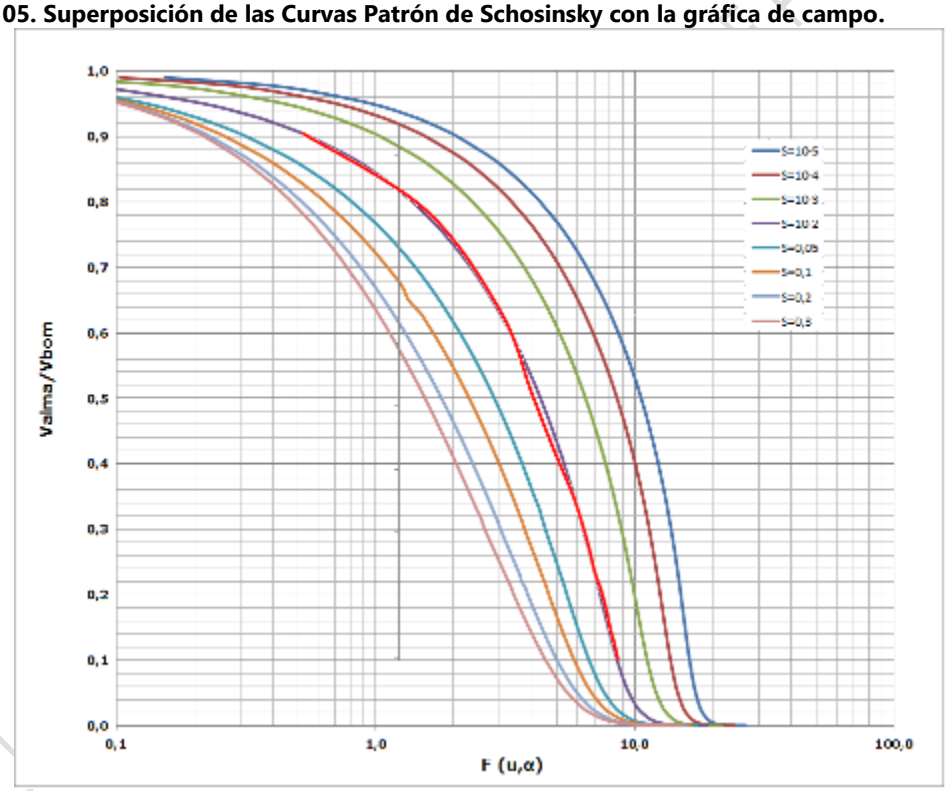
### 4.5.6.2. *Capacidad específica*

CE = (caudal promedio) Q/S (abatimiento total).
CE = 3,62 lps/ 0,95 m = 3,811 lps/m.

### 4.5.6.3. *Parámetros hidráulicos*

NE: 2,82 m.
Qprom: 3,62 lps. Q: 312,77 ($m^3$/día).
Esp. Saturado: 7,18 m.
Con base en los resultados gráficos de la relación de Valm/Vbom, contra una función F (α, u), una vez superpuesta la curva se obtiene el coeficiente de almacenamiento y la Transmisibilidad. S = 0,01.

**Figura 4.105. Superposición de las Curvas Patrón de Schosinsky con la gráfica de campo.**




T = 154,83 $m^2$/día.
K = T / m = 154,83 / 7,18 = 21,56 m/día = 2,50 × 10-4 m/s.

De la prueba de bombeo realizada en el pozo construido en el Corregimiento de Juan Minas, se puede concluir que los parámetros hidráulicos analizados muestran acuíferos con

DOCUMENTO DE CONSULTA PÚBLICIDAD

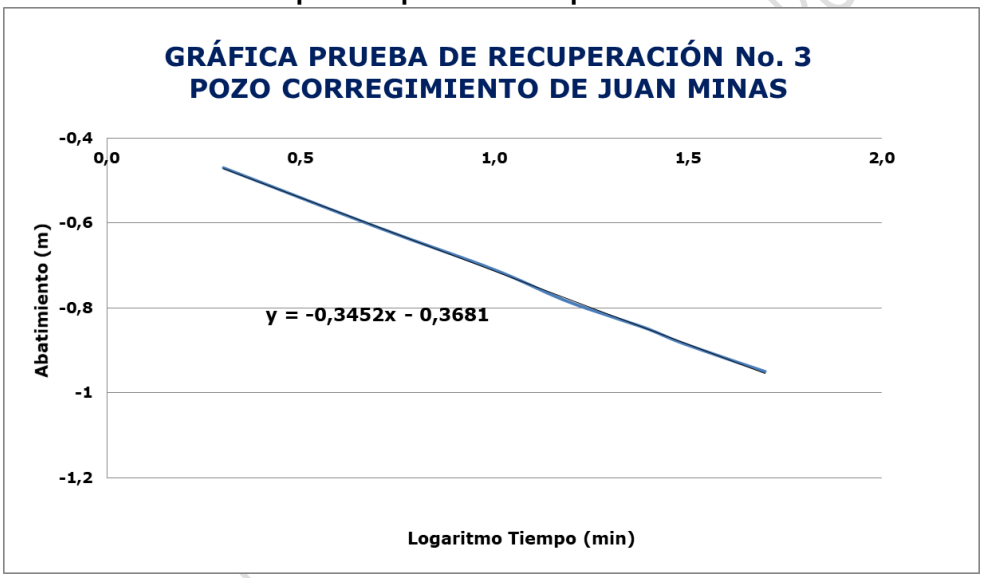
características hidrogeológicas buenas, lo que indica que las fuentes subterráneas permiten una explotación continua, a un caudal moderado.

#### 4.5.6.4. *Prueba de recuperación*

Una vez terminada la prueba de bombeo a caudal constante, se procedió a tomar las medidas de recuperación, con la misma secuencia de tiempos utilizada durante la etapa de abatimiento.

La recuperación del pozo se mide hasta alcanzar el nivel estático inicial del pozo o por lo menos el 90% del abatimiento total.

**Figura 4.106. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de recuperación No. 3.**




DOCUMENTO PARA PUBLICIDAD

**Tabla 4.23. Datos de campo de la prueba de recuperación, Finca Los Merengues.**

**FORMATO PRUEBA DE BOMBEO** **RECUPERCIÓN**

**CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

**Nombre del pozo:** Correg. de Juan Minas **Ubicación:** Suroccidente del Mpio. de Bquilla

**Fecha:** 16/05/2025 **Hora Inicio** 11:30 a. m.

**Nivel Estático** 2,82 **Realizada por:** CORCEL LTDA.

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 0:00 | 11:30 | 3,77 | 3,62 |
| 0:02 | 11:32 | 3,30 | 3,62 |
| 0:05 | 11:35 | 3,16 | 3,62 |
| 0:10 | 11:40 | 3,06 | 3,62 |
| 0:15 | 11:45 | 2,99 | 3,62 |
| 0:20 | 11:50 | 2,95 | 3,62 |
| 0:25 | 11:55 | 2,92 | 3,62 |
| 0:30 | 12:00 | 2,89 | 3,62 |
| 0:40 | 12:10 | 2,85 | 3,62 |
| 0:50 | 12:20 | 2,82 | 3,62 |
| 1:00 | | | |
| 1:15 | | | |
| 1:30 | | | |
| 1:45 | | | |
| 2:00 | | | |
| 2:20 | | | |
| 2:40 | | | |
| 3:00 | | | |
| 3:30 | | | |

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 4:00 | | | |
| 4:30 | | | |
| 5:00 | | | |
| 5:30 | | | |
| 6:00 | | | |
| 7:00 | | | |
| 8:00 | | | |
| 9:00 | | | |
| 10:00 | | | |
| 11:00 | | | |
| 12:00 | | | |
| 14:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 18:00 | | | |
| 21:00 | | | |
| 24:00 | | | |
| 30:00 | | | |
| 36:00 | | | |
| 48:00 | | | |

DOCUM

ΔS: 0,3452.
T = 0,1832 Q/ΔS = 0,1832 x 312,77 / 0,3452 = 166,0 $m^2$/día.
K = T / m = 166,0 / 7,18 = 23,12 m/día = 2,68 × 10-4 m/s.

El valor obtenido de transmisividad de la prueba de recuperación del Pozo PB No. 3 realizada en el Corregimiento de Juan Minas, es mayor que el valor calculado en la prueba de bombeo a caudal constante, lo cual indica que el tipo de acuífero de la zona presenta características de Detrítico Libre.

### 4.5.7. Pozo PB No. 4 – Arroyo León

#### 4.5.7.1. *Datos del pozo*

**Localización**: Arroyo León, Nororiente del Municipio de Puerto Colombia.
**Profundidad**: 20 metros.
**Diámetro**: 6″ metros en PVC.
**Nivel Estático**: 8,16 metros (a boca de pozo).
**Bomba**: Sumergible de 1/2 HP, ubicada a 16 metros de profundidad.
**Tubería de impulsión**: 1/2 pulgadas en PVC.
**Formación Geológica**: Formación La Popa (Qpp).

#### 4.5.7.2. *Capacidad específica:*

CE = (caudal promedio) Q/S (abatimiento total).
CE = 0,42 lps/ 0,28 m = 1,50 lps/m.

#### 4.5.7.3. *Parámetros hidráulicos*

NE: 8,16 m.
Qprom: 0,42 lps. Q: 36,29 ($m^3$/día).
Esp. Saturado: 11,84 m.
ΔS: 0,0388.
T = 0,1832 Q/ΔS = 0,1832 x 36,29 / 0,0388 = 171,25 $m^2$/día.
K = T / m = 171,25 / 11,84 = 14,463 m/día = 1,67 × 10-4 m/s.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 4.24. Datos de campo de la prueba de bombeo No. 4, realizada en el pozo cerca al arroyo León.**

**FORMATO PRUEBA DE BOMBEO**

**CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

**Nombre del pozo:** Arroyo León **Ubicación:** Nororiente de Puerto Colombia

**Fecha:** 17/05/2025 **Hora Inicio** 7:00 a. m.

**Nivel Estático** 8,16 **Realizada por:** CORCEL LTDA.

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 0:00 | 7:00 | 8,16 | 0,42 |
| 0:02 | 7:02 | 8,33 | 0,42 |
| 0:05 | 7:05 | 8,39 | 0,42 |
| 0:10 | 7:10 | 8,41 | 0,42 |
| 0:15 | 7:15 | 8,42 | 0,42 |
| 0:20 | 7:20 | 8,42 | 0,42 |
| 0:25 | 7:25 | 8,42 | 0,42 |
| 0:30 | 7:30 | 8,42 | 0,42 |
| 0:40 | 7:40 | 8,42 | 0,42 |
| 0:50 | 7:50 | 8,42 | 0,42 |
| 1:00 | 8:00 | 8,43 | 0,42 |
| 1:15 | 8:15 | 8,43 | 0,42 |
| 1:30 | 8:30 | 8,43 | 0,42 |
| 1:45 | 8:45 | 8,43 | 0,42 |
| 2:00 | 9:00 | 8,43 | 0,42 |
| 2:20 | 9:20 | 8,44 | 0,42 |
| 2:40 | 9:40 | 8,44 | 0,42 |
| 3:00 | 10:00 | 8,44 | 0,42 |
| 3:30 | 10:30 | 8,44 | 0,42 |

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/s |
|---|---|---|---|
| 4:00 | 11:00 | 8,44 | 0,42 |
| 4:30 | | | |
| 5:00 | | | |
| 5:30 | | | |
| 6:00 | | | |
| 7:00 | | | |
| 8:00 | | | |
| 9:00 | | | |
| 10:00 | | | |
| 11:00 | | | |
| 12:00 | | | |
| 14:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 18:00 | | | |
| 21:00 | | | |
| 24:00 | | | |
| 30:00 | | | |
| 36:00 | | | |
| 48:00 | | | |

**OBSERVACIONES:**

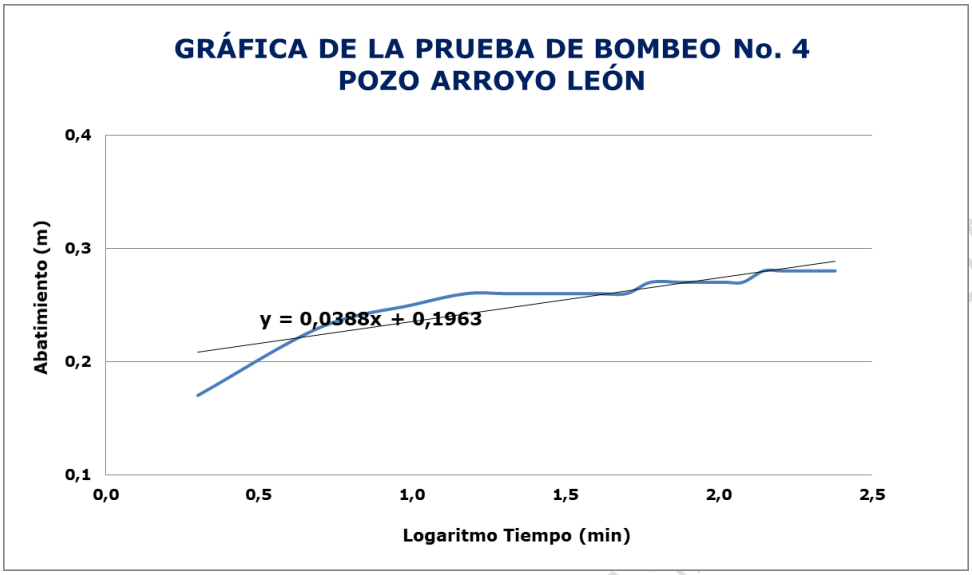
Profundidad Pozo 20 metros, diámetro 6" metros en PVC

Bomba sumergible 1/2 hp localizada a 16 metros de profundida dentro del pozo

Tubería de impulsión 1/2" en PVC

Punto de Medición: Boca de Pozo

**Figura 4.107. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de Bombeo en el pozo cerca al arroyo León.**




De la prueba de bombeo realizada en el pozo construido cerca al arroyo León, se puede concluir que los parámetros hidráulicos analizados muestran acuíferos con características hidrogeológicas aceptables, lo que indica que las fuentes subterráneas permiten una explotación continua, a un caudal moderado.

### 4.5.7.4. *Prueba de recuperación*

Una vez terminada la prueba de bombeo a caudal constante, se procedió a tomar las medidas de recuperación, con la misma secuencia de tiempos utilizada durante la etapa de abatimiento.

La recuperación del pozo se mide hasta alcanzar el nivel estático inicial del pozo o por lo menos el 90% del abatimiento total.

ΔS: 0,1007.
Qprom: 0,42 lps. Q: 36,29 ($m^3$/día).
T = 0,1832 Q/▪ S = 0,1832 x 36,29 / 0,1007 = 66,02 $m^2$/día.
K = T / m = 66,02 / 11,84 = 5,58 m/día = 6,45 × 10-5 m/s.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE FINALIDAD

**Tabla 4.25. Datos de campo de la prueba de recuperación, realizada en el pozo cerca al arroyo León.**

**FORMATO PRUEBA DE BOMBEO** — **RECUPERCIÓN**

**CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

**Nombre del pozo:** Arroyo León **Ubicación:** Nororiente de Puerto Colombia

**Fecha:** 17/05/2025 **Hora Inicio** 11:00 a. m.

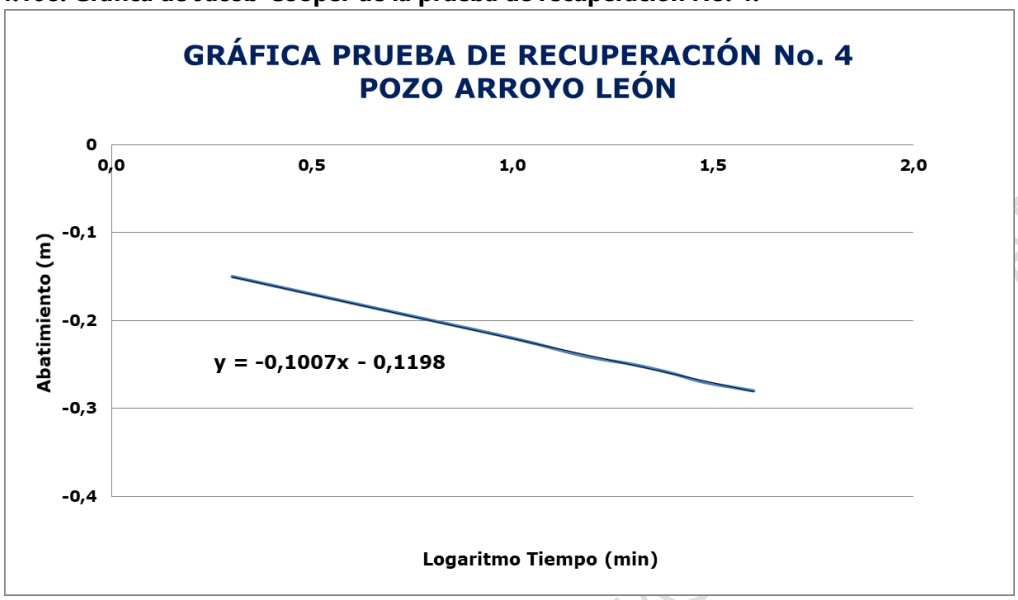
**Nivel Estático** 8,16 **Realizada por:** CORCEL LTDA.

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/S |
|---|---|---|---|
| 0:00 | 11:00 | 8,44 | 0,42 |
| 0:02 | 11:02 | 8,29 | 0,42 |
| 0:05 | 11:05 | 8,25 | 0,42 |
| 0:10 | 11:10 | 8,22 | 0,42 |
| 0:15 | 11:15 | 8,20 | 0,42 |
| 0:20 | 11:20 | 8,19 | 0,42 |
| 0:25 | 11:25 | 8,18 | 0,42 |
| 0:30 | 11:30 | 8,17 | 0,42 |
| 0:40 | 11:40 | 8,16 | 0,42 |
| 0:50 | | | |
| 1:00 | | | |
| 1:15 | | | |
| 1:30 | | | |
| 1:45 | | | |
| 2:00 | | | |
| 2:20 | | | |
| 2:40 | | | |
| 3:00 | | | |
| 3:30 | | | |

| Tiempo | Hora real | Nivel (m) | Caudal L/S |
|---|---|---|---|
| 4:00 | | | |
| 4:30 | | | |
| 5:00 | | | |
| 5:30 | | | |
| 6:00 | | | |
| 7:00 | | | |
| 8:00 | | | |
| 9:00 | | | |
| 10:00 | | | |
| 11:00 | | | |
| 12:00 | | | |
| 14:00 | | | |
| 16:00 | | | |
| 18:00 | | | |
| 21:00 | | | |
| 24:00 | | | |
| 30:00 | | | |
| 36:00 | | | |
| 48:00 | | | |

El valor obtenido de transmisividad de la prueba de recuperación del Pozo localizado cerca al arroyo León, es menor que el valor calculado en la prueba de bombeo a caudal constante, lo cual indica que el tipo de acuífero captado en la zona presenta características de acuífero confinado.

**Figura 4.108. Grafica de Jacob-Cooper de la prueba de recuperación No. 4.**




DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE FINALIZACIÓN

## 4.5.8. Registro fotográfico

**Figura 4.109. Toma de niveles y medición de caudal durante la prueba la prueba de bombeo del pozo PB No. 1 (Vereda Las Margaritas).**

**Figura 4.110. Toma de niveles y medición de caudal durante la prueba la prueba de bombeo del pozo PB No. 2 (Vereda Pital de Megua).**

**Figura 4.111. Toma de niveles y medición de caudal durante la prueba la prueba de bombeo del pozo PB No. 3 (Corregimiento de Juan Minas).**

**Figura 4.112. Toma de niveles y medición de caudal durante la prueba la prueba de bombeo del pozo PB No. 4 (Arroyo León - Nororiente de Puerto Colombia).**

### 4.5.9. Conclusiones

De las pruebas de bombeo realizadas se puede concluir que los parámetros hidráulicos analizados muestran acuíferos de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín, presentan características hidrogeológicas de aceptables a buenas, lo que indica que las fuentes subterráneas de la zona permiten una explotación continúa con un caudal moderado.

Los pozos monitoreados a los cuales se les realizaron las pruebas de bombeo se localizan sobre Depósitos Eólicos (Qe), Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal) y Formación La Popa (Qpp); asociados a las escorrentías superficiales, cuyas características hidráulicas nos muestra acuíferos libres superficialmente captados mediante pozos tipo aljibe y confinados a profundidades medias, captadas mediante pozos profundos.

A continuación, se relacionan los resultados de los parámetros hidráulicos calculados:

**Tabla 4.26. Resultados de los parámetros hidráulicos calculados en las Pruebas de Bombeo.**

| Punto | Localización | C. Especifica (lps/m) | Transmividad T (m2/día) | Permeabilidad T (m/día) | Condición Hidrogeológica |
|---|---|---|---|---|---|
| Pz No. 1 | Vereda Las Margaritas | 2,02 | 102,45 | 26,68 | Buena |
| Pz No. 2 | Vereda Pital de Megua | 0,57 | 37,85 | 0,54 | Aceptable |
| Pz No. 3 | Correg. Juan Minas | 3,81 | 154,83 | 21,56 | Buena |
| Pz No. 4 | Arroyo León | 0,50 | 171,25 | 14,46 | Buena |

Según los resultados obtenidos la Transmisividad varía entre 37,85 y 171,25 m2/d con promedio de 116,60 m2/día; la Capacidad Especifica varia de 0,57 a 2,02 lps/m con un promedio de 1,725 lps/m y la Conductividad hidráulica que varía entre 0,54 hasta 26,68 m/día con un promedio de 15,81 m/día.

A continuación, se describe la localización de los pozos en donde se realizaron las pruebas de bombeo en Coordenadas MAGNA-SIRGAS – Origen Nacional:

**Tabla 4.27. Coordenadas MAGNA-SIRGAS – Origen Nacional de los pozos en donde se realizaron las Pruebas de Bombeo.**

| CODIGO | LOCALIZACIÓN | NORTE | ESTE | ALTURA GPS |
|---|---|---|---|---|
| Pz PB No. 1 | Vereda Las Margaritas | 2765375,43 | 4798744,23 | 68 |
| Pz PB No. 2 | Vereda Pital de Megua | 2756387,65 | 4790213,86 | 126 |
| Pz PB No. 3 | Correg. Juan Minas | 2770201,96 | 4793607,88 | 30 |
| Pz PB No. 4 | Arroyo León | 2775083,58 | 4795250,71 | 14 |

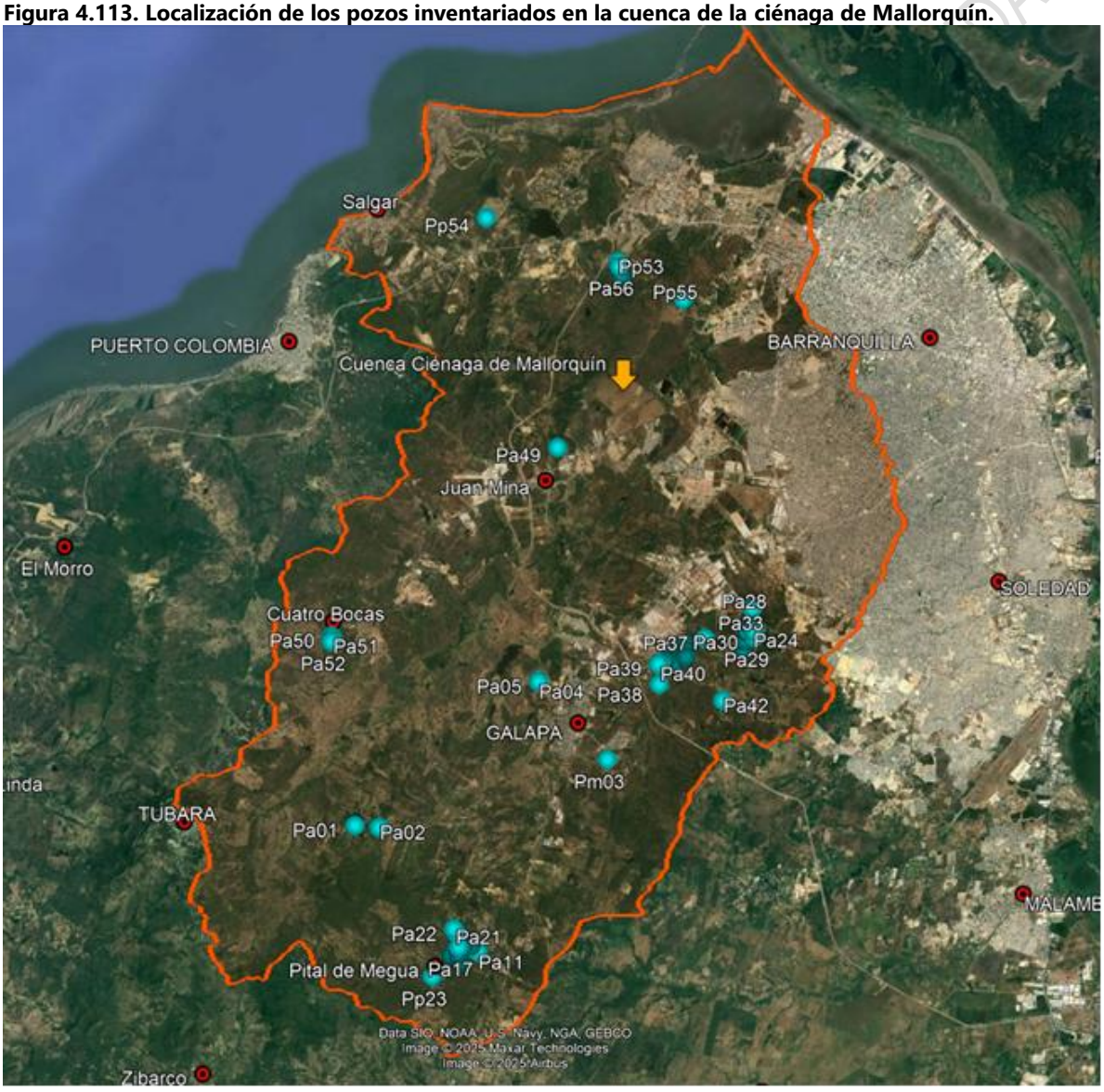
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - NO DE PUBLICIDAD

## *4.6. Hidrogeoquímica de la Cuenca*

El análisis de la calidad de agua se realizará por formación hidrogeológica, según lo analizado en el área de influencia de la cuenca.

### 4.6.1. Análisis "In Situ"

**Figura 4.113. Localización de los pozos inventariados en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**



Los pozos inventariados se localizan en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

Para conocer la calidad de la fuente subterránea del pozo, se tomó muestras de agua para su análisis y de esta manera identificar algunas características fisicoquímicas "In situ". Para este análisis se utilizó un equipo portátil tipo multiparámetro HANNA Instrument HI 991300; obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 4.28. Resultados de los parámetros de calidad tomados "In situ".**

| Código | Predio | Geología | Tipo | Aspecto | pH | Conduct. (µs/cm) | TSD (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pa01 | Vereda Guaimaral | Ngt | Aljibe | Turbia | 6,67 | 2023 | 1017 |
| Pa02 | Vereda Paluato | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,64 | 921 | 460 |
| Pm 03 | Vereda Los Pocitos | PgNgp | Manantial | Turbia | 7,01 | 1036 | 517 |
| Pa04 | Granja Puropollo | Qcal | Aljibe | Cristalina | 6,63 | 1147 | 574 |
| Pa05 | Granja Puropollo | Qcal | Aljibe | Cristalina | 6,63 | 1153 | 578 |
| Pa06 | Finca Villa Aura | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,87 | 1943 | 974 |
| Pa07 | Finca Villa Aura | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,86 | 2669 | 1334 |
| Pa08 | Finca Los Pelaos | Ngt | Aljibe | Cristalina | 7,15 | 3988 | 1991 |
| Pp09 | Finca Los Llanos | Ngt | Profundo | Cristalina | 6,91 | 1412 | 708 |
| Pa10 | Finca Los Naranjos | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,86 | 1546 | 778 |
| Pa11 | Finca Villa María | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,43 | 1636 | 829 |
| Pa12 | Finca Villa María | Ngt | Aljibe | Cristalina | 7,00 | 1593 | 798 |
| Pa13 | Granja Avícola Sinaí | Ngt | Aljibe | Cristalina | 7,08 | 1721 | 863 |
| Pa14 | Granja Avícola Sinaí | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,88 | 1757 | 880 |
| Pa15 | Vereda Pital de Megua | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,61 | 1259 | 630 |
| Pa16 | Vereda Pital de Megua | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,80 | 1185 | 593 |
| Pa17 | Vereda Pital de Megua | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,64 | 925 | 463 |
| Pa18 | Finca Los Llanos | Ngt | Aljibe | Cristalina | 7,31 | 1492 | 748 |
| Pa19 | Finca La Tortura | Ngt | Aljibe | Cristalina | 6,87 | 2307 | 1155 |
| Pa20 | Finca Villa Carolina | Ngt | Aljibe | Turbia | 7,4 | 1727 | 862 |
| Pa21 | Finca La Tortura | Ngt | Aljibe | Cristalina | 7,2 | 965 | 484 |
| Pa22 | Finca La Manuela | Ngt | Aljibe | Cristalina | 7,05 | 1548 | 776 |
| Pp23 | V. Pital de Megua | Qcal | Profundo | Cristalina | 6,83 | 1494 | 749 |
| Pa24 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 6,56 | 785 | 391 |
| Pa25 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cristalina | 6,54 | 2781 | 1392 |
| Pa26 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 7,05 | 1168 | 585 |
| Pa27 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 6,23 | 3998 | 1997 |
| Pa28 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 6,73 | 1132 | 568 |
| Pa29 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cristalina | 7,18 | 3855 | 1929 |
| Pa30 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cristalina | 6,45 | 1538 | 769 |
| Pa31 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 6,55 | 1110 | 556 |
| Pa32 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 1,02 | 1219 | 611 |

DOCUMENTO DE USO PÚBLICO

| Código | Predio | Geología | Tipo | Aspecto | pH | Conduct. (µs/cm) | TSD (mg/l) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pa33 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 6,29 | 1232 | 615 |
| Pa34 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 7,11 | 1250 | 627 |
| Pa35 | Vereda Las Margaritas | Qe | Aljibe | Cristalina | 31,7 | 1571 | 787 |
| Pa36 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Cristalina | 6,18 | 3978 | 1990 |
| Pa37 | Vereda Las Margaritas | Qcal | Aljibe | Turbia | 6,18 | 3985 | 1993 |
| Pa38 | Finca La Candelaria | Qcal | Aljibe | Cristalina | 7,21 | 1728 | 866 |
| Pa39 | Finca Villa Auri | Qe | Aljibe | Cristalina | 7,52 | 974 | 488 |
| Pa40 | Finca Villa Auri | Qe | Aljibe | Cristalina | 6,99 | 1689 | 846 |
| Pa41 | Vereda Sevilla | Qe | Aljibe | Cristalina | 7,17 | 2534 | 1258 |
| Pa42 | Vereda Sevilla | Qe | Aljibe | Cristalina | 7,18 | 1018 | 510 |
| Pa43 | Vereda Sevilla | Qcal | Aljibe | Cristalina | 6,91 | 1318 | 660 |
| Pa44 | Finca Villa Estela | Qcal | Aljibe | Turbia | 6,93 | 1415 | 708 |
| Pa45 | Finca La Granja | Qcal | Aljibe | Turbia | 7,18 | 3978 | 1990 |
| Pa46 | Vereda Sevilla | Qcal | Aljibe | Cristalina | 6,11 | 2511 | 1256 |
| Pa47 | Vereda Sevilla | Qcal | Aljibe | Cristalina | 7,18 | 1715 | 857 |
| Pa48 | Vereda Sevilla | Qcal | Aljibe | Turbia | 7,17 | 3820 | 1909 |
| Pa49 | Vereda Juan Minas | Qcal | Aljibe | Cristalina | 7,15 | 3906 | 1953 |
| Pa50 | Vereda Cuatro Bocas | PgNgn | Aljibe | Turbia | 7,12 | 1919 | 960 |
| Pa51 | Vereda Cuatro Bocas | PgNgn | Aljibe | Turbia | 8,11 | 1318 | 658 |
| Pa52 | Vereda Cuatro Bocas | PgNgn | Aljibe | - | - | - | - |
| Pp53 | Finca Fnos. Sequea | Qpp | Profundo | Cristalina | 7,09 | 1308 | 655 |
| Pp54 | Colegio Marymount | Qpp | Profundo | Cristalina | 7,1 | - | - |
| Pp55 | Vereda Las Nuves | Qcal | Profundo | - | - | - | - |
| Pa56 | Finca Fnos. Sequea | Qpp | Aljibe | - | - | - | - |
| Pp57 | Arroyo León | Qcal | Profundo | - | - | - | - |

Según los datos obtenidos en campo para esta formación se obtienen valores promedios en pH de 7,25 (valor permisible entre 6,5 y 9,0), en Conductividad Eléctrica de 1888,46 µs/cm (valor permisible entre 50 y 1000 µs/cm) y en Solidos Disueltos Totales TSD de 945,10.

Los resultados obtenidos en campo nos indica en términos generales, que para los tres parámetros fisicoquímicos medidos "In situ", el agua recolectada **NO es apta** para el consumo humano; en pocas palabras las muestras **NO CUMPLEN** con los límites permisibles para agua potable dados por el Decreto 1.575 del 9 de mayo de 2.007 y la Resolución No. 2.115 del 22 de junio de 2.007, de Ministerio de Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

### 4.6.2. Clasificación del tipo de agua subterránea diagramas de pipper

Para conocer las características Hidrogeoquímicas de los acuíferos del sector y clasificar el tipo de agua subterránea, se tomó muestras para su análisis a los cuatro (4) pozos en donde

DOCUMENTO DE TRABAJO - NO ES PUBLICADO

se realizaron las pruebas hidráulicas, dichas muestras fueron enviadas a un laboratorio acreditado para realizarles análisis fisicoquímicos.

#### 4.6.2.1. *Localización de los pozos muestreados*

La localización y las coordenadas geográficas de los pozos a los cuales se les tomo muestras de agua y se le realizaron los respectivos análisis de laboratorio se presentan a continuación:

**Tabla 4.29. Coordenadas geográficas GMS de los pozos en donde se tomaron las muestras para realizarles análisis fisicoquímicos.**

| CODIGO | LOCALIZACIÓN | COORD. N | COORD. W | ALTURA GPS |
|---|---|---|---|---|
| Pz PB No. 1 | Vereda Las Margaritas | 10° 55' 14.02" | 74° 50' 31.96" | 68 |
| Pz PB No. 2 | Vereda Pital de Megua | 10° 50' 19.71" | 74° 55' 11.08" | 126 |
| Pz PB No. 3 | Correg. Juan Minas | 10° 57' 50.11" | 74° 53' 22.15" | 30 |
| Pz PB No. 4 | Arroyo León | 11° 00' 29.36" | 74°52'29.03" | 14 |

#### 4.6.2.2. *Fundamento teórico de los diagramas de pipper*

Los Diagramas de Pipper o Triangulares son ideales para representar tres componentes (aniones y/o cationes) en forma simultánea. Existen distintas variantes de estos diagramas.

En este caso, se utiliza un triángulo para los cationes mayoritarios: ion calcio ($Ca^{2+}$), ion magnesio ($Mg^{2+}$), y la suma de los iones sodio y potasio ($Na^{++}$ $K^{+}$), cada uno de ellos incrementan su valor en el sentido de las agujas del reloj.

Otro triángulo para los aniones mayoritarios: ion cloruro ($Cl^{—}$), ion sulfato ($SO4^{=}$), y la suma de los iones carbonato y bicarbonato ($CO^{3=}$ + $HCO_3$), cada uno de ellos incrementándose en el sentido antihorario.

Un diagrama romboidal integrador, en el que se representan la suma de los cationes ($Ca^{2+}$ + $Mg^{2+}$) y ($Na^{++}$ $K^{+}$) en un par de lados paralelos y complementarios, mientras en el otro par de lados se presenta la suma de aniones ($CO^{3}$= + $HCO^{3—}$) y su complementario ($SO4^{=}$ + $Cl^{—}$ ).

La utilidad de estos diagramas es la posibilidad de representar muchos análisis en un mismo gráfico, sin dar origen a confusiones.

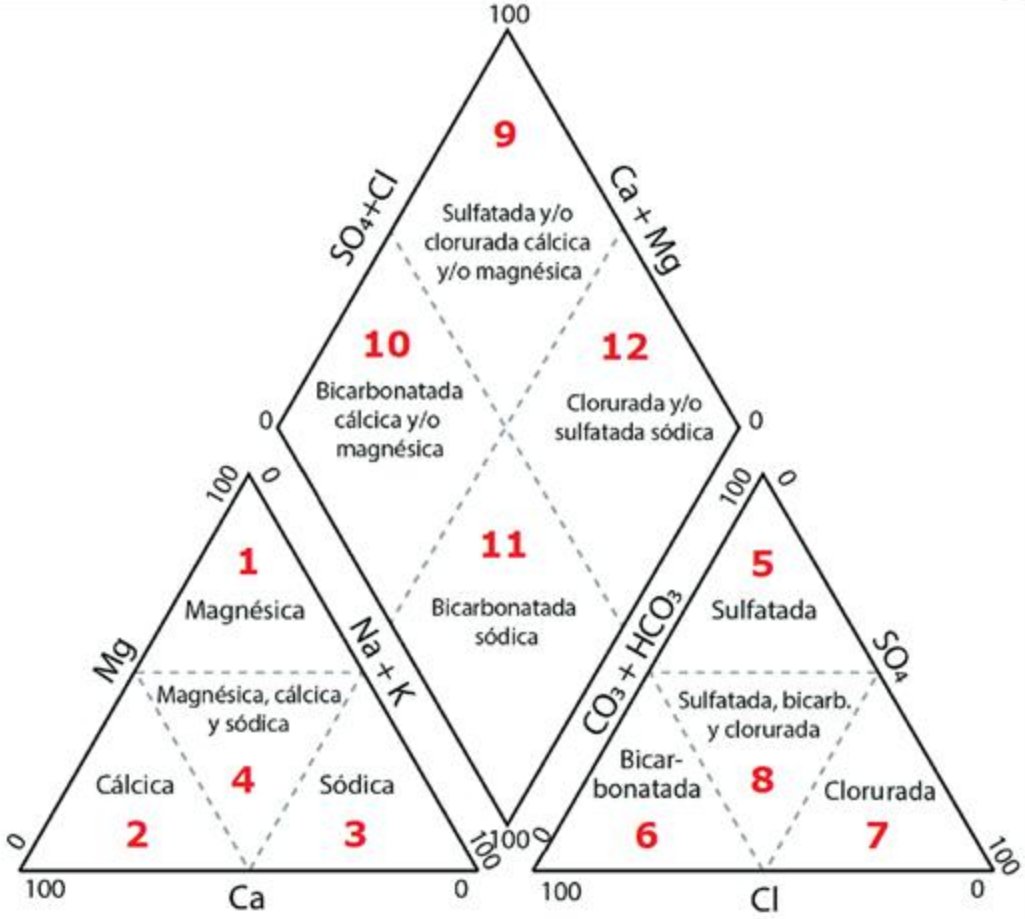
Las aguas químicamente semejantes se encontrarán agrupadas en un sector de la gráfica y pueden clasificarse por su ubicación en el diagrama según la siguiente clasificación:

1. Aguas magnésicas.
2. Aguas cálcicas.
3. Aguas sódicas.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

4. Aguas magnésicas, cálcicas y sódicas.
5. Aguas sulfatadas.
6. Aguas bicarbonatadas.
7. Aguas cloruradas.
8. Aguas sulfatadas, bicarbonatadas y cloruradas.

**Figura 4.114. Diagrama de Pipper (1944) para la clasificación del agua subterránea.**




9. Aguas sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas.
10. Aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas.
11. Aguas bicarbonatadas sódicas.
12. Aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

### 4.6.2.3. *Análisis de laboratorio*

Para complementar la caracterización fisicoquímica del agua extraída del acuífero, se utilizó los servicios del Laboratorio **Nancy Flores García SAS**, el cual está acreditado.

Para efecto se análisis se resaltan los valores que NO cumplen con los límites permisibles para agua potable dados por el Decreto 1.575 del 9 de mayo de 2.007 y la Resolución No. 2.115 del 22 de junio de 2.007, de Ministerio de Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

**Tabla 4.30. Resultados de laboratorio de los pozos Pz PB No. 1 y Pz PB No. 2.**

| PUNTO / PARAMETRO | CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA | | Límites Permisibles Res.2115/07 |
|---|---|---|---|
| | Vereda Las Margaritas (Pz PB No. 1) | Vereda Pital de Megua (Pz PB No. 2) | |
| pH | | | 6,5 - 9,0 |
| Temperatura 0C | | | ND |
| Color Verdadero (UPC) | | | 15 |
| Turbiedad (NTU) | | | 2 |
| Sodio (mg/l) | | | ND |
| Cloruros (mg/l) | | | 250 |
| Dureza Total (mg/l) | | | 300 |
| Alcalinidad Total (mg/l) | | | 200 |
| Calcio (mg/l) | | | 60 |
| Hierro (mg/l) | | | 0,3 |
| Conductividad (µs/cm) | | | 50 - 1.000 |
| Bicarbonatos (mg/l) | | | ND |
| Carbonatos (mg/l) | | | ND |
| Sulfatos (mg/l) | | | 250 |
| Magnesio (mg/l) | | | 36 |
| Potasio (mg/l) | | | ND |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Tabla 4.31. Resultados de laboratorio de los pozos Pz PB No. 3 y Pz PB No. 4.**

| PUNTO / PARAMETRO | CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA | | Límites Permisibles Res.2115/07 |
|---|---|---|---|
| | Correg. Juan Minas (Pz PB No. 3) | Arroyo León (Pz PB No. 4) | |
| pH | | | 6,5 - 9,0 |
| Temperatura 0C | | | ND |
| Color Verdadero (UPC) | | | 15 |
| Turbiedad (NTU) | | | 2 |
| Sodio (mg/l) | | | ND |
| Cloruros (mg/l) | | | 250 |
| Dureza Total (mg/l) | | | 300 |
| Alcalinidad Total (mg/l) | | | 200 |
| Calcio (mg/l) | | | 60 |
| Hierro (mg/l) | | | 0,3 |
| Conductividad (µs/cm) | | | 50 - 1.000 |
| Bicarbonatos (mg/l) | | | ND |
| Carbonatos (mg/l) | | | ND |
| Sulfatos (mg/l) | | | 250 |
| Magnesio (mg/l) | | | 36 |
| Potasio (mg/l) | | | ND |

(ND: No Definido la resolución 2115 de 2007).

### 4.6.2.4. *Diagrama de pipper*

A continuación, se analiza la clasificación del tipo de agua subterránea, de las muestras recolectadas en los pozos a los que se les realizó las pruebas hidráulicas (Bombeo), los cuales tienen la siguiente nomenclatura:

Vereda Las Margaritas:
Vereda Pital de Megua:
Correg. de Juan Minas:
Arroyo León:

Siguiendo el método de Pipper el agua subterránea en los acuíferos ubicados en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín, para las muestras de agua recolectadas se clasifican de la siguiente manera:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

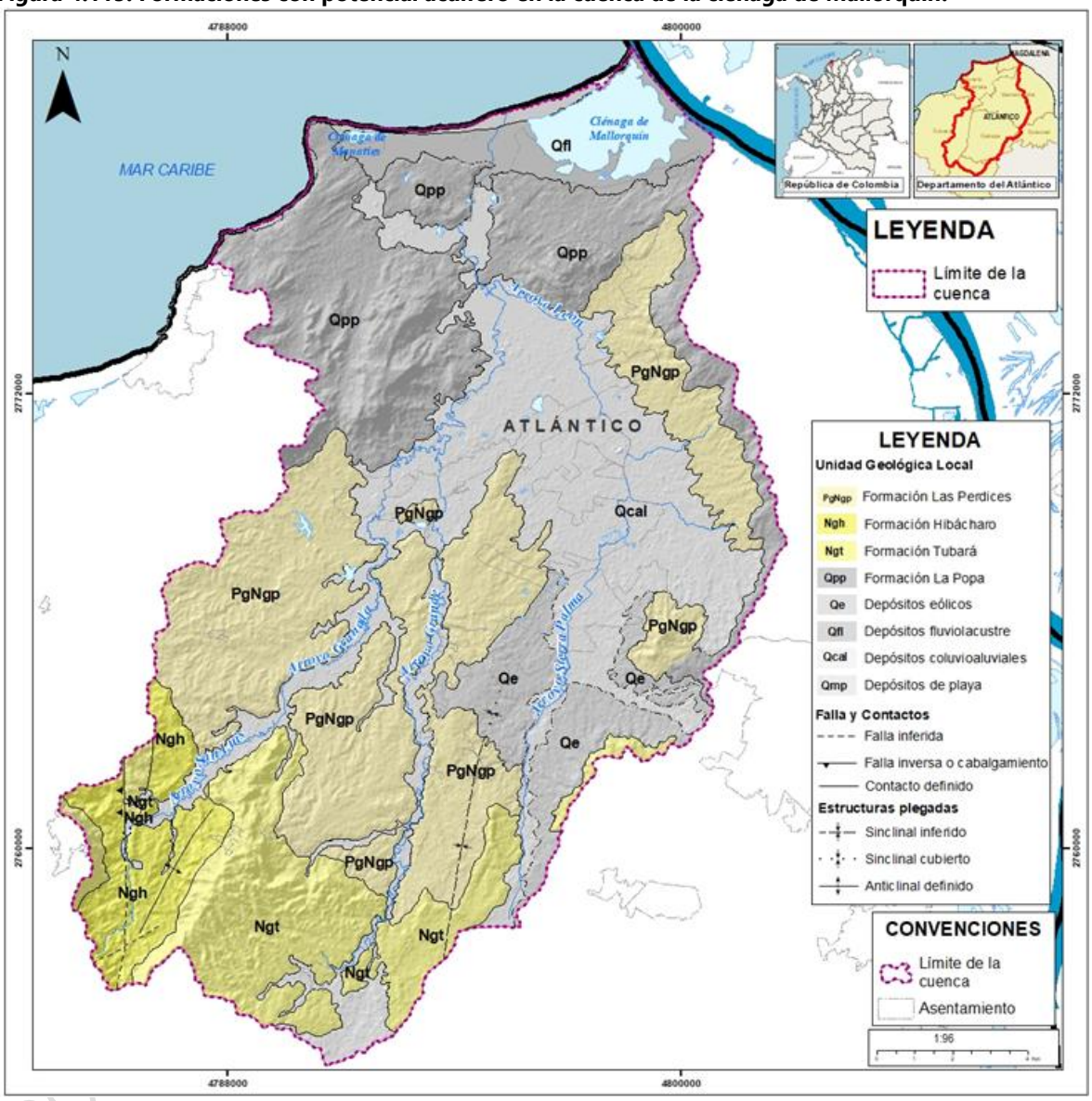
**Tabla 4.32. Clasificación del tipo de agua subterránea de los pozos localizados en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.**

| CODIGO | LOCALIZACIÓN | CLASIFICACIÓN PIPER |
|---|---|---|
| Pz PB No. 1 | Vereda Las Margaritas | |
| Pz PB No. 2 | Vereda Pital de Megua | |
| Pz PB No. 3 | Correg. Juan Minas | |
| Pz PB No. 4 | Arroyo León | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

## *4.7. Unidades Hidrogeológicas*

**Figura 4.115. Formaciones con potencial acuífero en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




Las unidades hidrogeológicas mostradas a continuación se clasifican siguiendo los lineamientos planteados por la IAH (Asociación Internacional de Hidrogeólogos), de acuerdo con el tipo de porosidad del material (primaria o intergranular y secundaria o por fracturas) y a su potencial acuífero, reflejado en el valor de la capacidad específica. En los siguientes numerales se clasifican las formaciones hidrogeológicas más relevantes en el área de estudio.

### 4.7.1. Sedimentos con flujo intergranular

A esta clasificación pertenecen las unidades identificadas como Acuíferos de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León de edad Cuaternaria y Terciaria.

Estos acuíferos son considerados importantes en la dinámica hidrogeológica dado su almacenamiento de agua y la extracción que se realiza de esta para diversos fines; los anteriores cuerpos son recargados principalmente por las corrientes superficiales y en menor proporción por la precipitación.

Los cuerpos con las características mencionadas se describen a continuación:

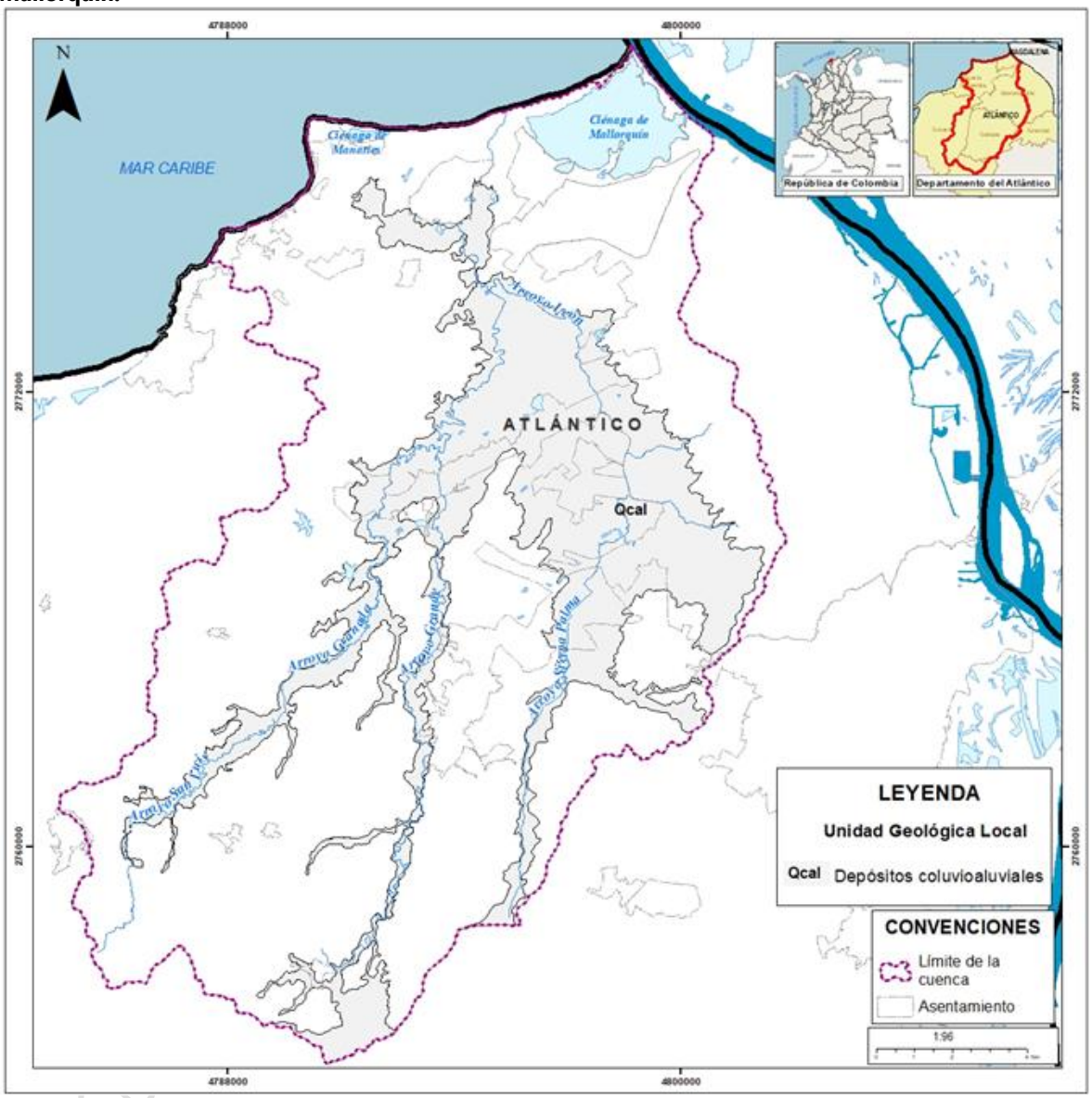
#### 4.7.1.1. *Acuífero de depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal)*

Los depósitos Aluviales Recientes está relacionado depósitos de derrubios acumulados den los cauces actuales arroyos de la zona (arroyos Grande, Granada, Sierra Palma y León) y se ubican principalmente en la parte central y suroriental de la cuenca.

Tanto el sector noroccidental de esta formación como el sector suroccidental está en contacto con la formación La Popa, la formación Hibácharo y la formación Las Perdices, estos depósitos sedimentarios son producto de la erosión y posterior deposición de las zonas de alta pendiente de edad terciaria a la parte baja.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.116. Localización de los depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




Los acuíferos de este depósito cuaternario se encuentran constituido por arenas de grano fino a medio de color gris amarillento, compuestas por cuarzo, chert y fragmentos líticos subangulares a subredondeados.

Posiblemente se presenta continuidad en los depósitos Coluvio-Aluviales con Depósitos Eólicos (Qe) y la Formación La Popa (Qpp); en donde se genera conexión hidráulica.

Estos sedimentos son depositados fundamentalmente a lo largo los arroyos Granada, Grande, Sierra Palma y León; sobre una paleotopografía irregular.

Hidrogeológicamente estos acuíferos se consideran de tipo multicapa, continuo y de extensión local con desarrollo de una porosidad primaria; la parte superior se comporta como libre y es explotada generalmente por aljibes mientras que la capa inferior se comporta como confinada o semiconfinada y actualmente es explotada por numerosos pozos profundos.

El nivel estático del agua subterránea en los pozos inventariados localizados en estos depósitos cuaternarios fluctúa entre 1,26 y 17,02 metros de profundidad.

Los principales parámetros hidráulicos calculados para los Depósitos de Coluvio-Aluviales son los siguientes: la Transmisividad varía entre 37,85 y 154,83 $m^2$/d con promedio de 96,34 $m^2$/día; la Capacidad Especifica varia de 0,57 a 3,81 lps/m con un promedio de 2,89 lps/m y la Conductividad hidráulica que varía entre 0,54 a 21,56 m/día con un promedio de 11,05 m/día. Los resultados obtenidos de las pruebas de bombeo muestran mejores condiciones hidráulicas en los acuíferos superficiales.

La dirección general del flujo subterráneo desciende desde los piedemontes hacia los arroyos Granada, Grande, Sierra Palma y León; sin embargo, en sus proximidades el flujo se torna paralelo a esta corriente dirigiéndose hacia la ciénaga de Mallorquín o el mar caribe con un gradiente casi horizontal.

El agua extraída es un poco salobre y es utilizada principalmente para uso doméstico, industrial y abastecimiento (acueducto de Pital de Negua).

#### 4.7.1.2. *Acuífero de depósitos Eólicos (Qe)*

Los Depósitos Eólicos son los sedimentos de origen eólicos antiguos y recientes, de grandes cuerpos de dunas antiguas estabilizadas, adyacentes a la margen occidental del río Magdalena y las dunas recientes adyacentes a la línea de costa.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Los depósitos eólicos están expuestos al oriente de las poblaciones de Baranoa y Galapa e inclusive en los alrededores meridionales de Barranquilla.

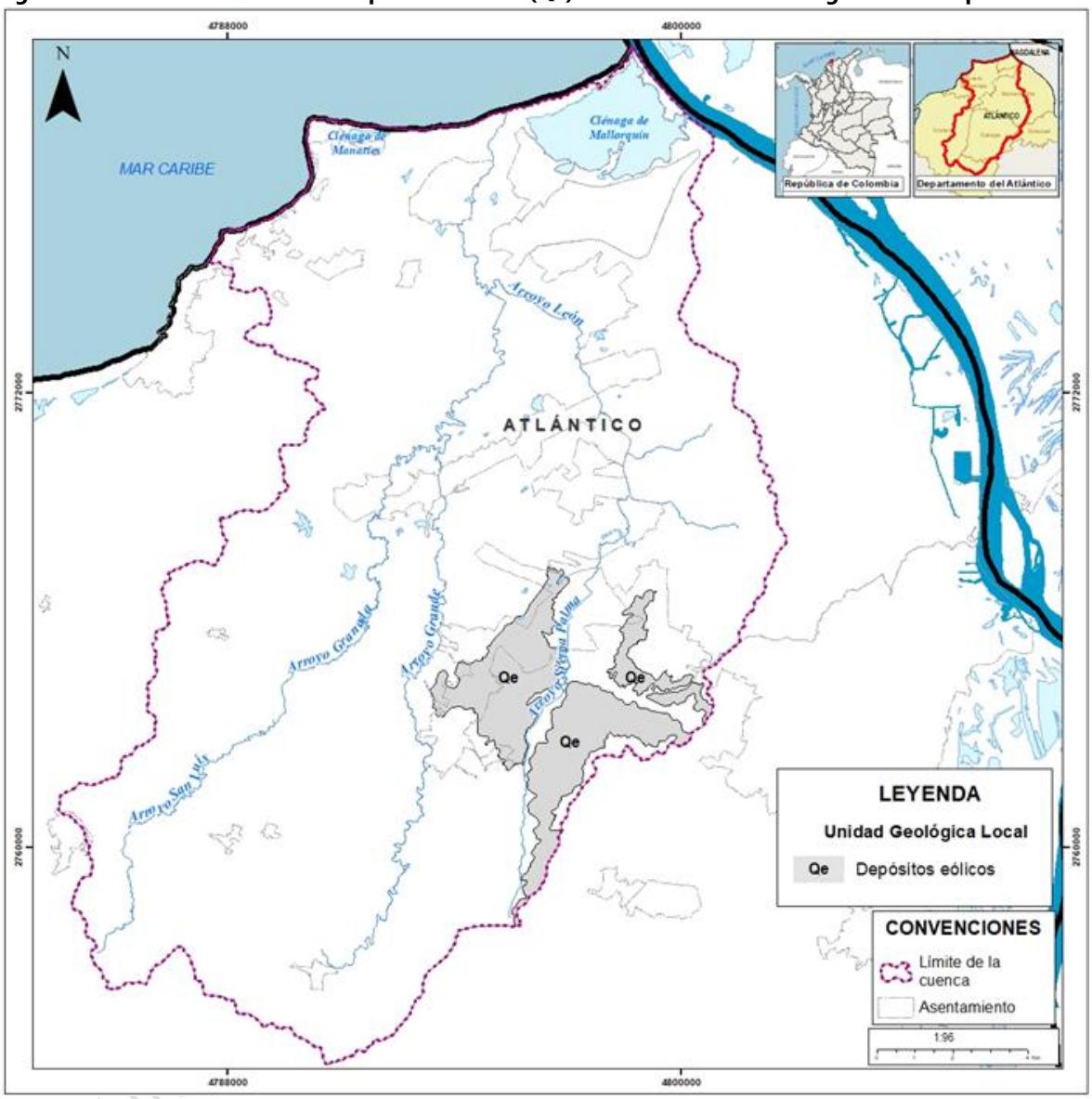
Estos depósitos están compuestos de arenas de grano fino a medio, constituidos principalmente por cuarzo y feldespato, de color blanco amarillento, con espesor inferior a los 20 metros.

La zona de mayor tamaño de esta formación se localiza en la parte centro-occidental y occidental de la cuenca.

Los Depósitos Eólicos están en contacto al nororiente, oriente, suroccidente y sur, con Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal) y al noroccidente, occidente y suroccidente de esta unidad hidrogeológica, con la Formación Perdices (PgNgp).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.117. Localización de los Depósitos Eólicos (Qe) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




Los principales parámetros hidráulicos calculados para los Depósitos Eólicos son los siguientes: la Transmisividad de 102,45 $m^2$/d con; la Capacidad Especifica de 2,02 lps/m y la Conductividad hidráulica de 26,68 m/día.

Los resultados obtenidos de las pruebas de bombeo se correlacionan a condiciones hidráulicas en los acuíferos superficiales y presenta un nivel estático que varía entre 0,37 a 6,08 metros.

La distribución de esto acuíferos es continua de extensión local de buena productividad y características hidráulicas aceptables; con posible conexión hidráulicas con los depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal) y con depósitos terciarios la Formación Las Perdices (PgNgp); se clasifica como acuíferos libres, con agua de calidad aceptable y en algunos casos con algo de salinidad; es utilizada principalmente para uso doméstico e industrial.

#### 4.7.1.3. *Acuífero de la formación La Popa (Qpp)*

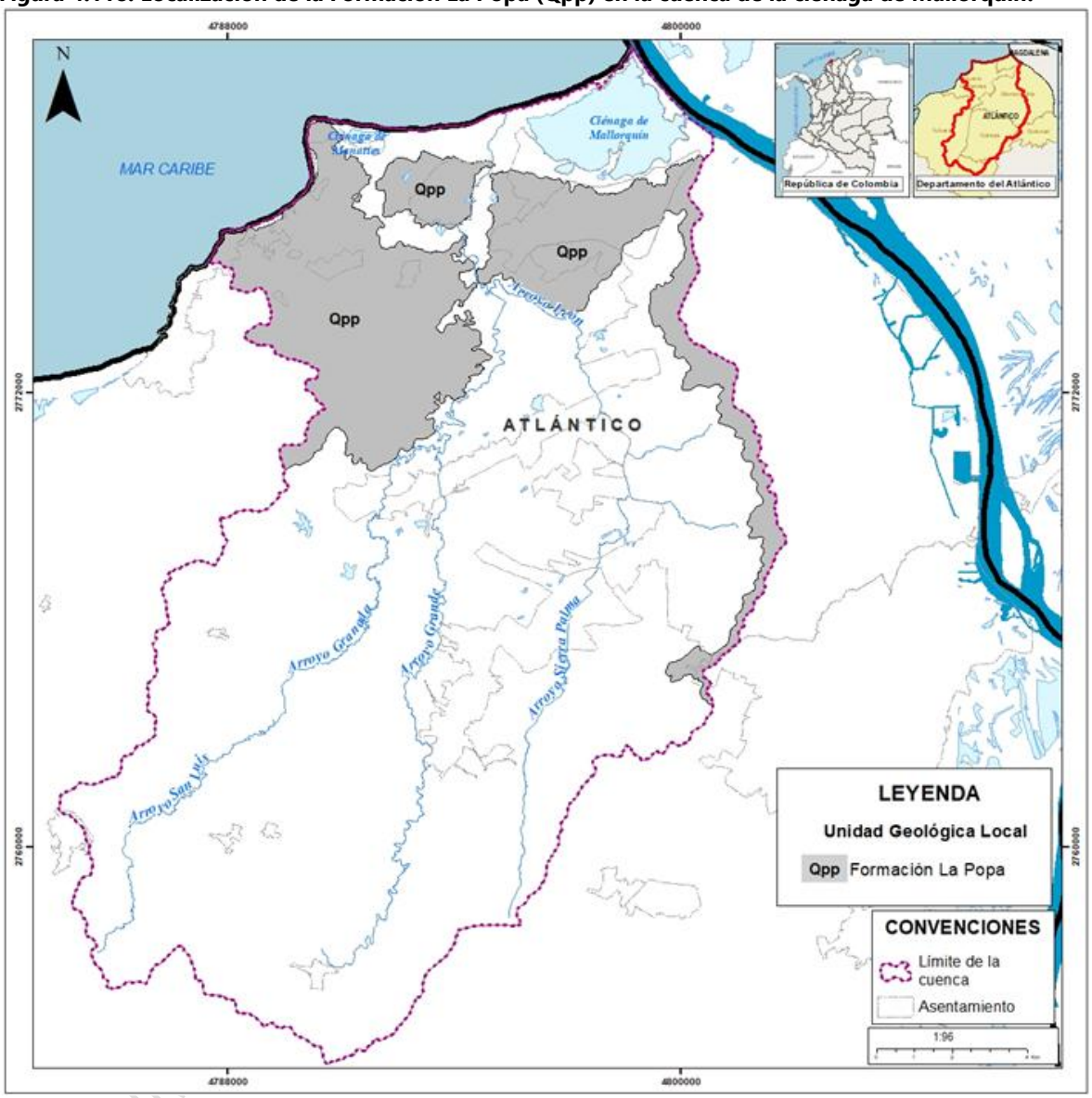
La morfología de la formación La Popa corresponde a una serie de colinas menos abruptas y alargadas que constituyen las serranías de Pajuancho y Capiro y las montañas de Tubará.

Composicionalmente está conformada por Calizas terrígenas de color gris amarillento a amarillo grisáceo, bastante bioperturbadas y areniscas muy calcáreas de grano fino, con algunos granos gruesos y gránulos, muy deleznables, con abundante matriz calcárea y ocasionalmente presenta fragmentos de moluscos pequeños.

Esta formación se extiende al norte y noroccidente de cuenca de la ciénaga de Mallorquín, presenta espesores de 40 a 150 metros.

DOCUMENTO NORMATIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.118. Localización de la Formación La Popa (Qpp) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




La distribución de esto acuíferos es continua de extensión local, de buena productividad, se clasifica como acuíferos libres y semiconfinados, con agua con agua de calidad aceptable, con algo de salinidad por dureza y características hidráulicas aceptables.

Los principales parámetros hidráulicos calculados para la Formación La Popa son los siguientes: la Transmisividad de 171,25 $m^2$/d con; la Capacidad Especifica de 0,50 lps/m y la Conductividad hidráulica de 14,46 m/día. Presenta un nivel estático que varía entre 8,16 a 12,92 metros.

En la parte sur, suroccidental y suroriental de esta unidad hidrogeológica se encuentra en contacto con depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal) y la formación terciaria Las Perdices (PgNgp), también se observa hacia el norte contactos con depósitos Fuvio-Lacustres relacionados a la dinámica fluvial del río Magdalena y finalmente al noroccidente la Formación La Popa está en contacto con Depositas de Playa (Qmp).

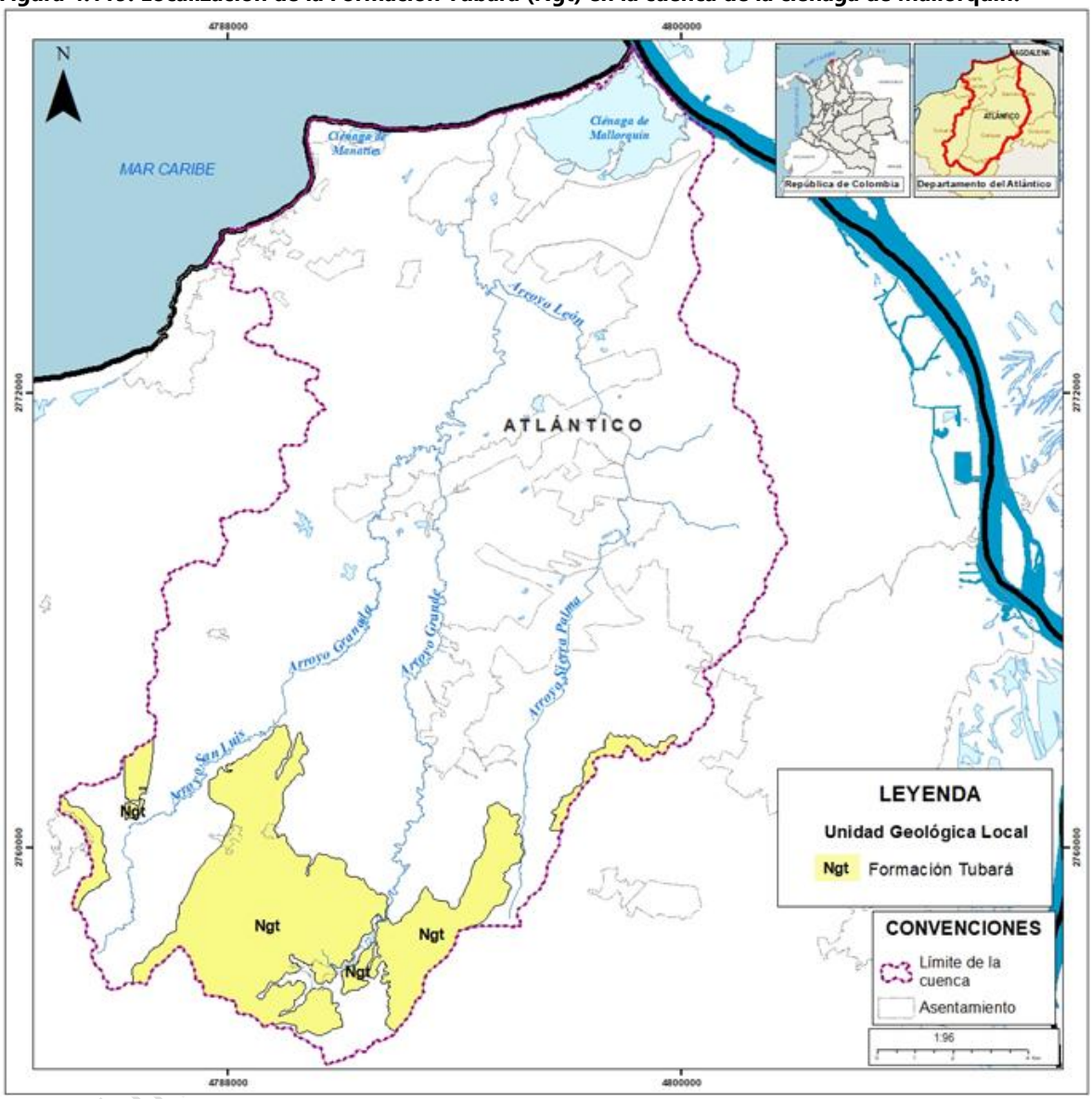
#### 4.7.1.4. *Acuífero de la formación Tubará (Ngt)*

Las rocas sedimentarias Terciarias de la Formación Tubara (Ngt) constituye el límite sur de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.

La formación Tubará se expone en tres franjas topográficas diferente. En la parte occidental la unidad se extiende como una franja continua y escarpada con rumbo NS, que progresivamente va cambiando hacia el norte y es casi este-oeste en la parte terminal de las serranías Capiro y Pajuancho, en el cerro Las Viudas. Hacia el centro del área la Formación Tubará conforma una seria de colinas al oriente de la población de Juan de Acosta, con dirección N30°E, y constituye la estructura sinclinal de Tubará. Más hacia el oriente conforma una serie de suaves colinas al occidente y nororiente de la población de Baranoa.

DOCUMENTO NO OFICIAL FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.119. Localización de la Formación Tubará (Ngt) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




La unidad consta de Areniscas granodecrecientes de grano grueso, con guijos y gránulos de cuarzo, chert, cuarcita y rocas volcánicas, suprayacido por conglomerados arenosos y arcillolita gris oscura intercaladas con areniscas de grano fino. Hacia la parte superior areniscas feldespáticas granodecrecientes.

Hidrogeológicamente el acuífero Terciario de la Formación Tubará se consideran de tipo multicapa, continuo y de extensión regional con desarrollo de una porosidad primaria; la

parte superior se comporta como libre, mientras que la capa inferior se comporta como confinada o semiconfinada.

Dentro del inventario de puntos de agua realizado no se encontró ningún pozo en esta formación, se detectó un nivel estático que varía entre 1,43 a 16,84 metros. El agua extraída presenta una calidad aceptable, con algo de salinidad, es utilizada principalmente para uso doméstico, industrial, riego y abastecimiento de acueducto; sus características hidráulicas son aceptables.

Según la información del Mapa de Unidades Hidrogeológicas (Servicio Geológico Colombiano SGC), la característica del acuífero de la zona es de baja productividad, con una capacidad especifica entre 0,05 a 1,0 lps/m.

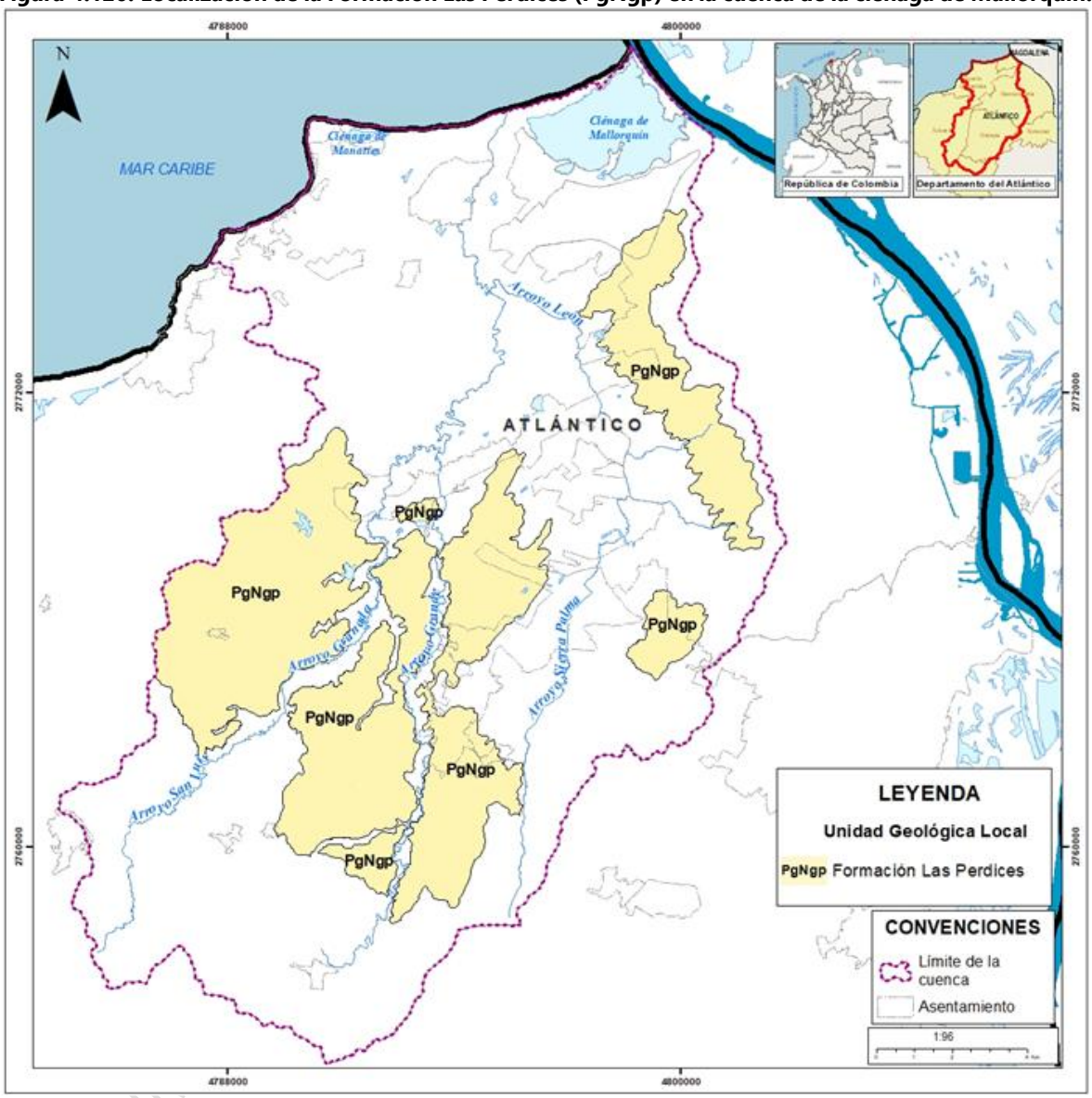
#### 4.7.1.5. *Acuífero de la formación Las Perdices (PgNgp)*

La Formación Las Perdices es la unidad con mayor extensión, que corresponde al 27,5% de la cuenca, presentando morfologías colinadas, suavemente inclinadas y drenajes divergentes, que se localizan en la parte occidental y central de la cuenca cubriendo el sector de Cuatro Bocas, Juan Minas, Galapa y el suroccidente de Barranquilla.

Esta formación está constituida por areniscas de grano fino con intercalaciones de limolitas finas, ferruginosas de color pardo claro a gris amarillento y concreciones métricas, suprayacido por areniscas de grano muy fino con intercalaciones de arcillolitas limosas grises.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.120. Localización de la Formación Las Perdices (PgNgp) en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




La Formación Las Perdices están en contacto al norte, nororiente y suroriente con Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal), al oriente por Depósitos Eólicos, al noroccidente por la formación La Popa (Qpp), al suroriente y sur con la Formación Tubará (Ngt) y finalmente al suroccidente con la formación Hibácharo (Ngh).

Basado en la anterior descripción litológica, hidrogeológicamente los acuíferos de esta formación se consideran de tipo multicapa, continuo y de extensión local con desarrollo de una porosidad primaria; la parte superior se comporta como libre, mientras que la capa inferior se comporta como confinada o semiconfinada.

El agua extraída presenta una calidad aceptable, con algo de salinidad, es utilizada principalmente para uso doméstico o están fuera de servicio; sus características hidráulicas son aceptables y presenta un nivel estático que varía entre 0,40 a 4,15 metros de profundidad.

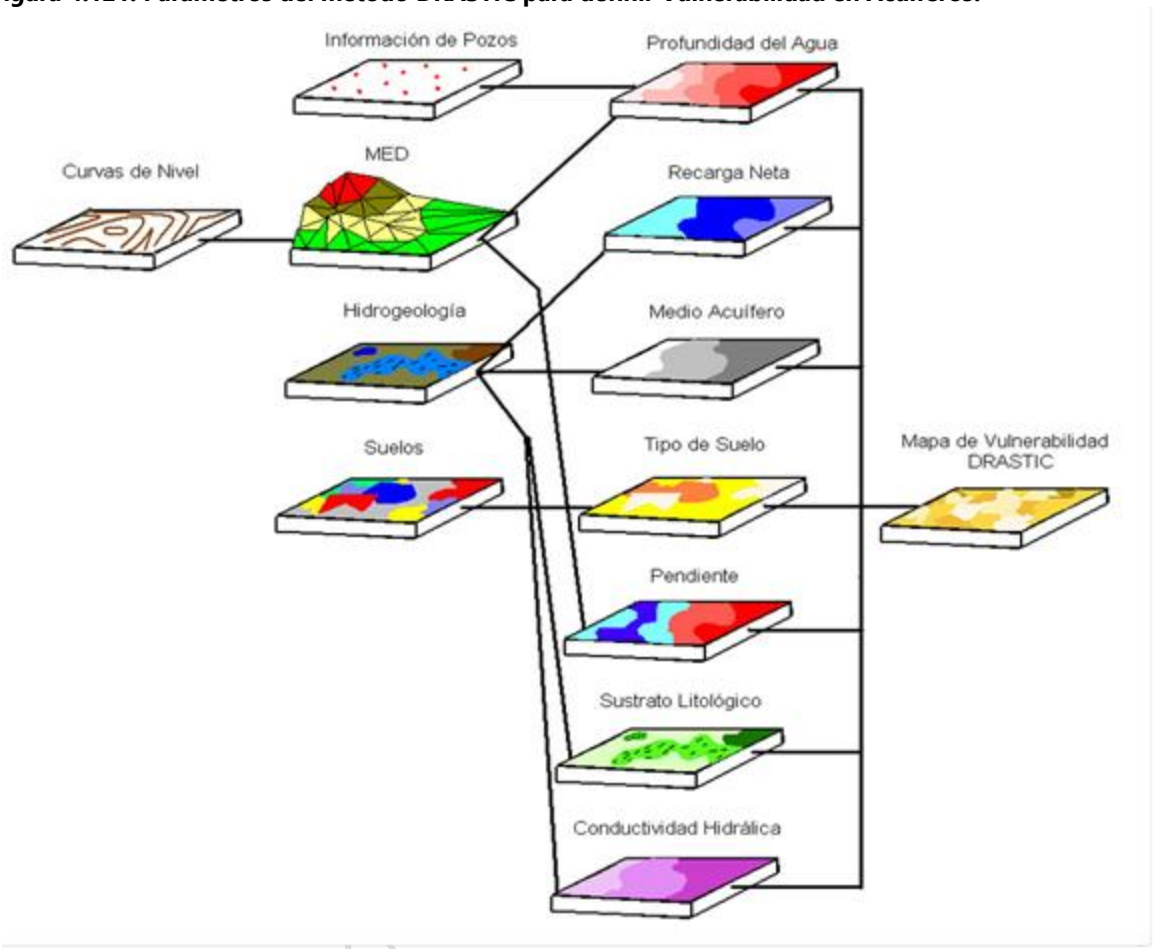
## *4.8. Análisis Vulnerabilidad Preliminar del Acuífero por el Método DRASTIC*

### 4.8.1. Fundamento Teórico

Desarrollada por la E.P.A. (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos de América. Dicha metodología es un sistema paramétrico de evaluación e incluye siete características fundamentales, a las que asigna valores y un multiplicador (peso según su importancia).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.121. Parámetros del método DRASTIC para definir Vulnerabilidad en Acuíferos.**




**D** - Depth to wáter (Profundidad).
**R** - Recharge (recarga neta).
**A** - Aquifer media (tipo de acuífero).
**S** - Soil media (tipo de suelo).
**T** - Topography (topografía y pendiente).
**I** - Impact of the Vadose Zone Media (impacto del tipo de zona no saturada).
**C** - Conductivity of the aquifer (conductividad hidráulica).

DOCUMENTO NO

**Tabla 4.33. Índice multiplicador de cada parámetro (peso según su importancia).**

| Parámetro | Peso (W) |
|---|---|
| Profundidad al acuífero | 5 |
| Recarga neta | 4 |
| Tipo de acuífero | 3 |
| Tipo de suelo | 2 |
| Topografía (pendiente) | 1 |
| Impacto de la zona vadosa | 5 |
| Conductividad hidráulica del acuífero | 3 |

**Índice de vulnerabilidad** = DRDW + RRRW + ARAW + SRSW + TRTW + IRIW + CRCW.

**Profundidad al acuífero**: Se toma en cuenta la profundidad al agua, medida desde la superficie de la tierra, correspondiendo el valor mayor mientras más pequeña es la profundidad; o sea que mientras menos sensible sea el acuífero a contaminarse así disminuirá el valor de los puntos asignados.

**Tabla 4.34. Puntaje según la profundidad del nivel freático.**

| Rango de Profundidades (m) | Puntaje |
|---|---|
| 0 – 1.5 | 10 |
| 1.5-4.5 | 9 |
| 4.5-9 | 7 |
| 9-15 | 5 |
| 15-23 | 3 |
| 23-30 | 2 |
| >30 | 1 |

**Recarga neta**: Es la mayor cantidad de agua que atraviesa la zona no saturada y que alimenta al acuífero. Usualmente se expresa en mm/año. La cantidad y calidad del agua recargada afecta significativamente los procesos físicos y químicos en el sistema del agua subterránea con las rocas y el suelo.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE PUBLICIDAD

**Tabla 4.35. Puntaje según la recarga (infiltración) promedio en la zona.**

| Rango(mm/año) | Puntaje |
|---|---|
| 0-50 | 1 |
| 50-100 | 3 |
| 100-175 | 6 |
| 175-250 | 8 |
| >250 | 9 |

**Tipo de acuífero**: La porosidad, el grado de facturación, la química del agua tamaño de la grava y grado de meteorización son características importantes del material del acuífero para atenuar o restringir el transporte de la contaminación por el medio saturado. La absorción y reacción química, etc., ocurren en la zona saturada, pero en general con mayor intensidad que en la zona no saturada. Otro factor importante a tener en cuenta para la distribución del contaminante lo es la velocidad del agua subterránea que dependerá en gran medida si el acuífero es fracturado o granular. La velocidad del agua es mucho mayor en los acuíferos fracturados que en los granulares y de hecho será más vulnerable a la contaminación.

**Tabla 4.36. Puntaje según el tipo de acuífero.**

| Tipo de material | Puntaje | Puntaje Característico |
|---|---|---|
| Esquistos masivos. | 1-3 | 2 |
| Rocas metamórficas e Ígneas. | 2-5 | 3 |
| Rocas metamórficas e Ígneas intemperizadas | 3-5 | 4 |
| Glacial Till | 4-6 | 5 |
| Areniscas estratificadas, calizas y secuencias de esquistos | 5-9 | 6 |
| Areniscas masivas | 4-9 | 6 |
| Calizas masivas | 4-9 | 6 |
| Arenas y Gravas | 4-9 | 8 |
| Basaltos | 2-10 | 9 |
| Calizas Cársticas. | 9-10 | 10 |

**Tipo de suelo**: El suelo tiene una importante función de atenuación para la vulnerabilidad de los acuíferos cuando la contaminación es difusa (fertilizantes, pesticidas, y depósitos de

DOCUMENTO INFORMATIVO _ BASE DE PUBLICIDAD

ácidos). Los tipos de parámetros relativos para la vulnerabilidad incluyen la textura, estructura, contenido de materia orgánica y tipos de minerales arcillosos.

**Tabla 4.37. Puntaje basado en las características del suelo.**

| Rango | Puntaje |
|---|---|
| Suelo fino o inexistente | 10 |
| Grava | 10 |
| Arena | 9 |
| Turba | 8 |
| Arcillas sueltas | 7 |
| Loam arenoso | 6 |
| Loam | 5 |
| Loam fangoso | 4 |
| Loam arcilloso | 3 |
| Muck | 2 |
| Arcillas compactas | 1 |

**Topografía (pendiente)**: Se considera en este parámetro, la pendiente del terreno. A menor pendiente del terreno, aumenta la vulnerabilidad del acuífero.

**Tabla 4.38. Puntaje basado en la pendiente del terreno.**

| Rango (Pendiente %) | Puntaje |
|---|---|
| 0 - 2 | 10 |
| 2 - 6 | 9 |
| 6 - 12 | 5 |
| 12 - 18 | 3 |
| > 18 | 1 |

**Impacto del tipo de zona no saturada**: La zona no saturada se encuentra situada inmediatamente debajo del suelo. Es de gran importancia pues en ella ocurren los procesos de lixiviación de los contaminantes. En esta zona ocurren la transpiración, Absorción, reacciones químicas, filtración mecánica, degradación biológica, etc., estos procesos pueden amortiguar la contaminación en la zona no saturada debajo del suelo. Mientras más finos son los granos más capacidad de retardo o atenuación de la contaminación existe.

DOCUMENTO ... TIVO - FASE ... UBLICIDAD

**Tabla 4.39. Puntaje basado en las características del suelo.**

| Rango | Puntaje | Puntaje característico. |
|---|---|---|
| Capas confinadas | 1 | 1 |
| Arcillas | 2-6 | 3 |
| Pizarras y esquistos | 2-5 | 3 |
| Calizas | 2-7 | 6 |
| Arenas | 4-8 | 6 |
| calizas,Arenas, Esquistos | 4-8 | 6 |
| Glacial Till | 4-8 | 6 |
| Rocas Metamórficas e Ígneas | 2-8 | 4 |
| Arenas y Gravas | 6-9 | 8 |
| Basaltos | 2-10 | 9 |
| Calizas Cársticas | 9-10 | 10 |

**Conductividad hidráulica**: La conductividad Hidráulica es un coeficiente de proporcionalidad, que determina el grado de movilidad del agua en un medio permeable.

Un acuífero será más vulnerable mientras mayor sea su conductividad hidráulica es utilizado para expresar la capacidad del acuífero de transmitir el agua el coeficiente de Transmisividad cuando no se dispone de del primero.

Los valores de variación de este parámetro en la confección del mapa de Vulnerabilidad.

**Tabla 4.40. Puntaje basado en la conductividad hidráulica (Permeabilidad).**

| Conductividad hidráulica (m/día) | |
|---|---|
| **Rango(m/día)** | **Puntaje** |
| > 200 | 10 |
| 200 - 100 | 8 |
| 100 – 10 | 6 |
| 10 – 1 | 4 |
| 1 – 0.1 | 2 |
| < - 0.1 | 1 |

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE

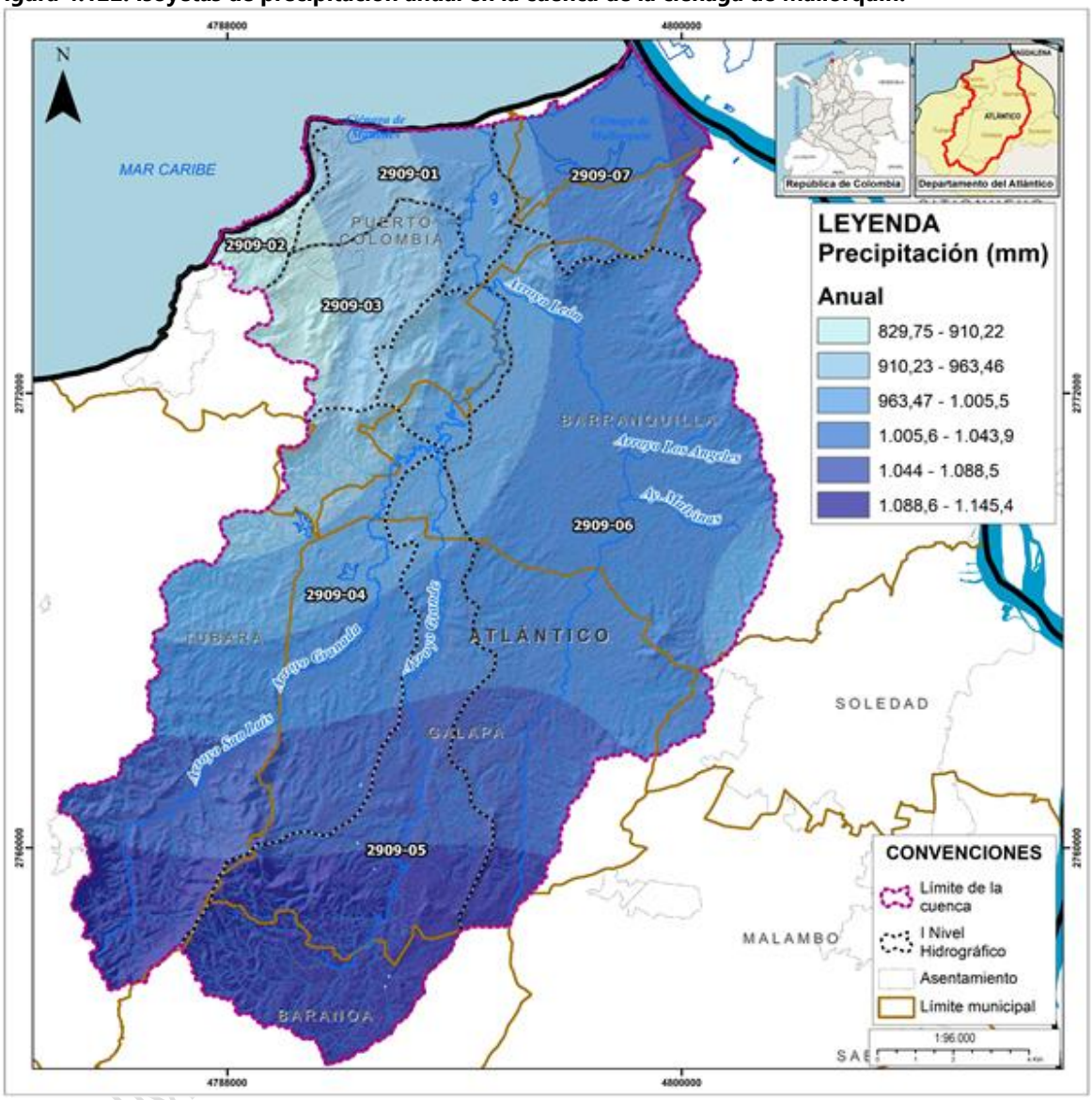
### 4.8.2. Vulnerabilidad del acuífero en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León

Al analizar las características hidrogeológicas del acuífero en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín, para cada uno de los parámetros medidos en campo requeridos por el método de DRASTIC se obtiene el siguiente valor de vulnerabilidad.

**Profundidad**: Se analiza con base en el inventario de puntos de agua del área en donde se toman "todos" los puntos localizados en la zona; obteniéndose un promedio de nivel freático de 5,79 metros, lo cual ubica el acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín en el rango de 4,5 a 9,0 metros de profundidad o sea un valor de 7 que al multiplicarse por el peso presenta para la zona un valor de 45.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.122. Isoyetas de precipitación anual en la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**

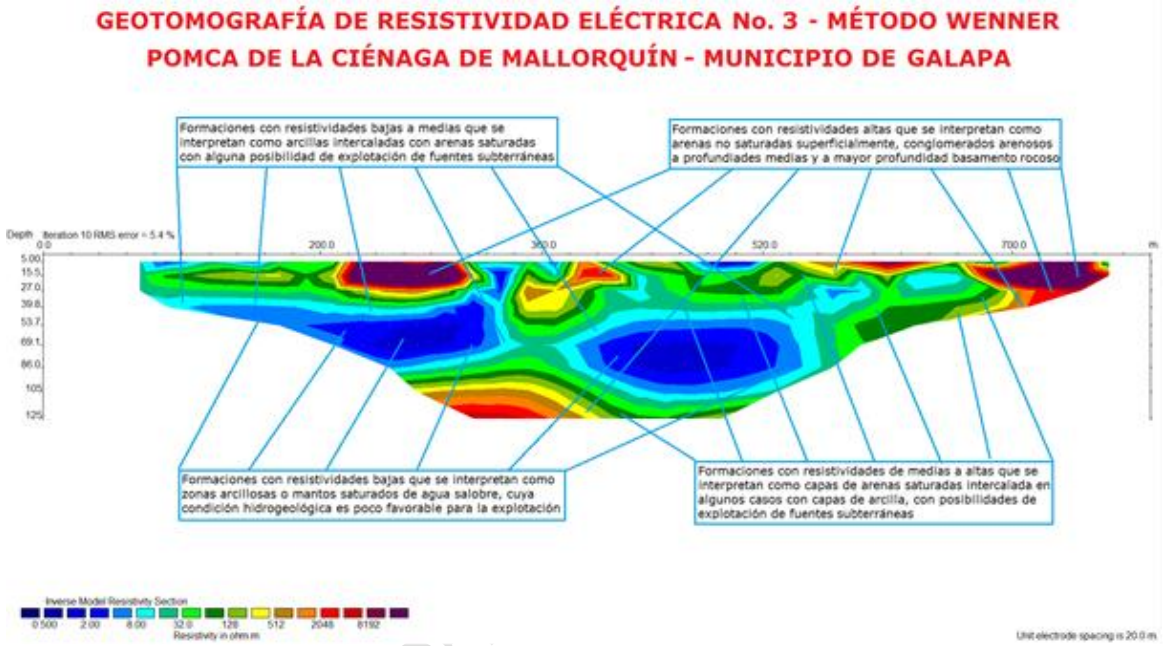



**Recarga Neta**: La recarga se calculará con base en la precipitación media de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín, cuyo valor promedio registrado es de 1.024,75 mm/año.

Por lo general la infiltración o recarga neta oscila entre el 10 al 15% (se trabajará con 12,5%) de la precipitación total, obteniéndose un valor aproximado de infiltración de 128,09 mm/año (estimado), asignándole a la zona un puntaje para este parámetro de 6, que al multiplicarse por el peso presenta un valor de 24 para la zona.

**Tipo de Acuífero**: Como se describió en el capítulo de Geotomografía, los acuíferos de la zona se caracterizan por estar constituido de capas de arenas saturadas intercaladas con arcillas; para esta característica el método asigna un puntaje de 7, teniendo en cuenta que el componente de finos es bajo en la zona, este valor multiplicado por el peso da un puntaje de 21 para la zona.

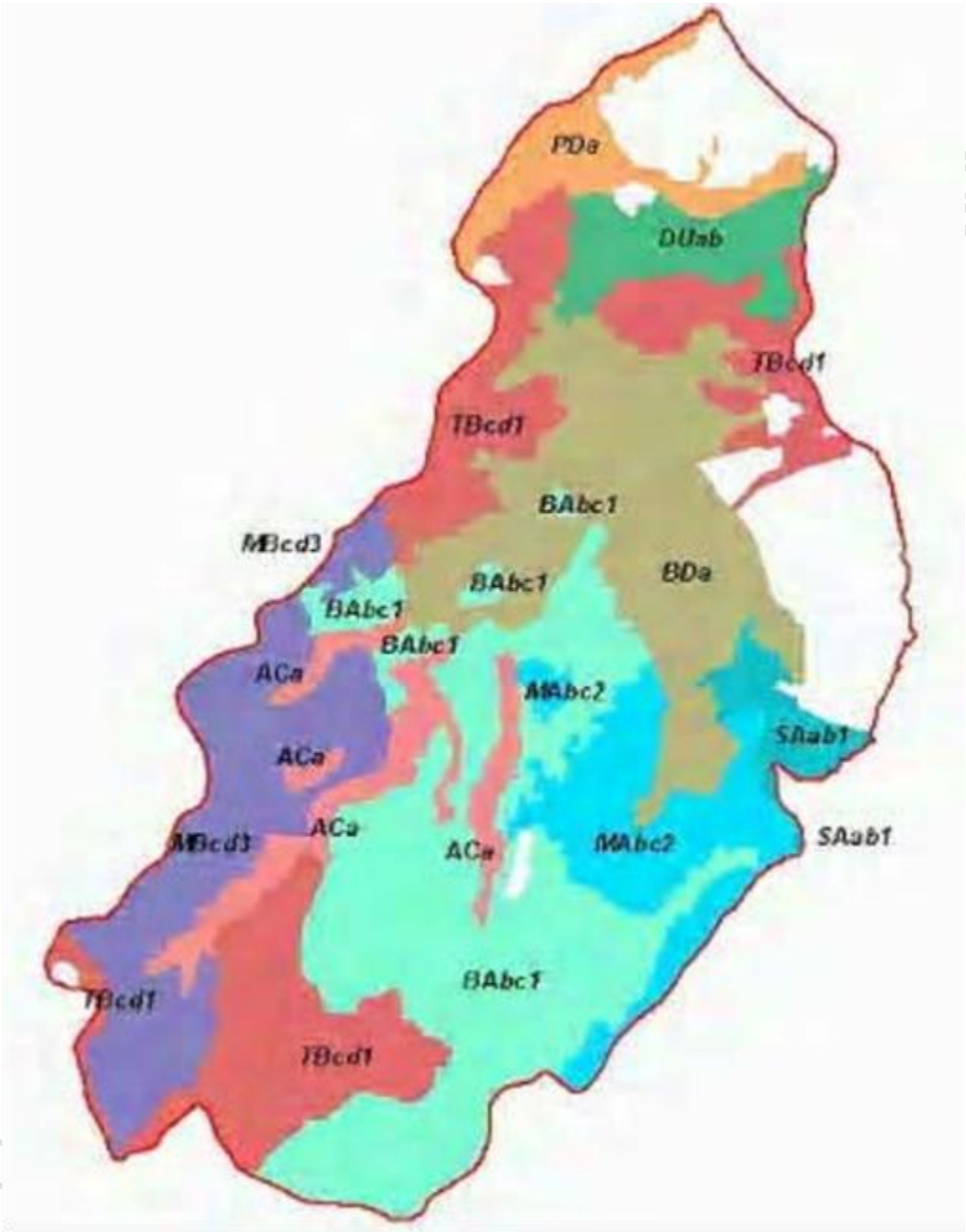
**Figura 4.123. Geotomografía representativa de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




**Tipo de Suelo**: Con base en las observaciones de campo y en la información obtenida de la unidad de suelos del IGAC, se observa una característica de suelos franco limosos, para lo cual el DRASTIC asigna un puntaje de 6, que la multiplicarse por el peso se obtienen un valor de 12 para este parámetro.

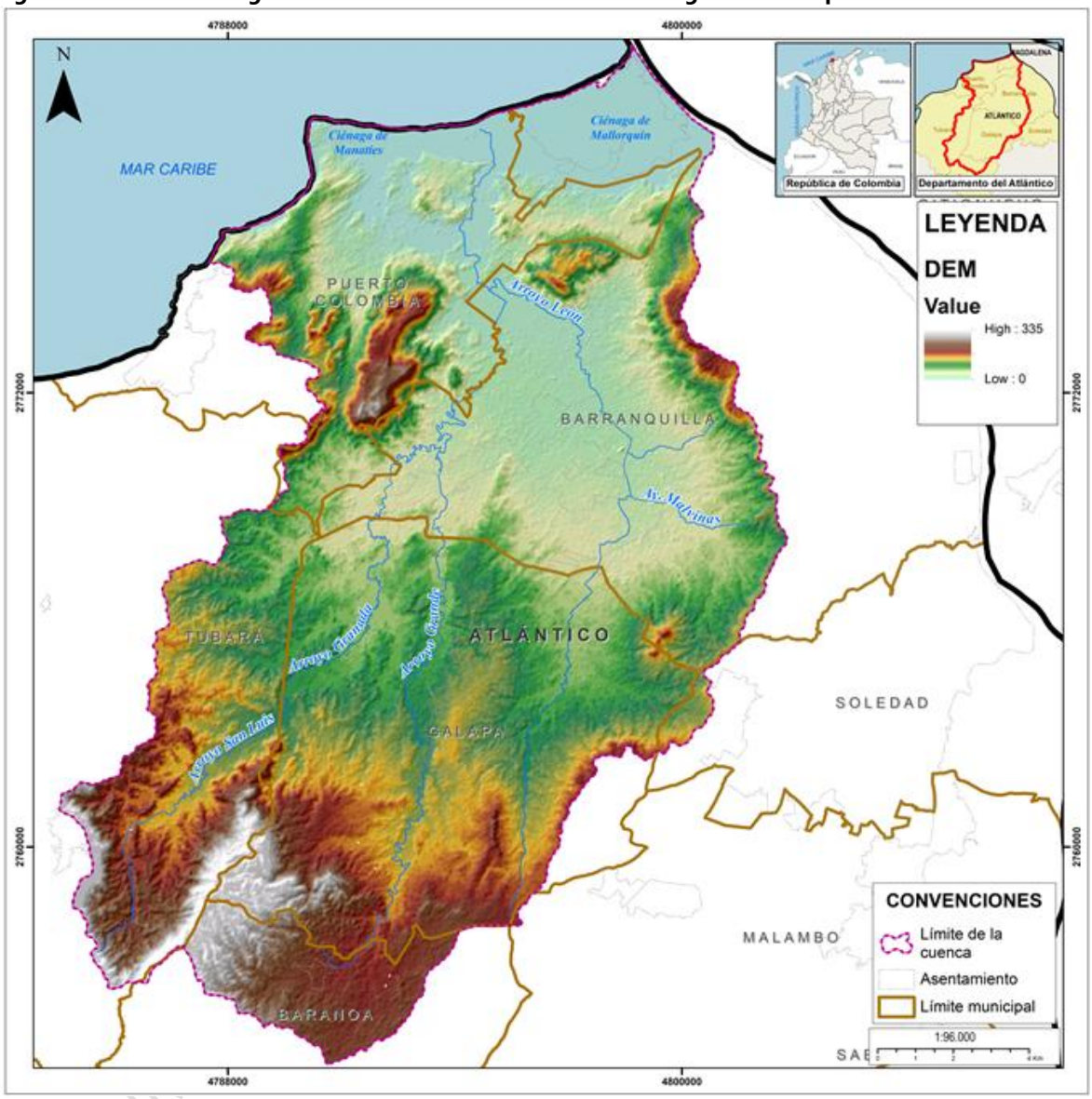
DOCUMENTO NO DE

**Figura 4.124. Mapa del Tipo de suelo del área de estudio POMCA de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín 2010.**




**Topografía (pendiente)**: La zona presenta una característica de topografía casi plana, con pendiente promedio de 2,6%, para la cual se le asigna un puntaje de 9.

**Figura 4.125. Modelo Digital de Elevación de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




**Impacto del tipo de zona no saturada**: En relación a este parámetro la información se extrae de las Geotomografías y de las indicaciones realizadas por los perforadores y propietarios de pozos de la zona; en donde se identifica la zona no saturada material arenoso con algo de finos; con características similares a las acuíferas, se otorga un puntaje de 7 teniendo en cuenta la relativamente baja la presencia de finos en las zona la cual al multiplicarse por el peso presenta un valor de 35.

**Conductividad Hidráulica**: La permeabilidad o conductividad hidráulica se calcula con base en las pruebas de bombeo realizadas cuyo valor promedio fue de 15,81 m/día, obteniéndose para este índice un puntaje de 6 que al multiplicarse por el peso da un valor de 18.

**Tabla 4.41. Puntaje de vulnerabilidad del acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**

| Parámetro | Característica | Puntaje | Peso | Vulnerabilidad |
|---|---|---|---|---|
| Profundidad N.E. | 5,79 metros | 7 | 5 | 35 |
| Recarga | 128,09 mm/año | 6 | 4 | 24 |
| tipo de acuífero | Arenas con finos | 7 | 3 | 21 |
| Tipo de Suelo | Franco limoso | 6 | 2 | 12 |
| Topografía | Pendiente levemente inclinada | 9 | 1 | 9 |
| Zona no saturada | Arenas con finos | 7 | 5 | 35 |
| Conduc. Hidráulica | 15,81 m/día | 6 | 3 | 18 |

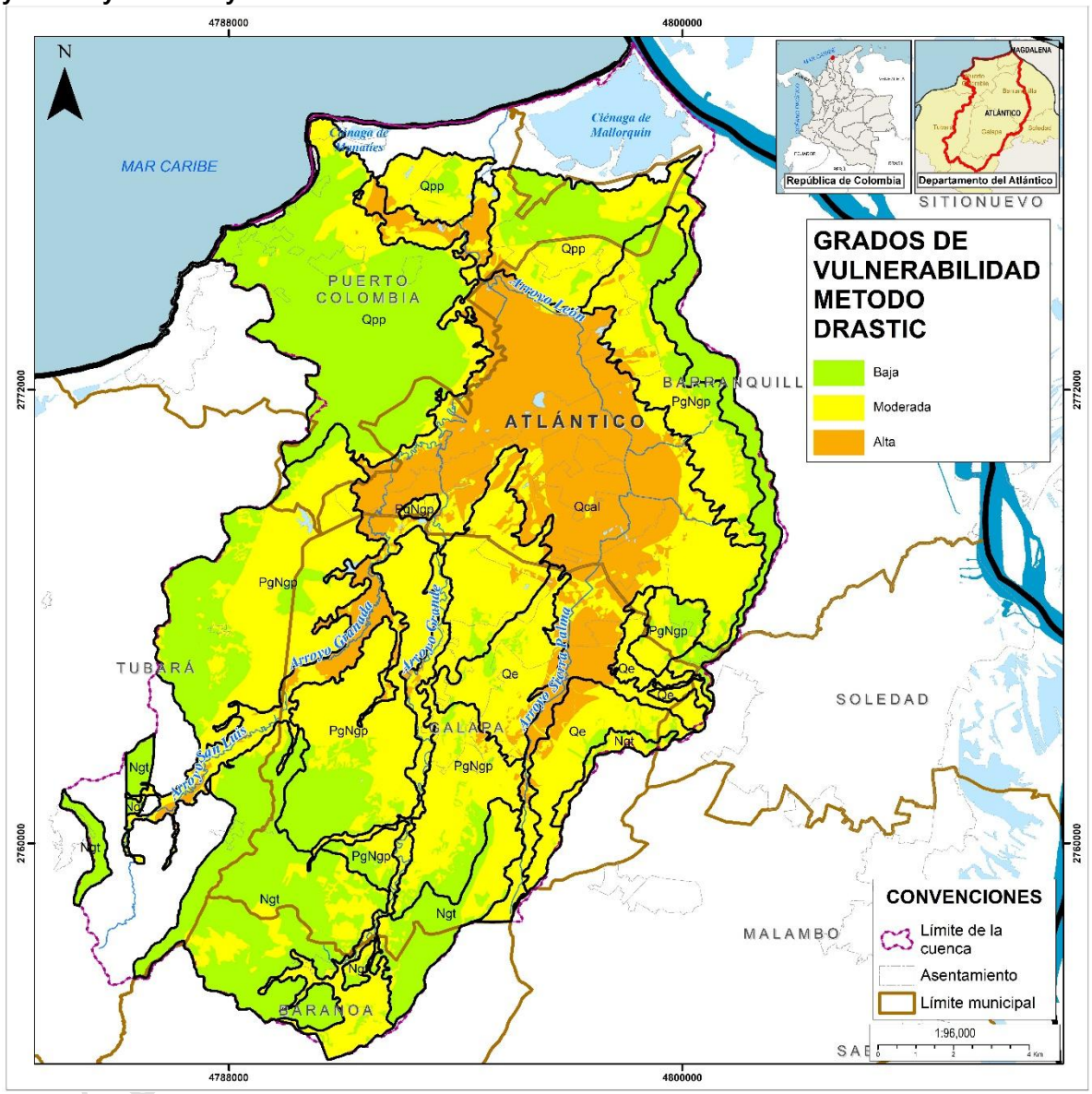
Finalmente se obtiene un puntaje total de 154 que al compararse con los grados de vulnerabilidad determinados por el Método DRASTIC, se asigna para el acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín una característica de **Vulnerabilidad Moderada Alta**.

**Tabla 4.42. Grados de vulnerabilidad determinados por el Método DRASTIC.**

| Vulnerabilidad | ID |
|---|---|
| Extremadamente baja | 23 - 80 |
| Muy baja | 80 - 100 |
| Baja | 100 - 120 |
| Moderada a baja | 120 - 140 |
| Moderada a alta | 140 - 160 |
| Alta | 160 - 180 |
| Muy alta | 180 - 200 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.126. Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación en la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**



## *4.9. Modelo Conceptual*

### 4.9.1. Generalidades

Los Acuíferos de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, están compuestos por sedimentos de edad Cuaternaria (Depósitos Coluvio-Aluviales (Qcal), Depósitos Eólicos (Qe) y La Formación La Popa (Qpp)) y sedimentos de Edad Terciaria (Formación Las Perdices (PgNgp) y Formación Tubará (Ngt)); los cuales desarrollan una porosidad primaria o intergranular y son considerados de gran importancia hidrogeológica en cuanto a su almacenamiento de agua de calidad aceptable, la cual se usa para diversos fines tales como: consumo humano, doméstico, agrícola e industrial. Estas fuentes son recargadas principalmente por las corrientes superficiales y en menor proporción por la precipitación.

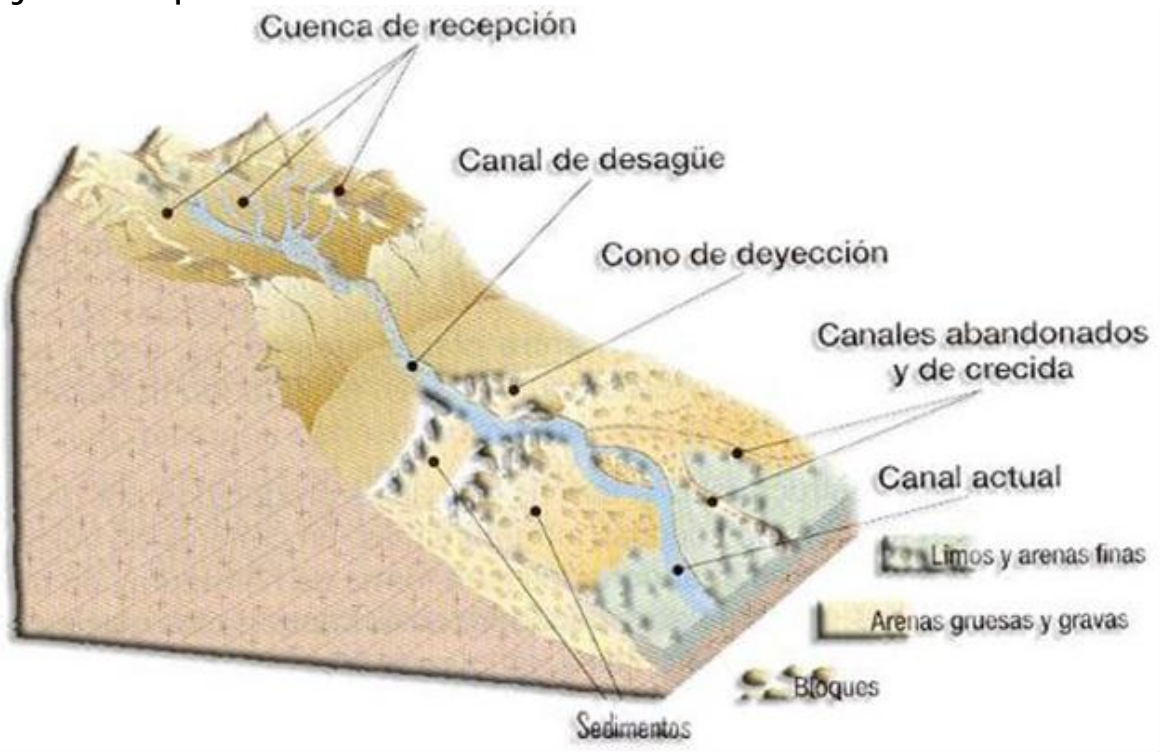
Hidrogeológicamente estos acuíferos se consideran de tipo multicapa, la dirección general del flujo subterráneo desciende desde los piedemontes hacia los arroyos (Grande, Granada, Sierra Palma y León); sin embargo, sobre los depósitos Coluvio-aluviales y en sus proximidades el flujo se torna paralelo a esta corriente dirigiéndose hacia la ciénaga de Mallorquín o el Mar Caribe, con un gradiente casi horizontal.

La parte superior se comporta como libre y es explotada generalmente por aljibes mientras que la capa inferior se comporta como confinada o semiconfinada y actualmente es explotada por numerosos pozos profundos.

El escenario de partida del modelo en época húmeda nos muestra una alta recarga especialmente en el punto de cambio de pendiente (piedemonte), esta es lograda en forma natural, luego se entiende que la medida más importante para mantener el acuífero en condiciones óptimas es cuidar la microcuenca, limpiando y escarificando su cauce y el de sus afluentes y permitiendo que el agua fluya libremente.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.127. Esquema de sedimentación.**




### 4.9.2. Recarga y descarga:

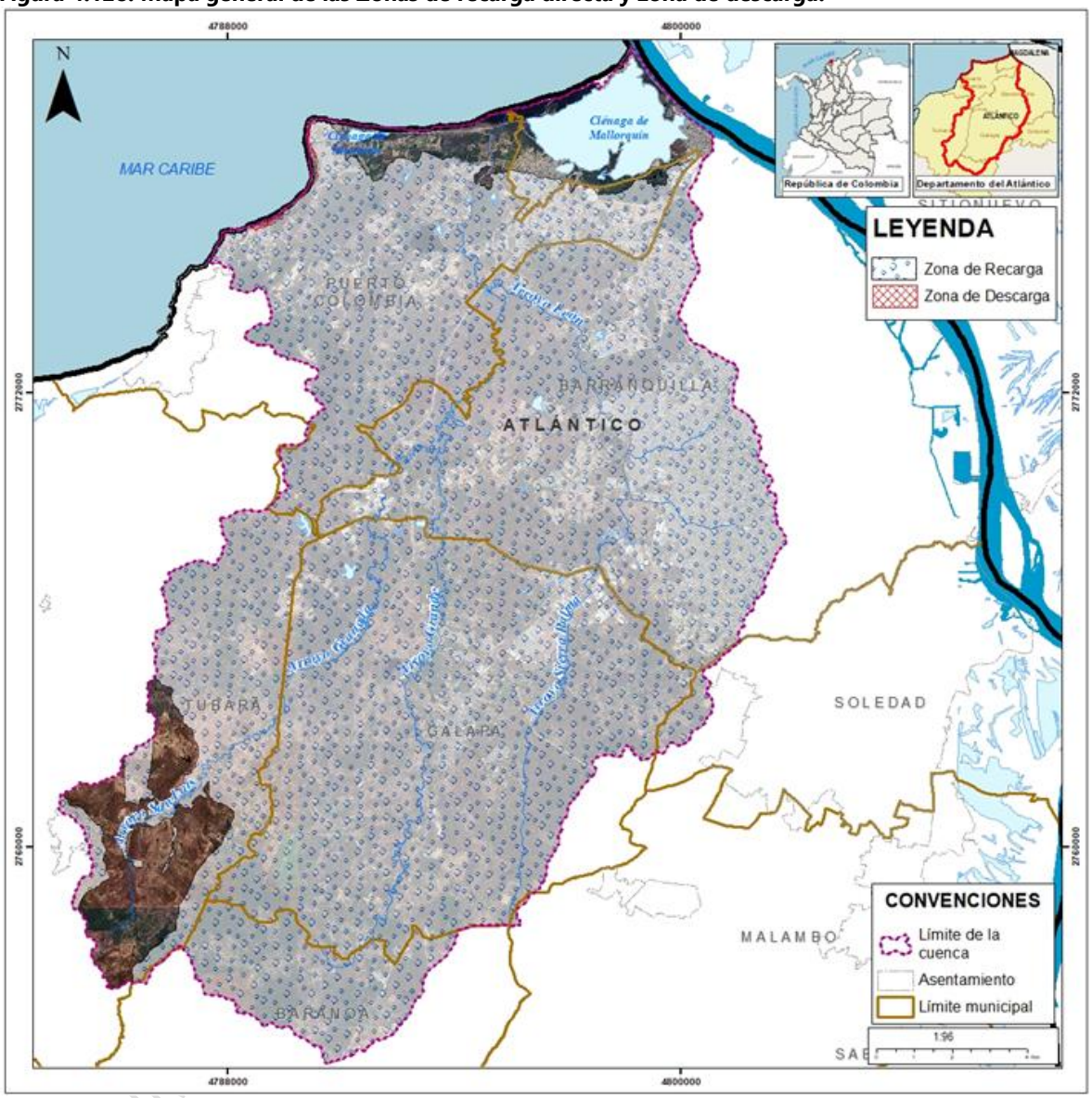
Para identificar las zonas de recarga en este sistema hídrico debe tener en cuenta las siguientes definiciones:

**Recarga Natural**: Procedente de infiltración directa de aguas lluvias y aguas de escorrentía (la cual se tratará más adelante).

**Recarga Inducida**: Producida en forma indirecta la infiltración que ocurre por la explotación del recurso, ya que al producirse un descenso en los niveles freáticos aumenta el flujo de la escorrentía hacia el acuífero (su cálculo es dispendioso y se necesitan herramientas tecnológicas tales como ensayos isotópicos y modelos matemáticos de simulación de flujo subterráneos).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

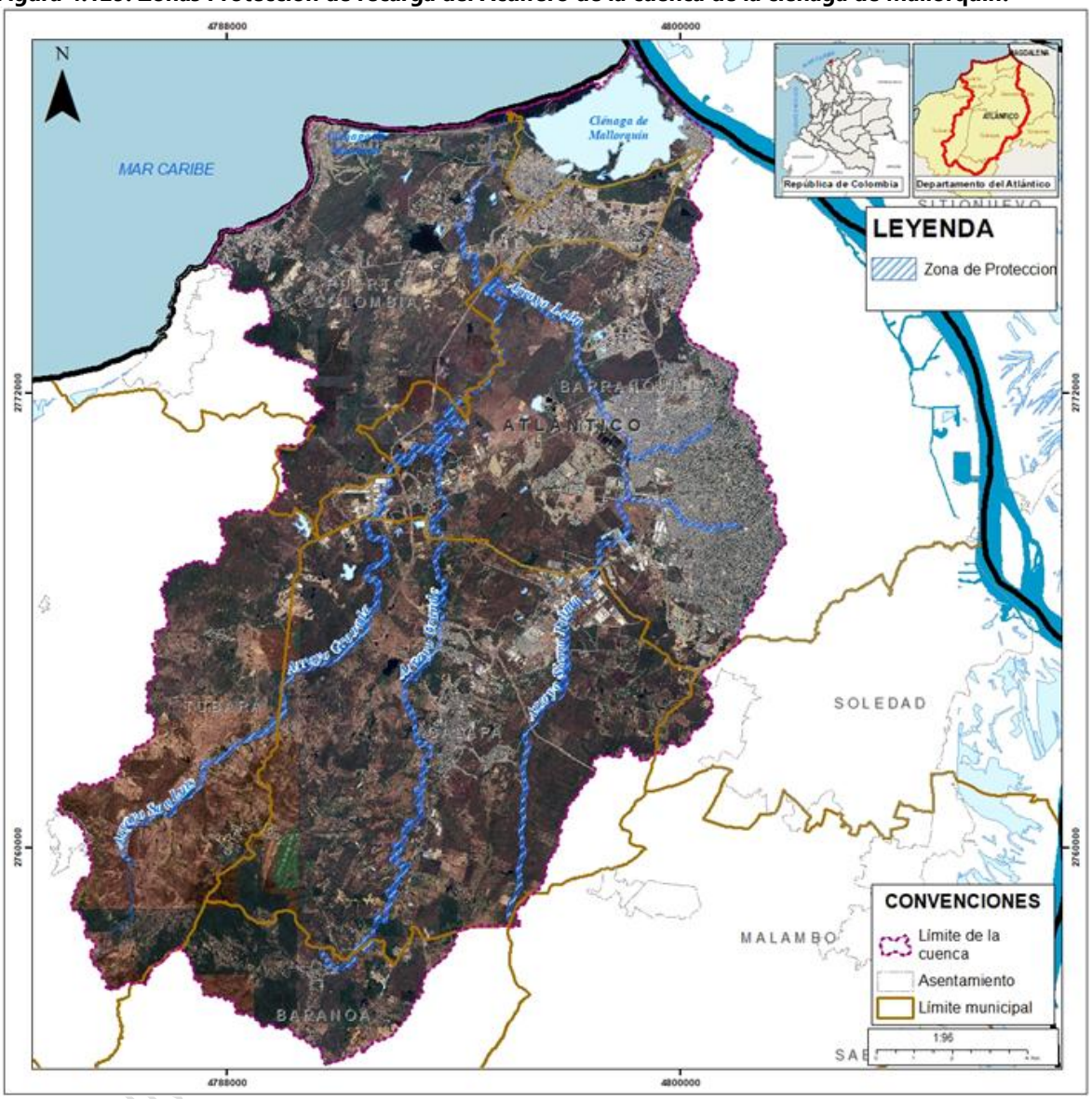
**Figura 4.128. Mapa general de las Zonas de recarga directa y zona de descarga.**




**Artificial**: Implica la construcción de sistemas o estructuras por parte del hombre que aumenta la recarga en el acuífero.

DOCUMENTO

**Figura 4.129. Zonas Protección de recarga del Acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




Por lo general toda la zona con potencial acuífero (formaciones cuaternarias y terciarias) presentan recarga directa proveniente de la precipitación, excepto los centros poblados, principalmente en las cabeceras municipales y corregimientos.

Se identifica como principal zona de recarga dentro del acuífero los cauces de las escorrentías (arroyos Grande, Granada, Sierra Palma y León), cuando estas atraviesan principalmente los depósitos cuaternarios donde se producen recarga en los acuíferos superficiales, especialmente en época de invierno durante los eventos de precipitación,

indudablemente la rata de infiltración en cada zona dependerá de la estratigrafía, la composición granulométrica del cuaternario adyacente y la cabeza hidráulica que tenga el arroyo en ese corte.

También son zonas de recarga importantes en el acuífero lo sectores cercanos al piedemonte (puntos de cambio de pendiente) ubicado en la parte baja de la cuenca, en donde se observan Depósitos Coluvio-Aluviales, en donde se detectan materiales más gruesos y por lo tanto se presentan una mayor infiltración del agua de escorrentía y subsuperficial proveniente de las partes altas.

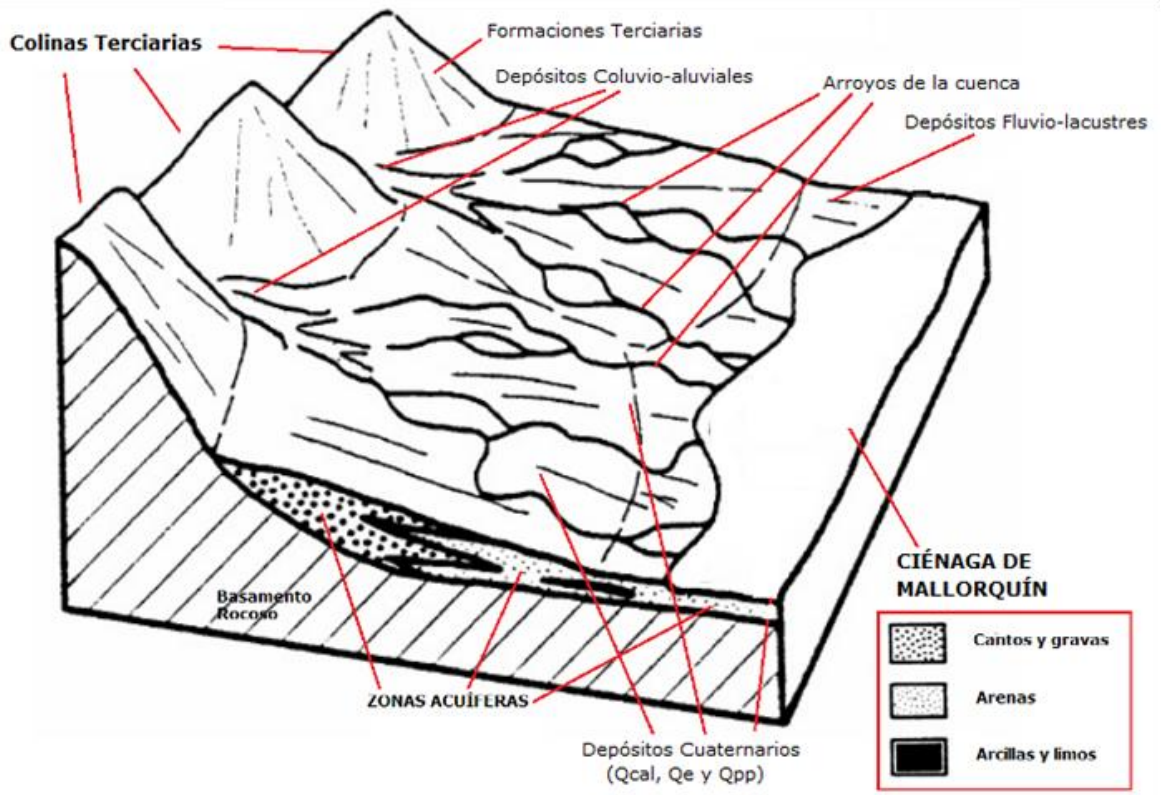
Tanto los cauces de arroyos y su franja aledaña (ronda hidráulica), como las zonas de cambio de pendiente se deben considerar como áreas de protección especial.

#### 4.9.2.1. *Periodo seco*

El primer periodo corresponde un periodo seco entre diciembre a abril, en donde el caudal de las escorrentías es bajo especialmente en periodos del Niño.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 4.130. Esquema del Modelo Conceptual Regional del acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín.**




#### 4.9.2.2. *Periodo húmedo*

Es importante en este punto aclarar que el comportamiento del clima de los últimos tiempos difiere de la tendencia histórica, razón por la cual es más seguro emplear información reciente que información pasada.

El segundo periodo del año corresponde a los meses de octubre a mayo en estos meses se presentan los picos de caudal en los arroyos y sus afluentes y la recarga tiene lugar. Observando las series de caudales es posible asignar una altura de flujo de 2 metros por encima del nivel del fondo a los arroyos.

### 4.9.3. Observaciones finales

Si bien los conceptos sobre el comportamiento del acuífero de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, descritas en el presente informe se basa en información primaria y secundaria recolectada por nuestro grupo de expertos en la zona y por la experiencia de nuestros profesionales en el análisis de esta información, aun así se considera necesario recomendar a la Autoridades Ambientales Competentes el profundizar

DOCUMENTO DE

con estudios científicos especializados, utilizando modelos geofísicos (Geotomografías (Res2Dinv y Res3Dinv)), hidrogeoquímicos (Netpath y Phreeqc) y de simulación de flujo subterráneo (Feflow o Modflow) de tal manera que nos permita conocer con más certeza el comportamiento de las aguas subterráneas de la zona y poder afinar el modelo conceptual, sin embargo con la información aportada se cumple plenamente con el objetivo de brindar información suficiente y necesaria para la fase de diagnóstico del Plan de Ordenamiento de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín, que sirva para las etapas posteriores del mismo.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 5. HIDROGRAFÍA

Tomando como referencia el Mapa de Zonificación Hidrográfica de Colombia, la Guía para la Codificación de Cuencas Hidrográficas y Subzonas Hidrográficas de Colombia, elaborada por el IDEAM, y teniendo en cuenta el alcance y el objeto de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, establecidos tanto en el Decreto 1640 de 2012 derogado y compilado en el Decreto 1076 de 2015 como en la Guía Técnica para la formulación de los POMCAS expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2013, así como los insumos suministrados por la corporación, se define la codificación de las Unidades Hidrográficas Nivel I.

A partir de la codificación de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (2909), se definen siete (7) Unidades Hidrográficas Nivel I correspondiente a la zona de estudio.

Los criterios que se utilizan para generar las Unidades Hidrográficas Nivel I son estrictamente topográficos e hidrográficos, es decir, límites que obedecen únicamente a demarcaciones naturales, en el cual se identifican y delinean las divisorias de aguas a partir de la visualización de las curvas de nivel y los drenajes, esto quiere decir que la delimitación se trazan sobre las inflexiones de las curvas de nivel de máxima altura relativa, en la frontera entre laderas de exposición opuesta, y también se delimitan cuencas de carácter exorreico, donde la salida del sistema de corrientes superficial confluye hacia la desembocadura en el mar.

A continuación, se explica el procedimiento llevado a cabo para su definición de las Unidades Hidrográficas Nivel I.

**Estructuración de la información Cartográfica Base**

- Integración de las entidades en la GDB de la cartografía oficial.
- Revisión de la información básica existente del POMCA 2015.

**Revisión y definición de la Cuenca hidrográfica**

- Revisión de cuenca con relación a la sectorización hidrográfica definida por el IDEAM.
- Revisión con la relación a cartografía base, como por ejemplo drenajes dobles y sencillos.
- Revisión y ajustes.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

- Generación de las Unidades Hidrográficas Nivel I con ArcGIS 10.8.

## *5.1. Revisión y Ajuste de los Límites Geográficos de la Cuenca*

Para realizar la verificación de la delimitación de la cuenca hidrográfica del POMCA, se utiliza como insumo la cartografía 1:25000 del IGAC. A partir de esta información y el modelo de elevación digital del terreno (MDE) con resolución espacial de 12.5x12.5 m, se realiza el ajuste de la cuenca de acuerdo con la revisión de los drenajes y la red delimitación de las Unidades Hidrográficas Nivel I. En la Figura 5.1, se muestra la delimitación de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.

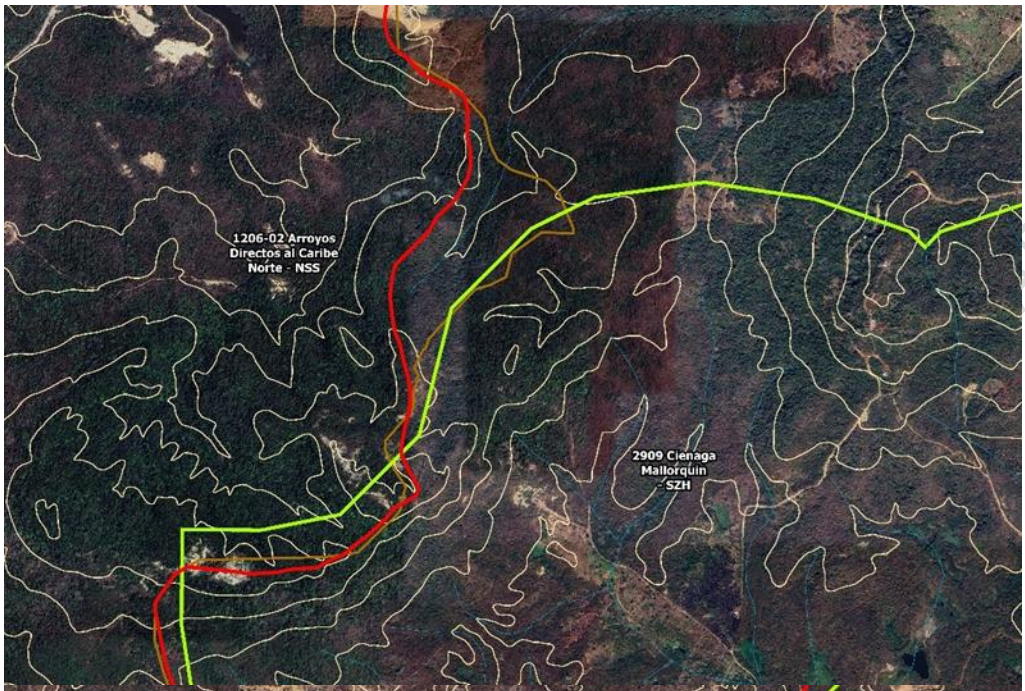
A continuación, se presenta la figura con el detalle de los ajustes realizados al límite de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, incluyendo la divisoria de aguas preliminar del IDEAM, la del POMCA 2015 y la propuesta de ajuste de límites. Los mayores cambios en la delimitación de la cuenca se realizan obedecen al detalle de la cartografía entregada y a los cambios morfológicos ocurridos en los últimos años en especial sobre la Ciénaga de Mallorquín.

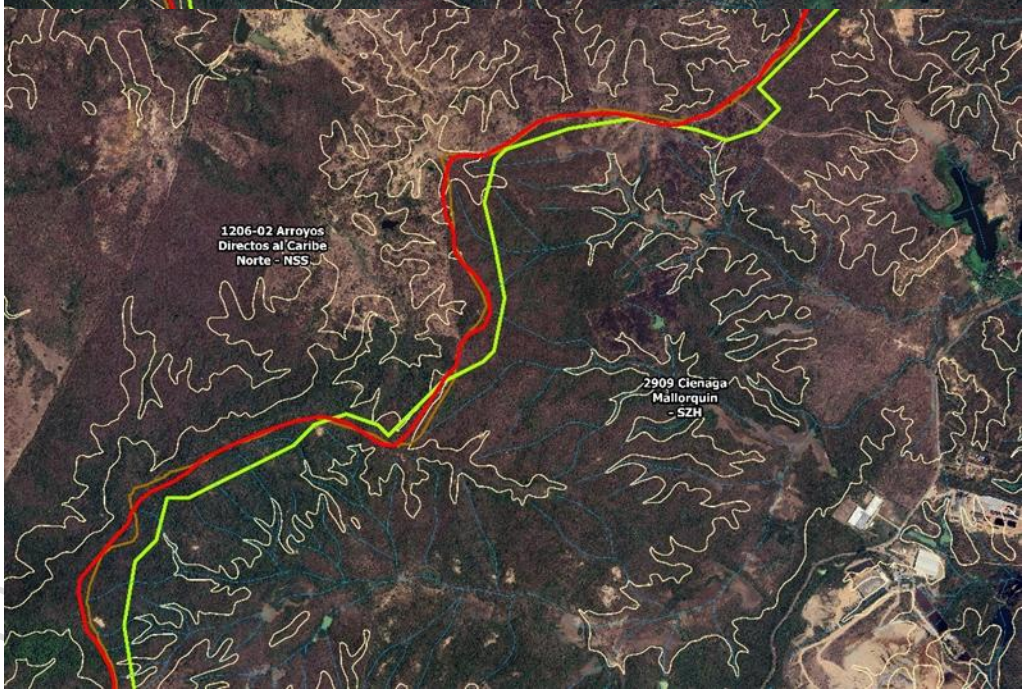
En la Figura 5.1, se presentan las líneas de los límites de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León:

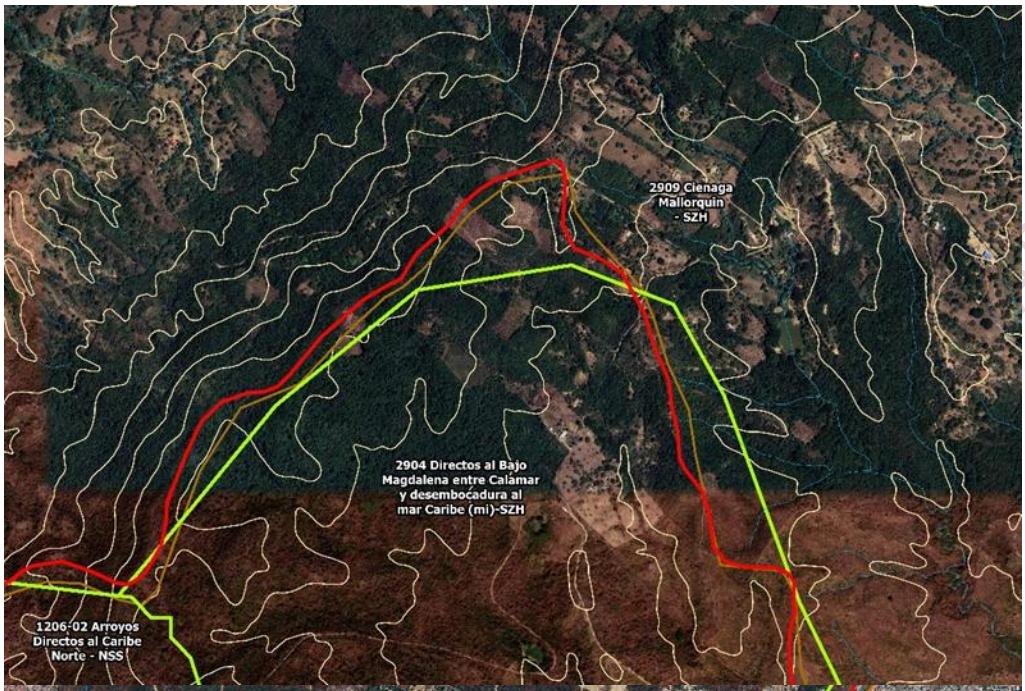
- Rojo: Límite ajustado Consorcio Mallorquín.
- Verde neón: POMCAS_abril_2021 (IDEAM).
- Amarillo tostado: POMCA 2015 CRA.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

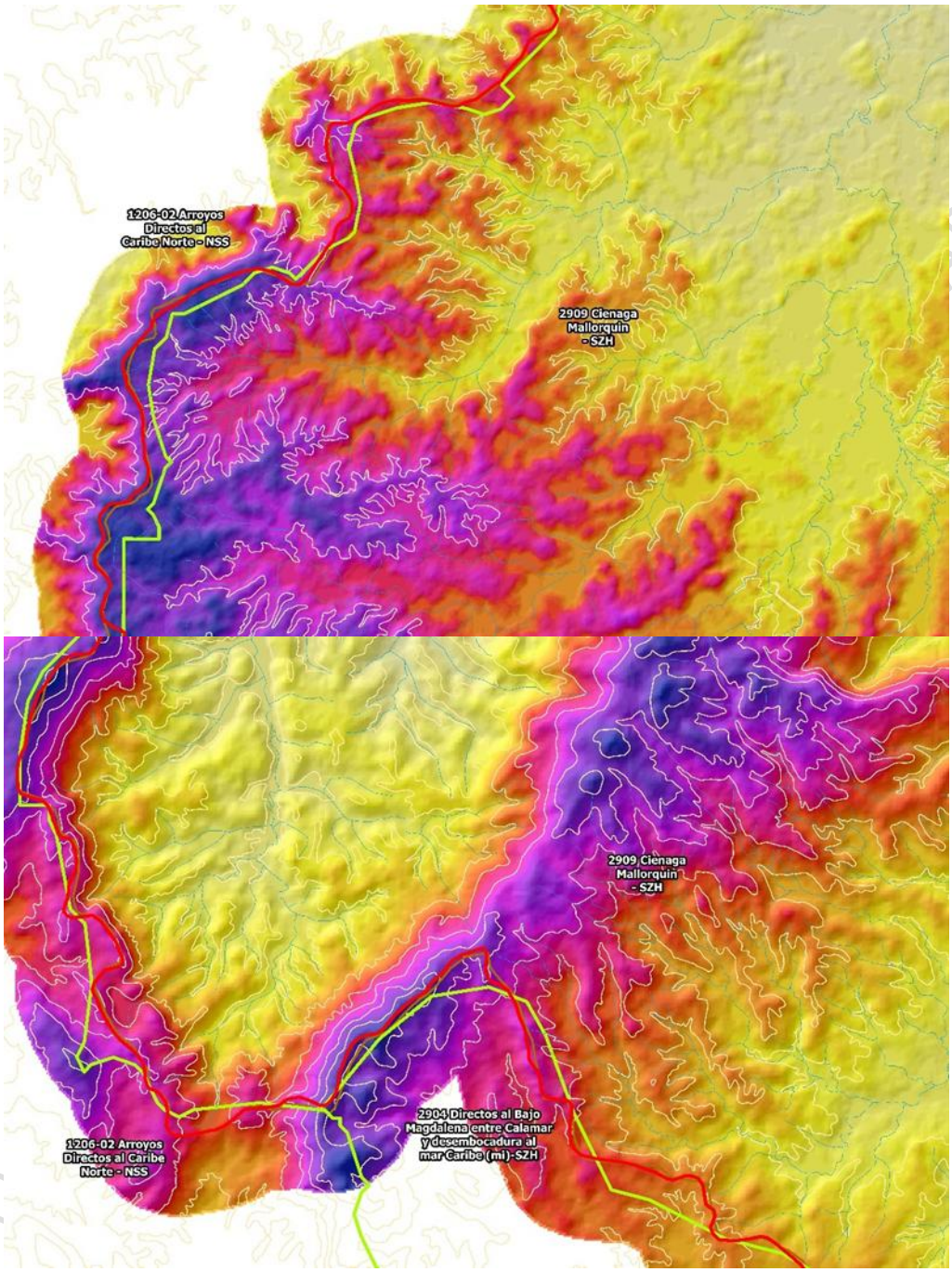
**Figura 5.1. Ajustes de los límites de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**

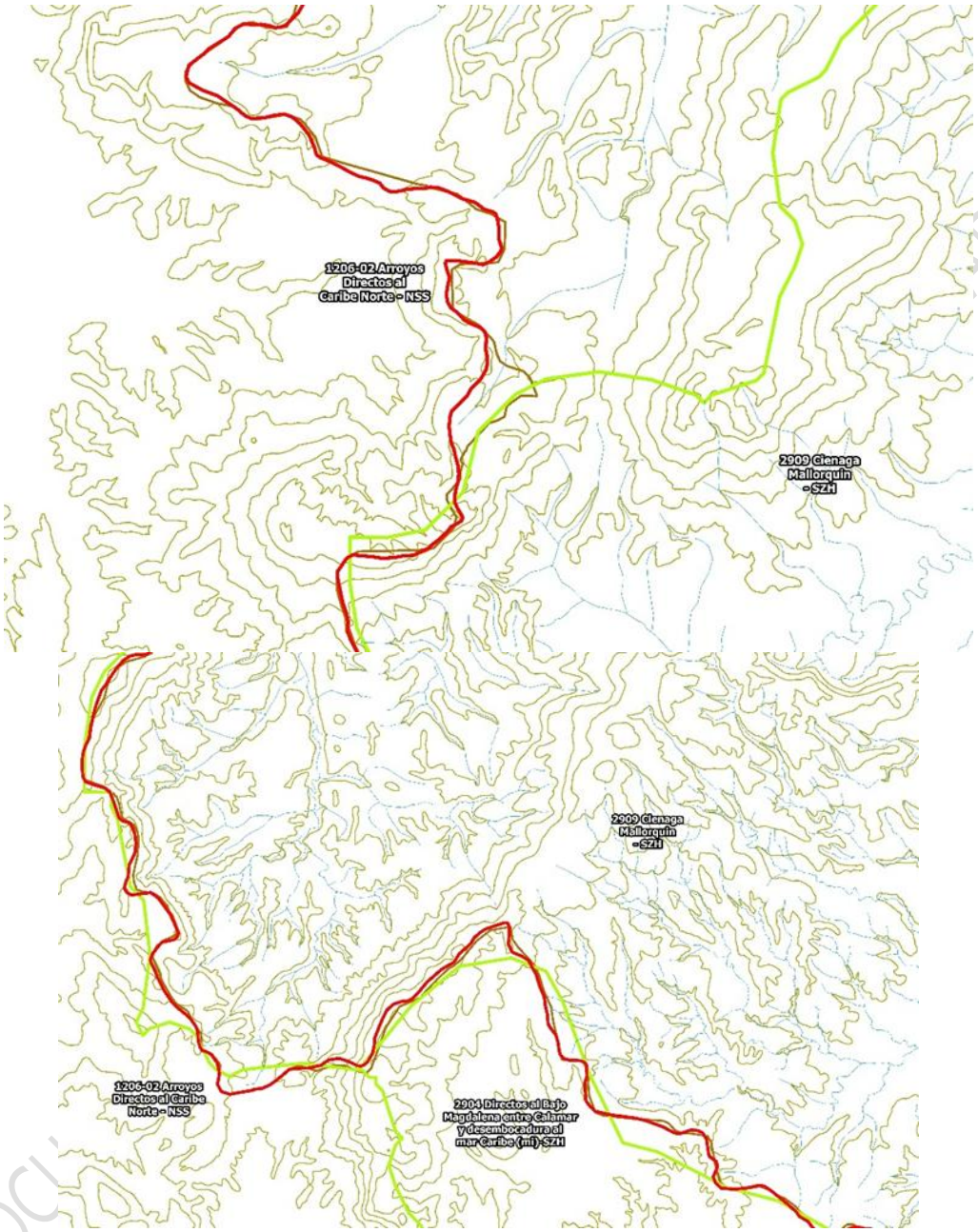

1206-02 Arroyos Directos al Caribe Norte - NSS
2909 Cienaga Mallorquin - SZH


1206-02 Arroyos Directos al Caribe Norte - NSS
2909 Cienaga Mallorquin - SZH


2909 Cienaga Mallorquin - SZH
2904 Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)-SZH
1206-02 Arroyos Directos al Caribe Norte - NSS

2909 Cienaga Mallorquin - SZH
2904 Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)-SZH


1206-02 Arroyos Directos al Caribe Norte - NSS
2909 Cienaga Mallorquin - SZH
2909 Cienaga Mallorquin - SZH
2904 Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)-SZH
1206-02 Arroyos Directos al Caribe Norte - NSS


1206-02 Arroyos Directos al Caribe Norte - NSS
2909 Ciénaga Mallorquín - SZH
2909 Ciénaga Mallorquín - SZH
1206-02 Arroyos Directos al Caribe Norte - NSS
2904 Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi)-SZH

## *5.2. Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas Nivel I*

La delimitación de las Unidades Hidrográficas Nivel I parte de la información cartográfica de base, utilizando las curvas de nivel y la red de drenajes de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, una vez delimitadas las Unidades Hidrográficas Nivel I se modifica el sistema de codificación planteada por el IDEAM respetando hasta el dígito 4 correspondiente a la Subzona Hidrográfica, de tal manera que el código propuesto para la identificación de las Unidades Hidrográficas Nivel I está relacionado con el digito 5 y 6. Es importante mencionar después de revisar las información suministrada por la corporación dentro de la zona de estudio no se cuenta con fuentes hídricas o microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados, pero se deja la codificación para estos, las cuales les corresponde los dígitos 7 y 8, por si más adelante llegan a solicitar una concesión para un acueducto urbano o rural como fuentes de suministro.

**Primer dígito**: Indica el área hidrográfica donde se ubica la cuenca. El departamento de Antioquia está comprendido entre las áreas hidrográficas Magdalena – Cauca y Pacífico; por lo que el digito correspondiente es 2.

**Segundo dígito**: Indica la zona hidrográfica donde se ubica la cuenca. El área de Jurisdicción de la Corporación corresponde al Bajo Magdalena, por lo cual el segundo digito es 9.

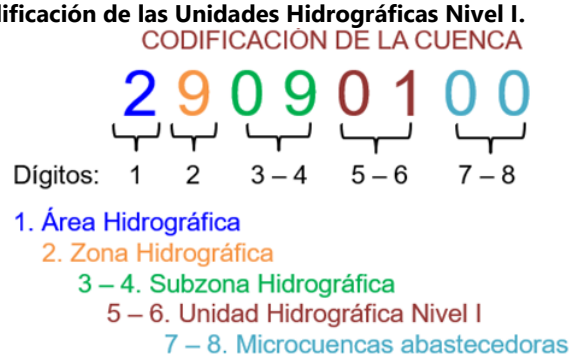
**Tercer y cuarto dígito**: Son las subzonas hidrográficas, que en total son 311 a nivel nacional; y a la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín le corresponde el código número 09.

**Quinto y sexto dígito**: Hacen referencia a las Unidades Hidrográficas Nivel I identificadas en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.

**Séptimo y octavo dígito**: Indican las fuentes o microcuencas identificadas al interior de las Unidades Hidrográficas Nivel I.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 5.2. Sistema de codificación de las Unidades Hidrográficas Nivel I.**




Fuente: adaptado de (IDEAM, 2013).

En la Figura 5.3, se presenta las Unidades Hidrográficas Nivel I de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León delimitadas y relacionadas mediante un número consecutivo que puede ser consultado en la Tabla 5.1. Adicionalmente, en la tabla mencionada se relaciona su codificación y un nombre de cada una de ellas con el POMCA del 2015, las cuales se presentó una variación de los nombres y en la delimitación de una nueva Unidad hidrográfica Nivel I sobre la Ciénaga de Mallorquín.

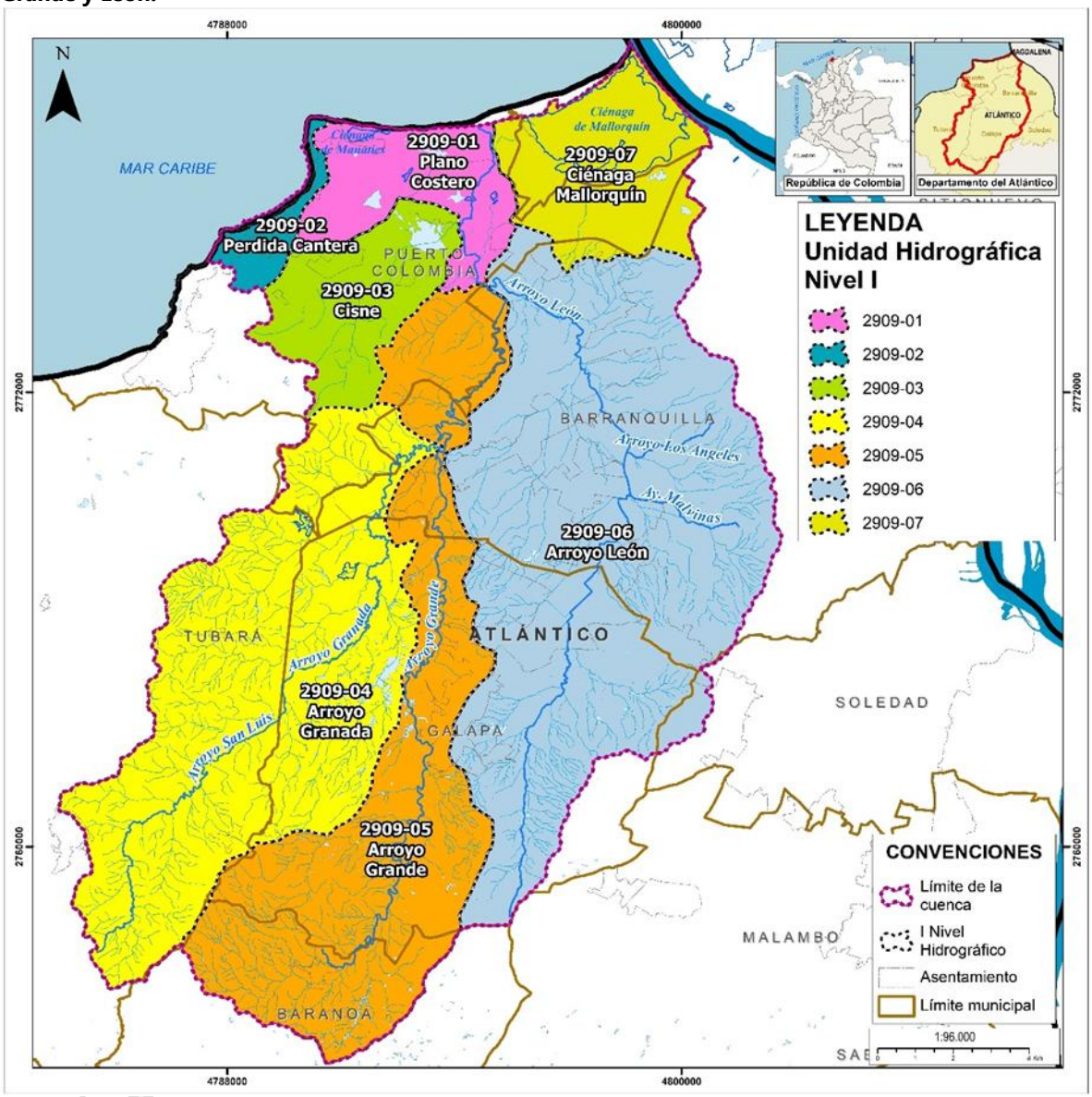
**Tabla 5.1. Relación numeración de las Unidades Hidrográficas Nivel I delimitadas en la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**

| Numero Consecutivo | Nombre POMCA 2015 | Nombre Actualización POMCA | Código |
|---|---|---|---|
| 1 | Plano Costero* | Plano Costero | 2909-01 |
| 2 | Perdida Cantera | Perdida Cantera | 2909-02 |
| 3 | Cisne | Cisne | 2909-03 |
| 4 | San Luis | Arroyo Granada | 2909-04 |
| 5 | Oriental C. Pan de Azúcar | Arroyo Grande | 2909-05 |
| 6 | Arroyo Hondo | Arroyo León | 2909-06 |
| 7 | Plano Costero* | Ciénaga Mallorquín | 2909-07 |

* Unidad hidrográfica Nivel I subdividida por cambios morfológicos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 5.3. Delimitación de las Unidades Hidrográficas de Nivel I de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**




Respecto a la delimitación de microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados, se verifican las fuentes geoespaciales (Shapes de puntos) de las bocatomas de cabeceras urbanas, bocatomas al interior de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, de acuerdo con los expedientes de las concesiones otorgadas por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA, las cuales son ubicadas espacialmente. Dicha información es cruzada con la ubicación de cabeceras urbanas, dando como resultado que no se encuentra ninguna concesión dentro de la zona de estudio de la cuenca, como se

puede apreciar en la siguiente figura, por lo tanto, no se realiza la ninguna delimitación de microcuencas abastecedoras, pero, se deja estipulado la codificación por si se requiere en su momento.

**Figura 5.4. Delimitación de las microcuencas abastecedoras.**

## *5.3. Caracterización de la Red de Drenaje*

La caracterización de la red de drenaje se refiere a la jerarquización, patrón de alineamiento y densidad del drenaje, que es posible definir mediante el orden de Horton, sinuosidad y densidad de drenaje, respectivamente.

**Orden de las corrientes**

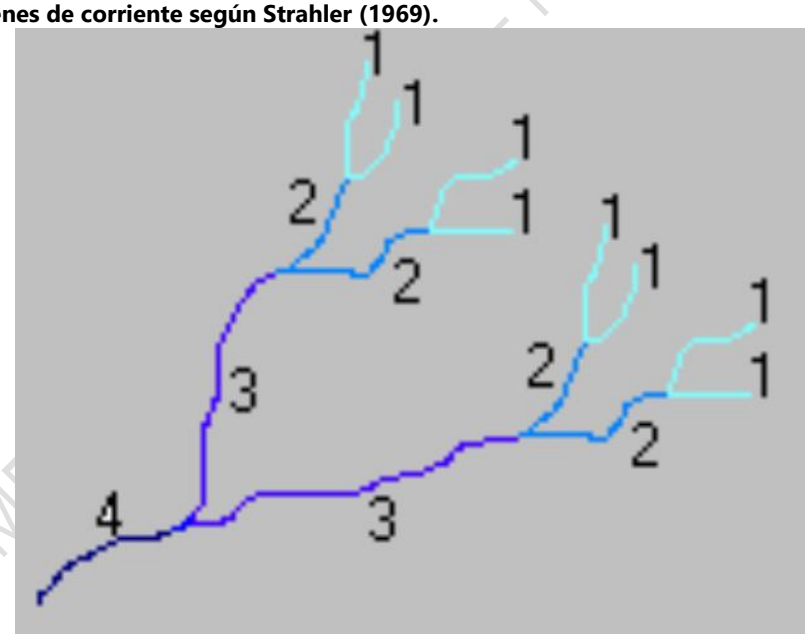
Existen diferentes métodos para obtener este índice (Gregory and Walling, 1985). En este estudio se utiliza el método de Strahler ya que es el más común, el más comprensible y el más fácil de relacionar con otros parámetros morfométricos.

Este índice se obtiene mediante la agregación de corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se reúnen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente (Ver Figura 5.5).

Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje. En general, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida.

Asimismo, un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión, o bien, que la cuenca podría ser más antigua (en determinados tipos de relieve).

**Figura 5.5. Ordenes de corriente según Strahler (1969).**




Fuente: GREGORY, OP. CIT.

Para el caso de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, se presenta un orden de Horton 6 (Ver Figura 5.6) y el porcentaje de presencia de los diferentes órdenes se presenta en la Tabla 5.2.

DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 5.6. Ordenes de corriente en la Cuenca.**

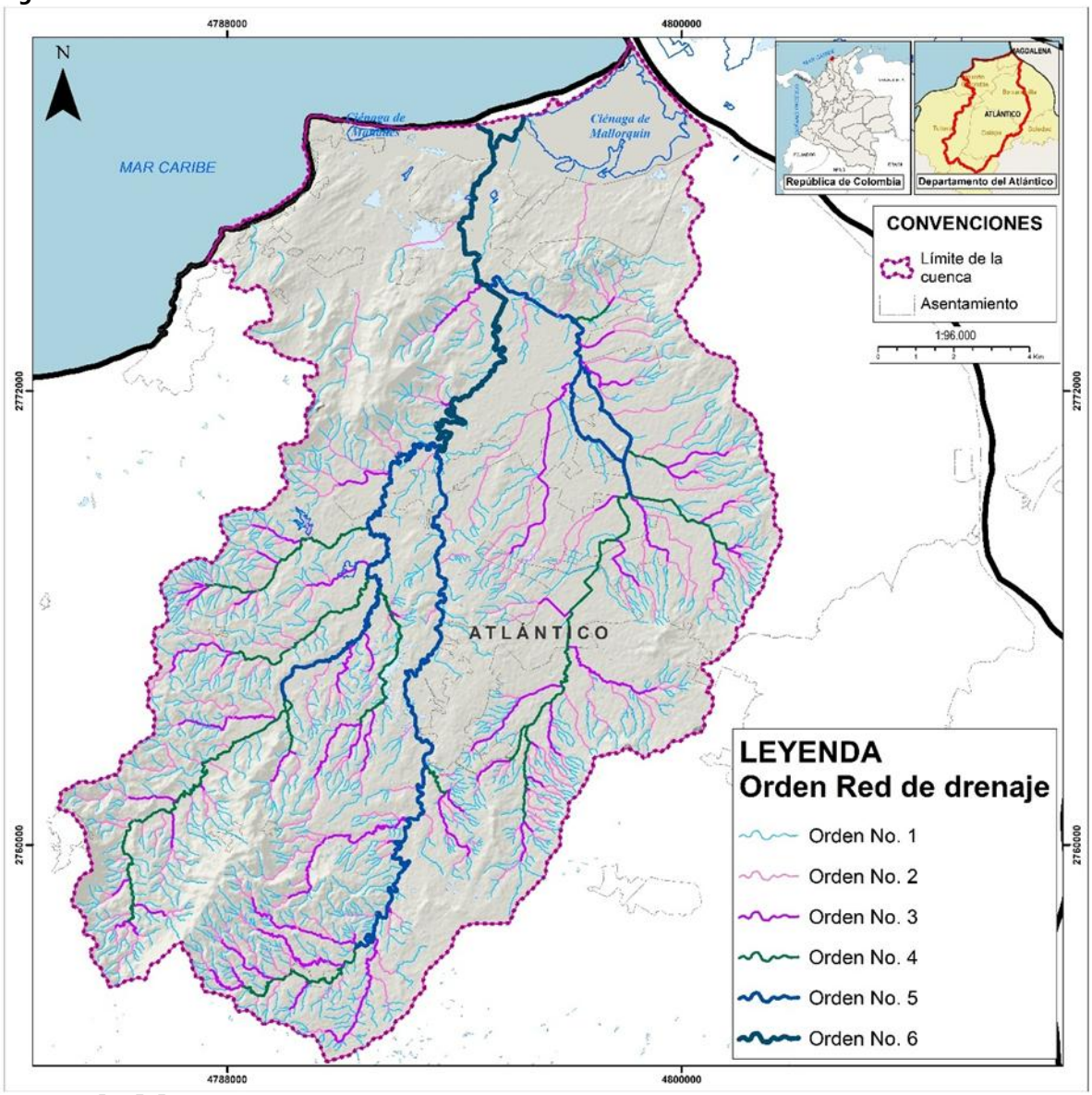


**Tabla 5.2. Distribución de los órdenes de Horton por porcentaje en la cuenca.**

| Orden de Horton | Longitudes (km) | Porcentaje de los Cauces |
|---|---|---|
| Orden 1 | 498.64 | 55.77 |
| Orden 2 | 180.87 | 20.23 |
| Orden 3 | 94.15 | 10.53 |
| Orden 4 | 54.42 | 6.09 |
| Orden 5 | 49.21 | 5.50 |
| Orden 6 | 16.76 | 1.87 |
| TOTAL | 894.04 | 100 |

Tal como es conocido, el orden de Horton está relacionado con el comportamiento hidrológico de la Cuenca, considerando que los cauces con órdenes bajos tienen mayor peligro de inundaciones, descargando de forma súbita durante las tormentas.

**Patrón de alineamiento**

Con respecto a la sinuosidad se tiene la clasificación planteada por Schumm (1963), mediante la cual es clasificado el alineamiento de acuerdo con la relación entre la longitud del cauce principal y la longitud del valle que drena o longitud de cuenca que da cuenta del trazado o patrón de alineamiento del cauce. La clasificación se encuentra consignada en la Tabla 5.3.

Para la estimación del patrón de alineamiento de las Unidades Hidrográficas Nivel I se obtuvo a partir de la información cartográfica y de las mediciones realizadas con la plataforma ArcGIS.

Para la clasificación del patrón de alineamiento se estima la sinuosidad del cauce el cual es la relación que existe entre la longitud del cauce principal, Lc, y la longitud del valle del cauce principal medida en línea recta o curva, Lt.

$$S_i = \frac{L_{drenajep}}{L}$$

**Tabla 5.3. Clasificación de cauces – Patrón de alineamiento.**

| Tipo de Canal | Sinuosidad | Caracterización |
|---|---|---|
| Canal rectilíneo | 1-1.2 | Se caracterizan por desarrollarse en áreas de fuertes pendientes. Muy baja sinuosidad. |
| Canal transicional | 1.2-1.5 | Baja sinuosidad. |
| Canal regular | 1.5-1.7 | Cambios direccionales importantes. Sinuosidad media. |
| Canal irregular | 1.7-2.1 | Cambios direccionales importantes con bahías. |
| Canal tortuoso | >2.1 | Tendiente atrenzamiento del canal. |

Fuente: (Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

Los resultados del patrón de alineamiento de la cuenca hidrográfica y de las Unidades Hidrográficas Nivel I se pueden apreciar en la Tabla 5.4.

**Densidad de drenaje**

Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total.

$$D = \frac{\sum L_I}{A_{Cuenca}}$$

Dónde:
L: Longitud total de los drenajes [km].
A: Área de la cuenca [km$^2$].

Finalmente, se calcula la densidad de drenaje Strahler (1952) mediante la relación entre la longitud total de drenaje y el área de la cuenca. Usualmente se consideran cuencas bien drenadas con una densidad de drenaje alrededor de 3.5 km/km$^2$ y cuencas pobremente drenadas con valores alrededor de 0.5 km/km$^2$.

El consolidado de los resultados para la caracterización de la red de drenaje de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León y las Unidades Hidrográficas Nivel I se presenta a continuación en la Tabla 5.4.

**Tabla 5.4. Caracterización de la red de drenaje – Cuenca hidrográfica y las Unidades Hidrográficas Nivel I.**

| Cuenca/ Unidad Hidrográficas Nivel I | Código | Horton | Índice De Sinuosidad | Patrón De Alineamiento | Densidad de Drenaje [Km/Km$^2$] | Clasificación Según Densidad de Drenaje |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ciénaga Mallorquín y los arroyos Grande y León | 2909 | 6 | 1.49 | Canal transicional | 3.03 | Drenada |
| Plano Costero | 2909-01 | 6 | 1.14 | Canal rectilíneo | 0.64 | Drenada |
| Perdida Cantera | 2909-02 | 2 | 1.07 | Canal rectilíneo | 0.68 | Drenada |
| Cisne | 2909-03 | 2 | 1.06 | Canal rectilíneo | 0.94 | Drenada |
| Arroyo Granada | 2909-04 | 5 | 1.42 | Canal transicional | 4.12 | Bien drenada |
| Arroyo Grande | 2909-05 | 6 | 1.51 | Canal regular | 3.85 | Bien drenada |
| Arroyo León | 2909-06 | 5 | 1.17 | Canal rectilíneo | 3.04 | Drenada |
| Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | 2 | 1.06 | Canal rectilíneo | 0.39 | Pobremente drenadas |

En la Tabla 5.4, se muestra los resultados de la caracterización de la red de drenaje para la cuenca hidrográfica y las Unidades Hidrográficas Nivel I, donde se puede apreciar que las

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Unidad Hidrográficas Nivel I poseen un patrón de alineamiento tipo canal rectilíneo en su mayoría que se caracteriza normalmente por una baja actividad de ensanchamiento, y según la densidad de drenaje son clasificadas como bien drenadas y drenadas. La Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León tiene un numero de orden de Horton categorizada como de nivel 7.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 6. CLIMA

## *6.1. Recopilación de Información Secundaria*

### 6.1.1. Recopilación de datos históricos climatológicos

Para la recopilación de datos climatológicos se recurre a las entidades regionales que poseen estaciones medidoras de estos parámetros en la cuenca de estudio o en cercanía de ella, a saber:

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

La información del régimen de precipitación se recopiló a partir de estaciones meteorológicas de la zona, así mismo, para las características climatológicas más relevantes. En la Tabla 6.1 se presentan las estaciones climatológicas existentes en los municipios y cercanías de la zona de estudio, mientras que en la Figura 6.1 se presenta su ubicación. Por otro lado, en el Anexo No. 2, se presentan los datos originales descargados en el IDEAM.

**Tabla 6.1. Estaciones Climatológicas en Cercanías de la Zona de Estudio.**

| Código | Cat | Nombre | Municipio | Coordenadas Geodésicas | | Elevación (m.s.n.m) | Período de Registro | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Latitud | Long. | | | |
| 14010010 | PG | PIOJO | Piojó | -75.108 | 10.746 | 320 | 12-abr-62 | 01-Sep-24 |
| 14010100 | PM | LA PINTADA | Tubará | -74.995 | 10.955 | 200 | 1-ene-93 | 31-Jul-24 |
| 29040020 | PM | MONTEBELLO | Baranoa | -74.908 | 10.709 | 100 | 1-ene-90 | 01-Sep-24 |
| 29040070 | PM | PONEDERA | Ponedera | -74.771 | 10.642 | 8 | 01-Feb-41 | 29-Feb-24 |
| 29040080 | PM | POLONUEVO | Polonuevo | -74.858 | 10.779 | 80 | 03-Mar-59 | 29-Feb-24 |
| 29040230 | PM | PUERTO COLOMBIA | Puerto Colombia (Atlántico) | -74.970 | 10.988 | 5 | 1-ene-35 | 01-Sep-24 |
| 29040240 | PG | USIACURI | Usiacurí | -74.981 | 10.745 | 100 | 01-Feb-64 | 01-Sep-24 |
| 29045110 | CO | JUAN DE ACOSTA | Juan De Acosta | -75.046 | 10.834 | 20 | 01-Nov-63 | 30-Sep-23 |
| 29045190 | SP | AEROPUERTO E. CORTISSOZ - AUT | Soledad | -74.780 | 10.918 | 14 | 1-ene-41 | 29-Sep-19 |

DOCUMENTO NO CONTRACTUAL FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.1. Ubicación de las estaciones.**

## *6.2. Estudio de Climatología*

El clima regional de Colombia está definido por las propiedades relevantes de los valores medios de los campos, que están forzados por las condiciones de frontera de la atmósfera, de la distribución de continente–océano y las variaciones de la radiación solar sobre la superficie, en el espacio y tiempo. Estos fenómenos atmosféricos son fuertemente

influenciados por la distribución de la topografía y la vegetación en la superficie dentro del territorio colombiano (Guzmán D, 2014).

De acuerdo a la localización geográfica de la zona de estudio, ubicada en una zona de bajas latitudes al norte del Ecuador, sobre la vertiente oriental de la Cordillera Central, el clima de la región es de carácter tropical, determinado principalmente por las variaciones altimétricas, la topografía del relieve y la influencia que ejerce el movimiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ITC), la cual genera a su paso dos períodos húmedos y dos secos que se presentan intercalados a lo largo del año. Otros elementos que ejercen influencia en las características climáticas en la zona de estudio, además de la precipitación y la temperatura, son la humedad relativa, el brillo solar y la evaporación.

La caracterización de cada una de las variables climatológicas que definen el clima se realizó a nivel regional para la cuenca de estudio, con base en la información histórica a nivel mensual, para un período mayor a quince años, en este caso para el período 1990-2023, registrada en las estaciones climatológicas, ya sea principales, ordinarias, pluviográficas o pluviométricas localizadas en la cuenca y en su área de influencia, operadas por el IDEAM.

Como se mencionó anteriormente, la información climatológica se recopiló en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM; y está referida a los datos de los siguientes parámetros: precipitación total, precipitación máxima en 24 horas y temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa, brillo solar y evaporación. Los registros de las estaciones utilizadas para estos estudios se muestran en el Anexo No. 2.

### 6.2.1. Análisis de la información disponible

La red hidrometeorológica utilizada para el análisis se conforma a partir de las estaciones administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Ninguna estación se encuentra dentro del área de estudio correspondiente a la Ciénaga de Mallorquín, por lo que se emplearon estaciones localizadas en su entorno inmediato. Estas estaciones aportan información de precipitación y de otras variables climáticas requeridas para la caracterización climática. La Figura 6.1 presenta su ubicación y distribución espacial respecto a la ciénaga y a los arroyos Grande y León, lo que permite contar con una base de información adecuada para el desarrollo del POMCA.

#### 6.2.1.1. *Selección periodo de registro*

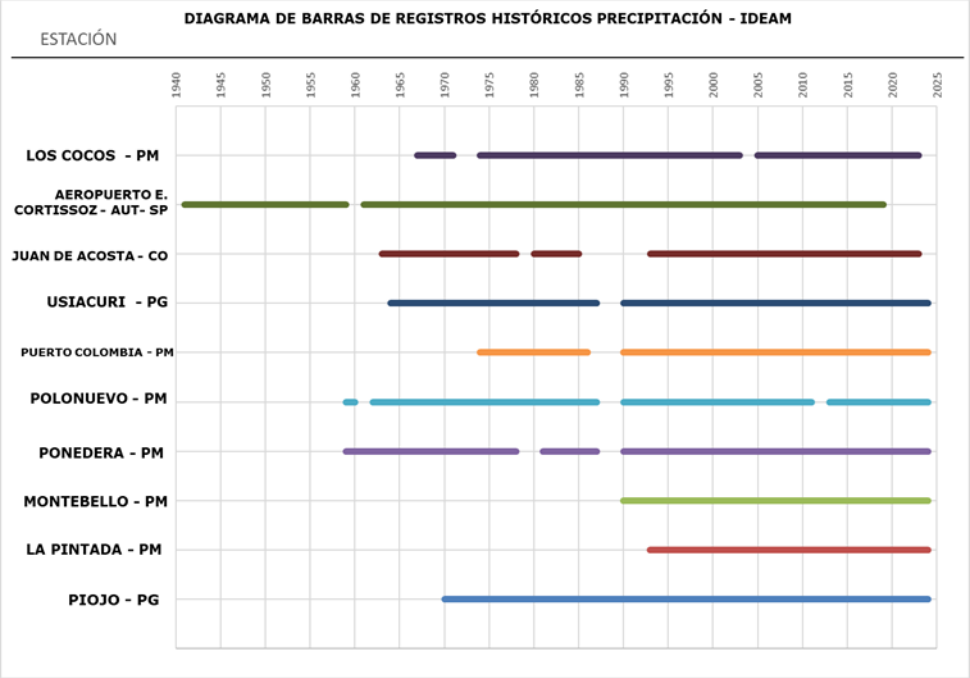
Se seleccionó un periodo de registro de 30 años, tomando los valores de precipitación desde enero 1 del 1993 hasta el 31 de diciembre de 2023, con el fin de tomar años completos, y mediante un gráfico de barras por cada entidad, junto el periodo de registro mencionado, y contabilizando los datos a nivel mensual de cada estación, dentro de la selección de estaciones se descartaron con anterioridad estaciones suspendidas, encontrando un total de

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

16 estaciones, las cuales tienen menos del del 20% de datos faltantes dentro del periodo de registro seleccionado. En la Figura 6.2 a la Figura 6.6, se presentan los diagramas de barras para cada variable climática. Lo anterior también se incluye en el Anexo No. 3.

Para los datos de las demás variables climáticas se seleccionaron los periodos de registro de cada una de ellas debido a la escasez de información existente de las estaciones de brillo solar, evaporación y humedad relativa, por lo tanto, se contabilizo los datos a nivel mensual de cada estación.

**Figura 6.2. Diagramas de Barras de Registros Históricos de la Precipitación.**




DOCUMENTO

**Figura 6.3. Diagramas de Barras de Registros Históricos Temperatura.**

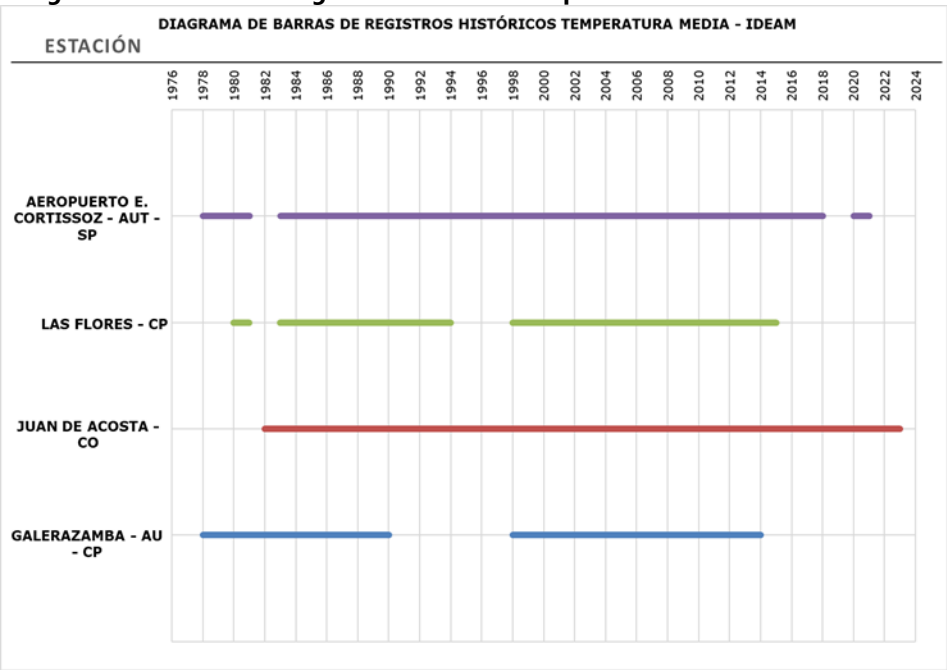



**Figura 6.4. Diagramas de Barras de Registros Históricos Brillo Solar.**

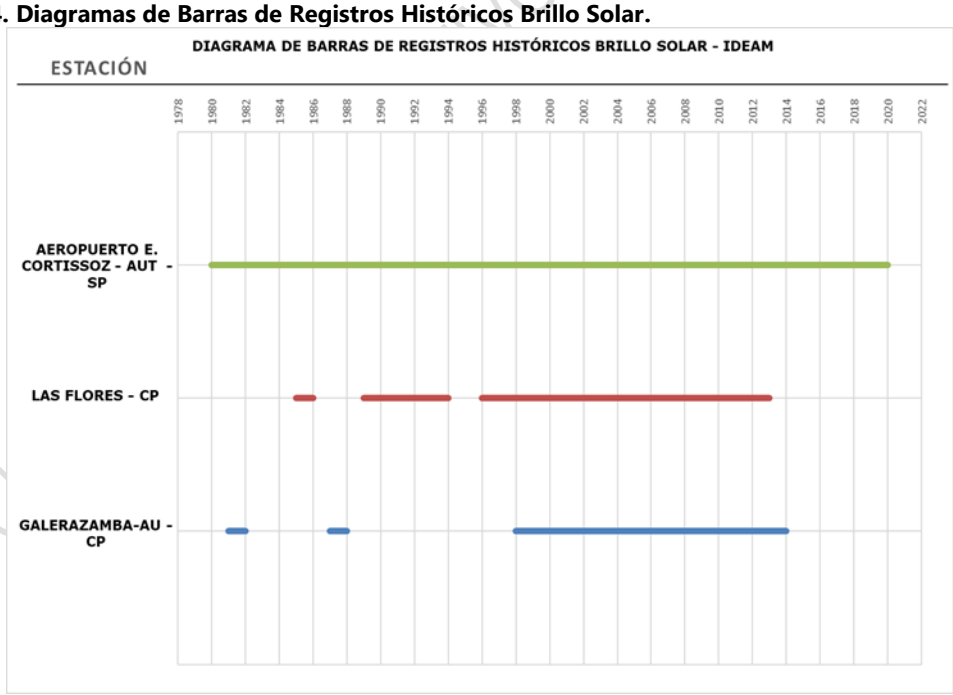
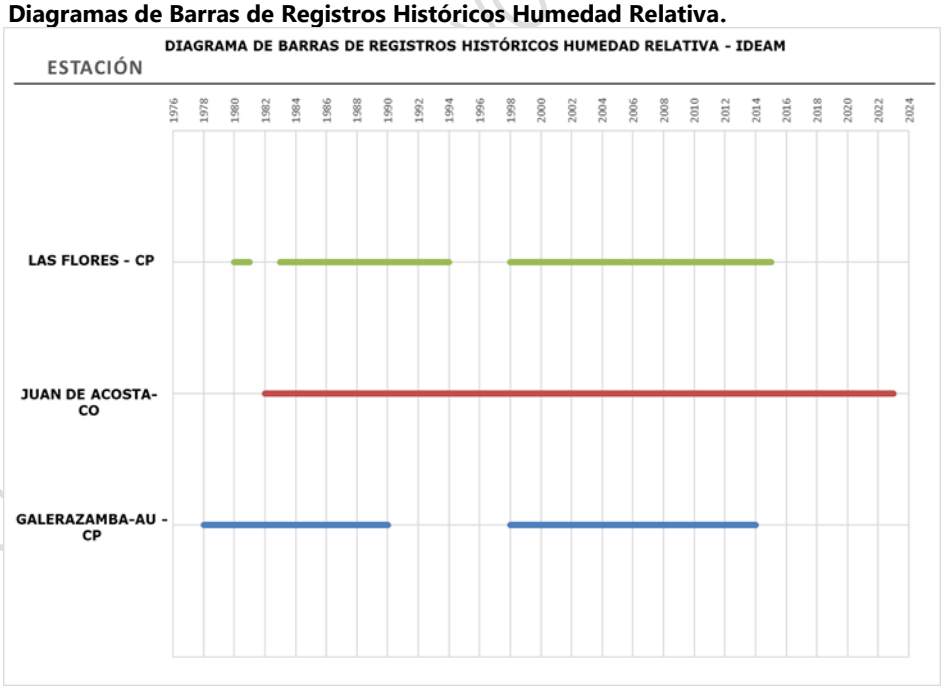


**Figura 6.5. Diagramas de Barras de Registros Históricos Evaporación.**

**Figura 6.6. Diagramas de Barras de Registros Históricos Humedad Relativa.**



#### 6.2.1.2. *Complementación de datos*

Los datos de precipitación total a nivel diario fueron completados teniendo en cuenta el promedio de los datos obtenidos en las estaciones más cercanas, del día faltante. Por ejemplo, sin en la estación "X" falta el dato del día 01/01/2000, este dato fue completado con el promedio de los datos obtenidos de las estaciones cercanas (A, B, C …) de ese mismo día.

Otra forma de complementar los datos es utilizando gráficos que correlacionen una estación "X" vs una estación "Y", sin embargo, al tratarse de datos de precipitación a nivel diario, estos presentan una gran dispersión, obteniendo valores de $R^2$ por el orden de 0.3. Por lo anterior se completaron los datos utilizando los promedios de las estaciones cercanas.

En el Anexo No. 4, se muestra la complementación datos para las variables climáticas como precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación y brillo solar.

#### 6.2.1.3. *Análisis de consistencia*

Se realizó el análisis de consistencia mediante diagramas de dobles masas, de los datos completos de precipitación total, con el fin de observar si había alguna anomalía en las mediciones de las estaciones, teniendo en cuenta el periodo de registro seleccionado (1986-2023).

De acuerdo con las referencias bibliográficas (2 y 3), el método consiste en construir una curva doble acumulativa, en la cual son relacionados los totales mensuales o anuales acumulados de precipitación de un determinado lugar y la media acumulada de los mismos parámetros para las estaciones cercanas o de la misma región. En un análisis de dobles masas, la pendiente de la recta que resulta debe ser igual para todo el periodo de registro analizado. En caso contrario, existen problemas en la toma de datos de la estación que se está analizando, ya sea por alguna anormalidad en la estación durante algún periodo, tal como el cambio de lugar, cambio de las condiciones del aparato registrador, o modificaciones en su método de construcción. A continuación, en la Figura 6.7 a la Figura 6.12 se presentan unos ejemplos del análisis de dobles masas. En el Anexo No. 5 se presenta el análisis para todas las estaciones.

El análisis de consistencia para las demás variables se materializa a partir de la utilización del método gráfico de la Curva de masas simple, donde se acumulan los valores registrados en cada una de las estaciones a escala anual con el fin de identificar cambios en la pendiente durante el tiempo, construyendo dicha grafica al definir la serie acumulada $S_t$.

$$S_t = \sum_{i=1}^{t} X_t \;\; Para\; t = 1\,, 2 \ldots N$$

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.7. Análisis de Dobles Masas estación La Pintada (Precipitación).**

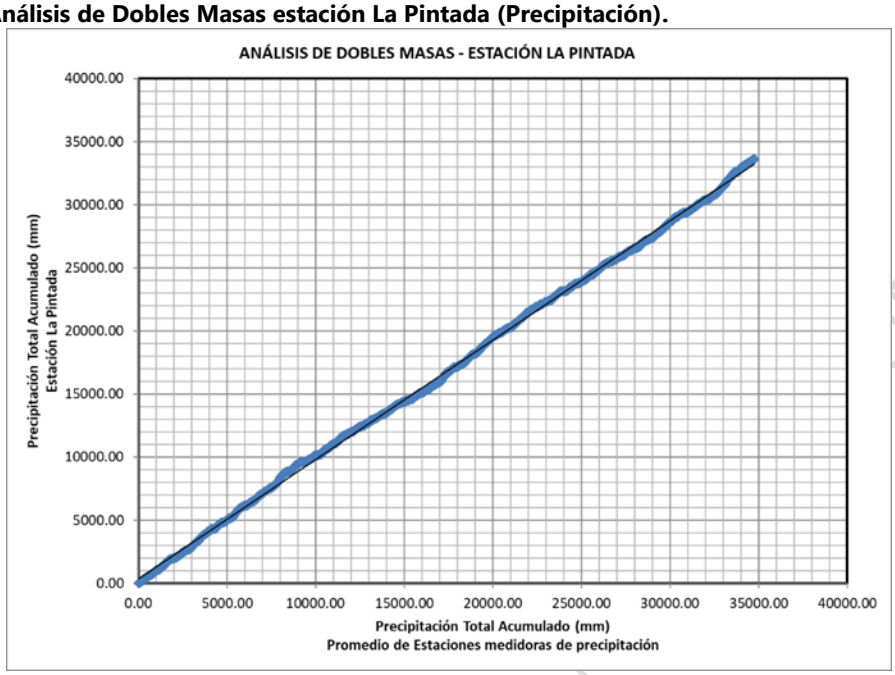



**Figura 6.8. Análisis de Dobles Masas estación Polonuevo (Precipitación).**

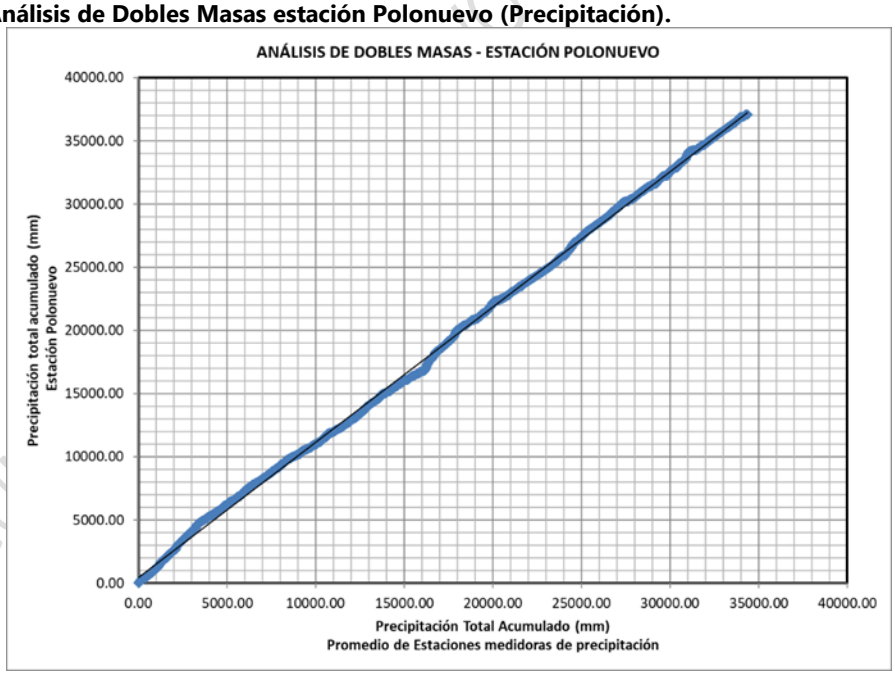


**Figura 6.9. Análisis de masa simple estación Galerazamba - Au (Temperatura).**

**Figura 6.10. Análisis de masa simple estación Galerazamba - Au (Brillo Solar).**

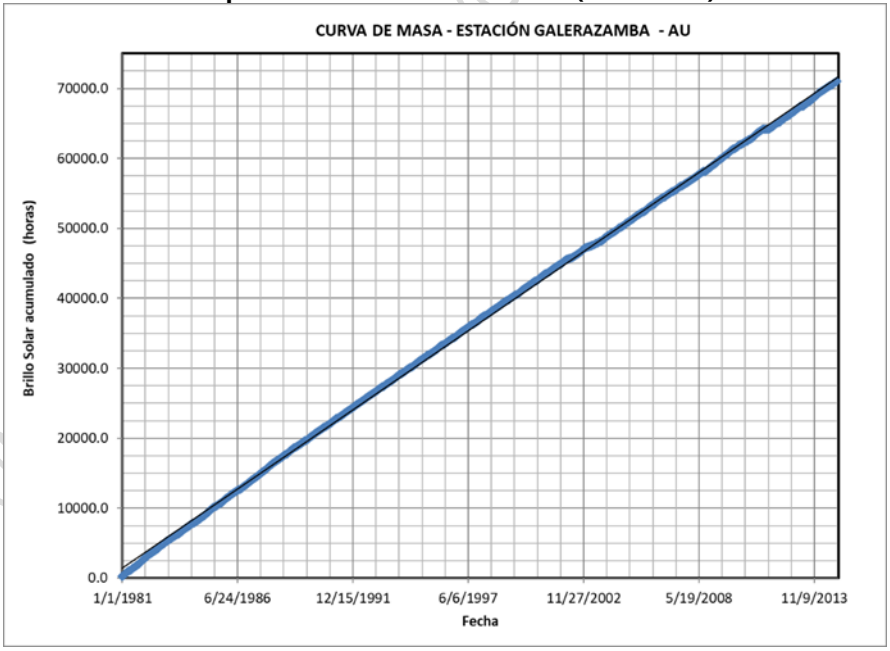


**Figura 6.11. Análisis de masa simple estación Galerazamba - Au (Evaporación).**

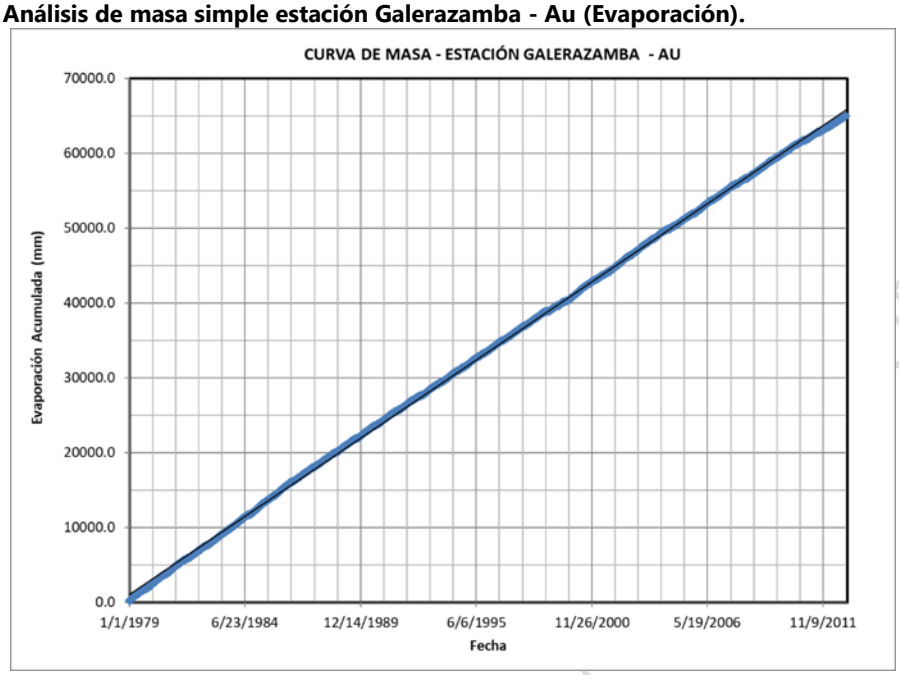
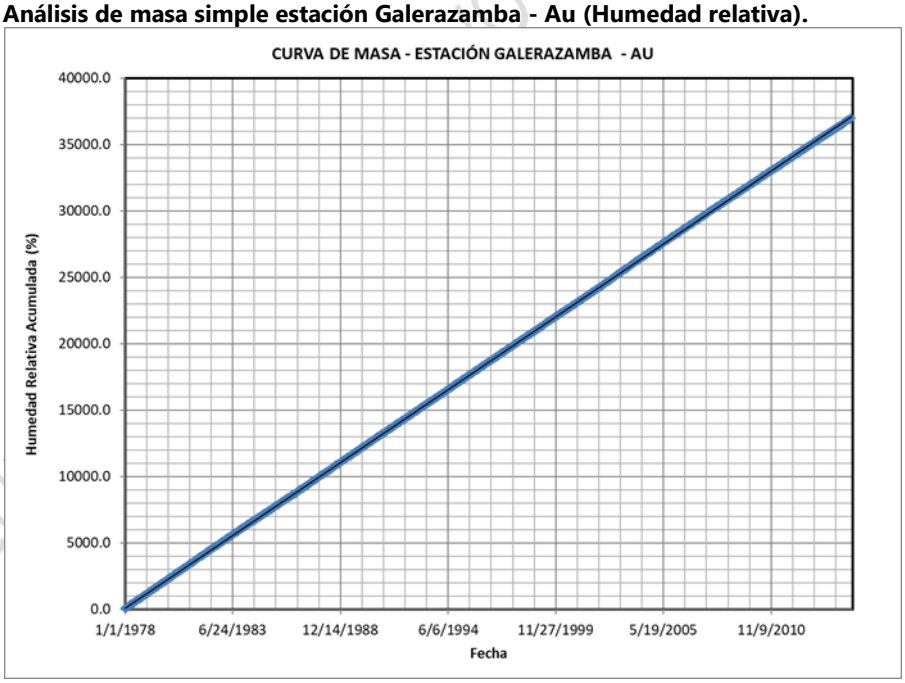



**Figura 6.12. Análisis de masa simple estación Galerazamba - Au (Humedad relativa).**



#### 6.2.1.4. *Análisis de homogeneidad conducente*

El análisis de homogeneidad conducente se realiza con la finalidad de determinar si las series de datos presentan cambios de su comportamiento a lo largo del tiempo, mediante la prueba de Mann-Kendall.

La prueba de Mann – Kendall es un test **no paramétrico** comúnmente adoptado para evaluar la tendencia de series climatológicas. En esta prueba se considera que los datos que componen la serie son variables aleatorias, independientes e igualmente distribuidas, y en caso de que esta hipótesis se rechace, la serie conservaría una tendencia creciente o decreciente monótona, sin valores máximos ni mínimos.

Para la aplicación de esta prueba se determina el valor Z crítico y Z calculado para un porcentaje de confiabilidad del 95% o nivel de significancia del 5%.

El criterio de aceptación se basa en comparar el valor Z calculado del test Mann – Kendall con respecto a Z crítico o tabulado de la distribución normal de dos colas. Sí el valor absoluto de Z calculado es mayor que el valor tabulado de Z_(1-α) la hipótesis nula (Ho) se rechaza y la serie presentaría tendencia creciente o decreciente monótona. Si por el contario |Z| calculado es menor que Z_(1-α) la hipótesis nula se acepta y los valores se consideran independientes, aleatorios e igualmente distribuidos.

Dentro del rango de aceptación se puede clasificar la tendencia de los registros aceptados de acuerdo con el signo que acompaña al valor Z calculado. Si el signo es positivo, se concluye que la serie sigue una tendencia no significativa creciente, por otra parte, si este es negativo se afirma que la serie sigue una tendencia no significativa decreciente.

En el Anexo No. 6, se presentan los resultados para cada una de las estaciones seleccionadas. En tales resultados se puede corroborar que algunas de las estaciones presentan datos con tendencias, por lo cual dichos datos deben ser corregidos para su utilización en el presente estudio.

#### 6.2.1.5. *Corrección de datos*

De acuerdo con la referencia bibliográfica (3), en caso de presentarse cambio de pendiente es necesario reestablecer la homogeneidad bajo las condiciones del tramo más confiable, que generalmente es el primero, y realizar el ajuste con base en la relación de las pendientes de los dos segmentos de la curva de dobles masas.

La relación proporciona una constante K, que multiplicada por los valores inconsistentes de la estación analizada X, permite el ajuste de la serie.

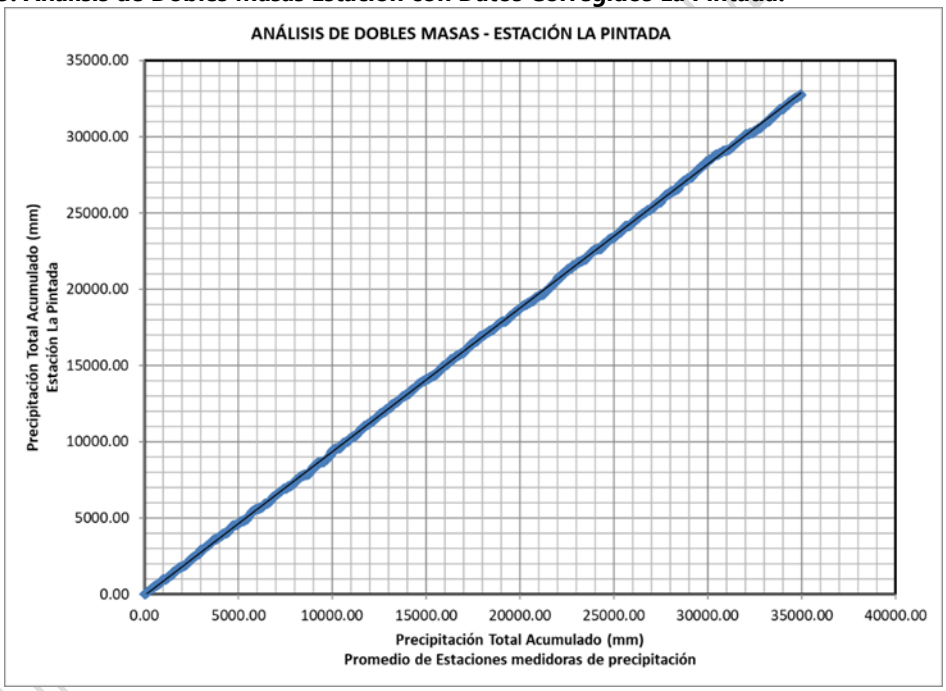
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

$$P_a = K * P_o = \frac{M_a}{M_o} P_o$$

Donde:
$P_a$: Precipitación ajustada.
$P_o$: Datos de precipitación observados que deben ser corregidos.
K: Constante igual a la relación de las pendientes de cada recta.
$M_a$: Pendiente de la recta durante el periodo de la toma de datos.
$M_o$: Pendiente de la recta en el periodo que se hicieron las observaciones.

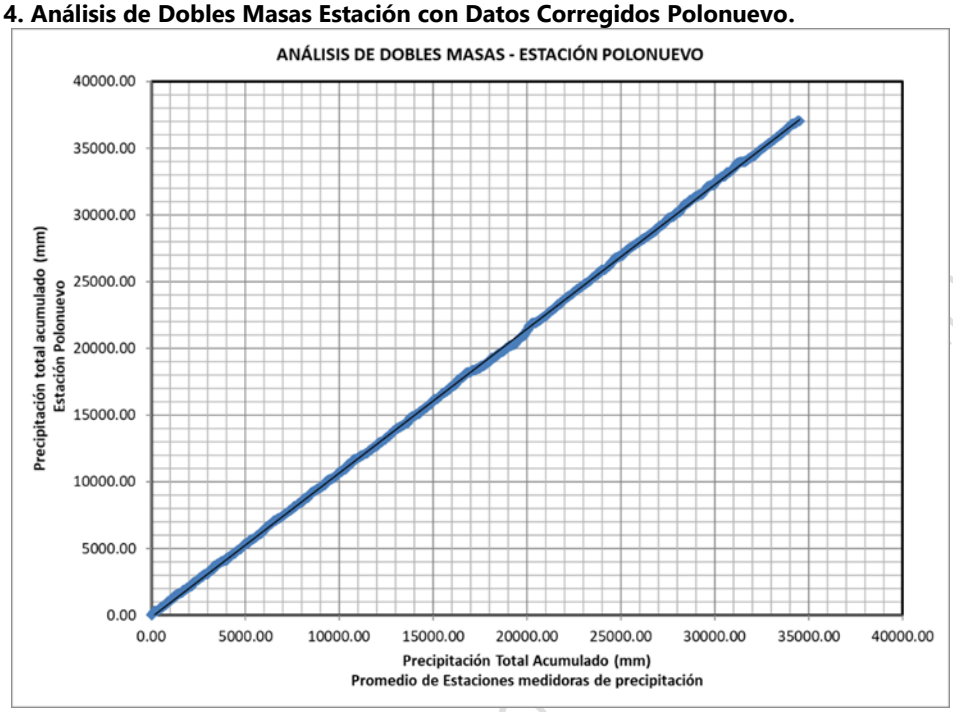
En la Figura 6.13 y la Figura 6.14 se muestran un ejemplo de dos estaciones con datos corregidos, y en el Anexo No. 7 se incluyen los datos corregidos para las 16 estaciones.

**Figura 6.13. Análisis de Dobles Masas Estación con Datos Corregidos La Pintada.**




DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

**Figura 6.14. Análisis de Dobles Masas Estación con Datos Corregidos Polonuevo.**




De esta forma se garantiza que los datos utilizados en el estudio sean homogéneos y libres de tendencias.

### 6.2.1.6. *Análisis de datos atípicos*

El análisis de datos anómalos se realizó mediante diagramas de cajas y bigotes a nivel mensual para cada una de las estaciones seleccionadas y teniendo en cuenta los datos finales (corregidos) presentados en el Anexo No. 7.

Los diagramas de cajas y bigotes permiten identificar visualmente grupos de datos numéricos a través de sus cuartiles. Las líneas paralelas a las cajas se conocen como bigotes y representan la variabilidad fuera de los cuartiles superior e inferior, de esta forma los valores anómalos o atípicos se representan mediante puntos que sobrepasan los bigotes ya sea por encima o por debajo.

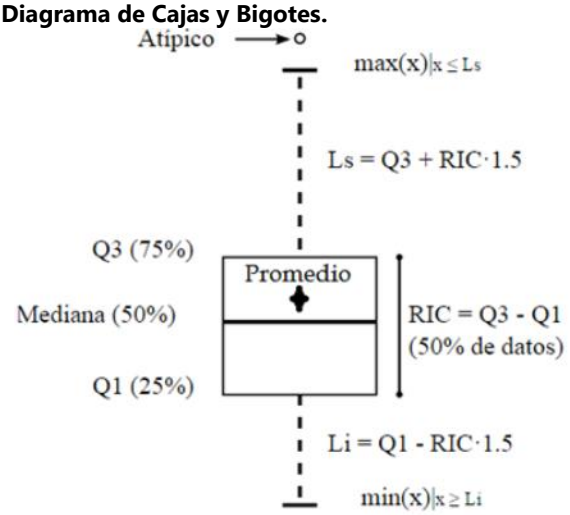
Los diagramas de cajas y bigotes tienen la siguiente estructura:

La identificación de los datos anómalos no significa necesariamente la exclusión de estos, ya que los datos de precipitación cuentan con eventos de lluvias máximas, los cuales ocurren esporádicamente, y teniendo en cuenta que el estudio busca la estimación de crecientes, es necesario mantener los valores de precipitación máxima ocurridos, corroborando que estos

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

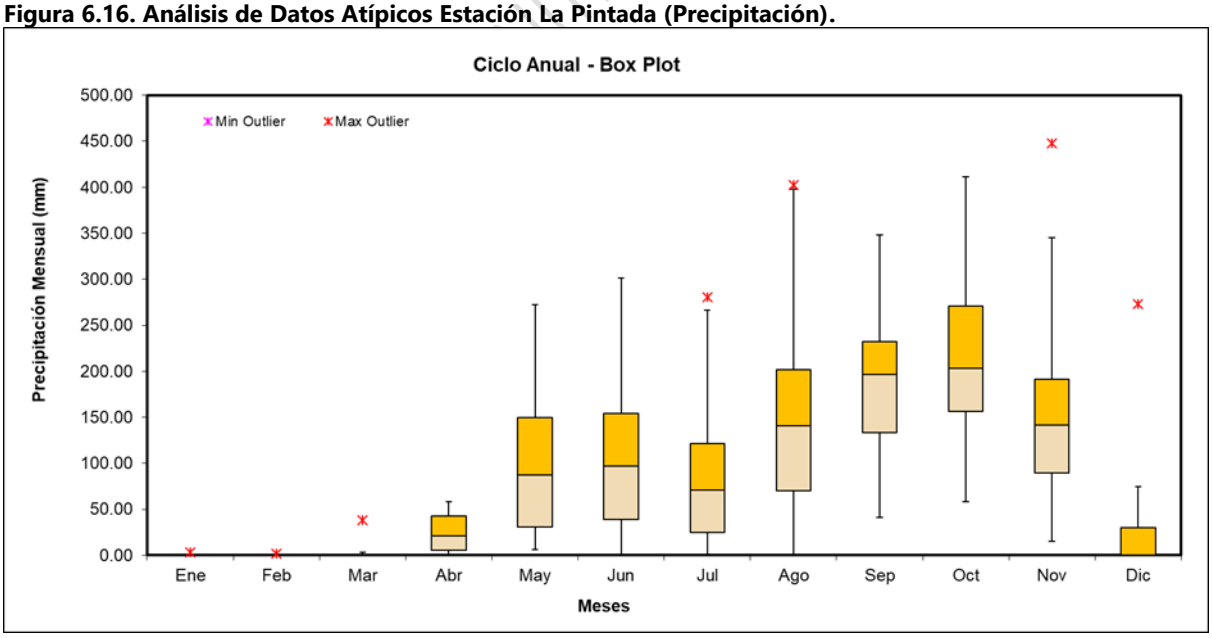
se hayan presentado en temporadas lluviosas. De acuerdo con lo anterior se realizó el análisis de datos anómalos para precipitación total. En el Anexo No. 8, se presentan los diagramas para todas las estaciones y en la Figura 6.16 se presenta un ejemplo para la estación La Pintada.

**Figura 6.15. Estructura de Diagrama de Cajas y Bigotes.**




Fuente: Referencia Bibliográfica (3).

**Figura 6.16. Análisis de Datos Atípicos Estación La Pintada (Precipitación).**




PUBLICIDAD

**Figura 6.17. Análisis de Datos Atípicos Estación Polonuevo (Precipitación).**

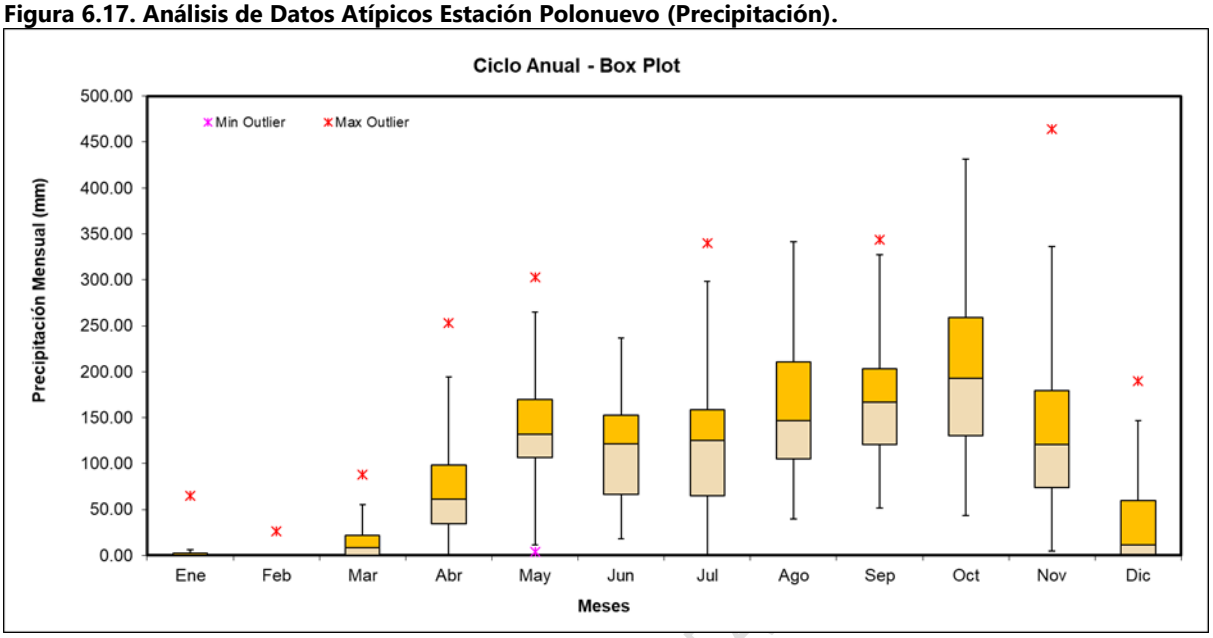



**Figura 6.18. Análisis de Datos Atípicos Estación Galerazamba – Au (Temperatura).**

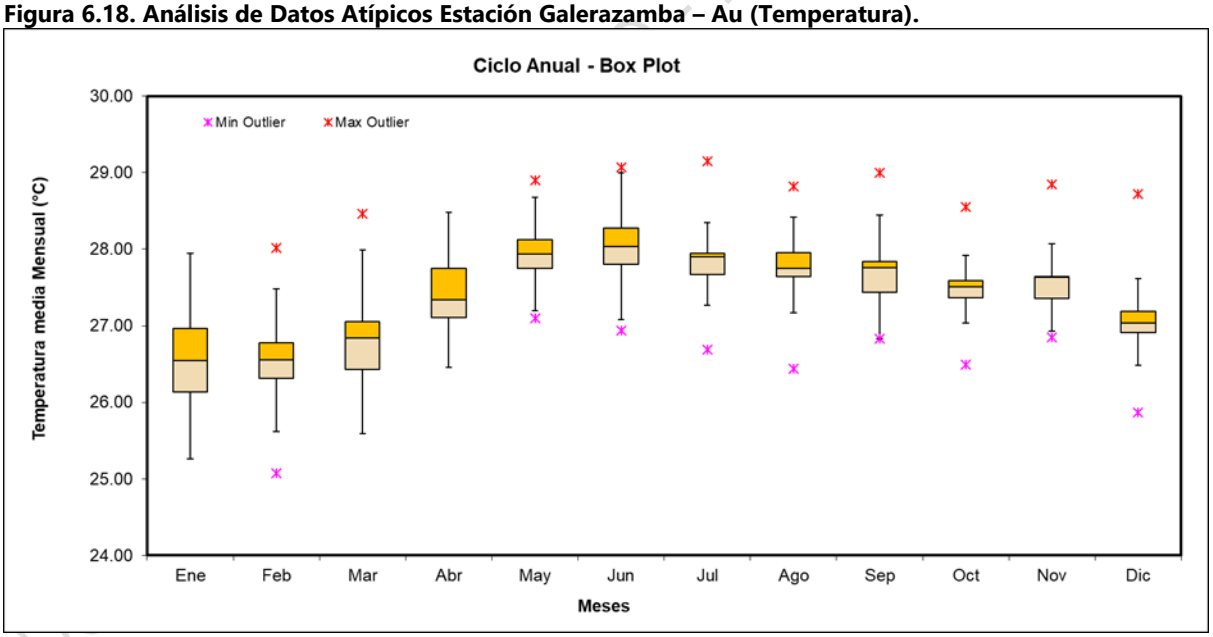


**Figura 6.19. Análisis de Datos Atípicos Estación Galerazamba – Au (Brillo Solar).**

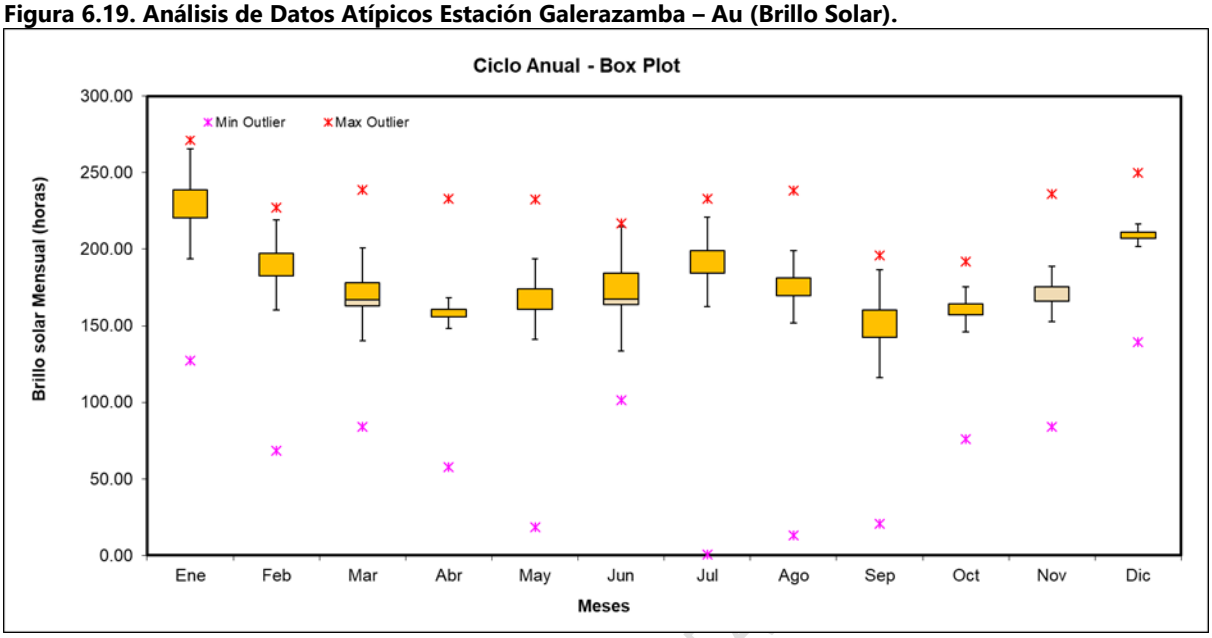



**Figura 6.20. Análisis de Datos Atípicos Estación Galerazamba – Au (Evaporación).**

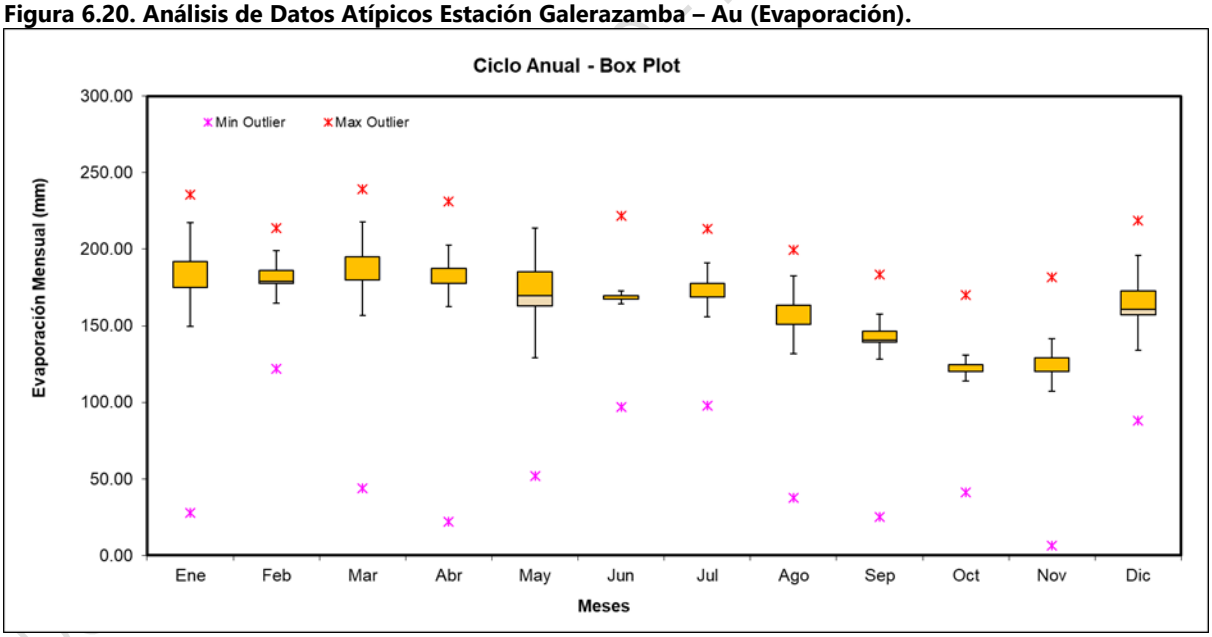
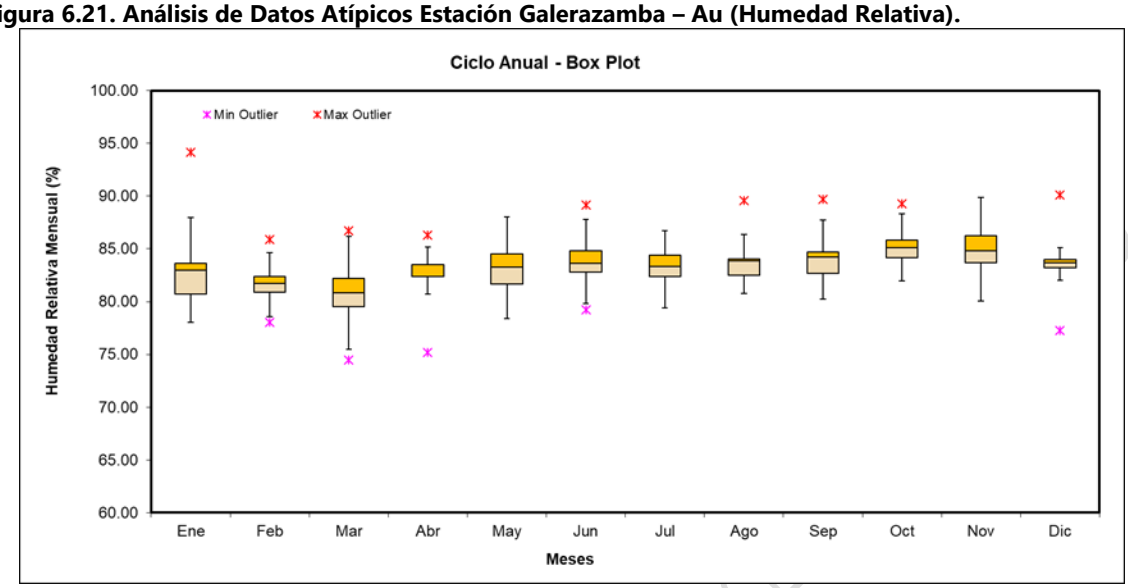


**Figura 6.21. Análisis de Datos Atípicos Estación Galerazamba – Au (Humedad Relativa).**




### 6.2.1.7. *Análisis de variabilidad climática intra e interanual*

Con el fin de determinar la variabilidad climática intra e interanual de las series de precipitación, como principal indicador del comportamiento del clima en la cuenca y la influencia de fenómenos macroclimáticos como el fenómeno ENSO (El Niño, La Niña - Oscilación del Sur), se realiza un análisis con respecto al comportamiento del ONI desarrollado por la NOAA para caracterizar el comportamiento del ENSO. Se observa la dinámica de la serie frente a la presencia de eventos El Niño y La Niña, mediante el análisis de las series de tiempo, que permite detectar, a través de los años, importantes fluctuaciones en el comportamiento de las temporadas secas o lluviosas, donde la media en la serie de precipitación disminuye en períodos con influencia del primero y aumenta para el segundo.

El ENSO es el evento climático natural de escala global que mayor influencia tiene sobre la hidroclimatología de Colombia, que es la causa de la mayor señal de la variabilidad climática en la zona tropical desde la escala mensual hasta la interanual. El ENSO se genera debido a la interacción entre el océano y la atmósfera en la región del Océano Pacífico tropical, originando sus distintas fases.

El Fenómeno de El Niño es la fase cálida de la fase extrema del ciclo ENOS en la que las temperaturas de la superficie del mar aumentan durante varios meses, particularmente en el Océano Pacífico tropical central y oriental hasta la costa norte de Perú, Ecuador y el sur de Colombia, lo que altera la circulación del viento, la presión atmosférica superficial y la precipitación en el Océano Pacífico, en contraste, La Niña es la fase fría de ENSO (Poveda & Jaramillo, 2000).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE

Las características y efectos sobre la hidroclimatología de la fase fría del ENSO (La Niña) son opuestas a las del El Niño. Este fenómeno tiene un comportamiento cuasi-periódico con una recurrencia en promedio de cuatro años, pero que varía entre dos y siete años. El origen y la dinámica del ENSO está relacionado con las ondas Kelvin y Rossby en el mar y con la interacción océano-atmósfera a través de la convección profunda ligada a las áreas de mayor temperatura superficial.

#### 6.2.1.8. *Análisis de variabilidad interanual de la precipitación*

Con el propósito de asociar los procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala específicamente el fenómeno ENSO con la variabilidad interanual de la precipitación en las subcuencas de la zona de estudio, se selecciona el Índice Oceánico del Niño – ONI, el cual permite caracterizar dichos procesos y determinar el grado de asociación. En desarrollo del análisis dicho índice se denomina variable independiente o explicativa, mientras que la precipitación es la variable dependiente, explicada o de impacto.

##### 6.2.1.8.1. *ONI – Índice Oceánico de El Niño*

La National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA, desarrolla un índice oceánico denominado ONI, el cual es calculado como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en la Región Niño 3-4. De acuerdo con este índice, en condiciones El Niño, el ONI debe ser mayor o igual a +0.5 °C y para La Niña debe ser menor o igual que -0.5 °C. Para clasificar un período determinado como El Niño o La Niña, estos umbrales deben ser excedidos por un período de al menos cinco meses consecutivos. Los valores del ONI a nivel mensual fueron obtenidos a partir de las series disponibles en la página oficial de la NOAA (www.cdc.noaa.gov/data/climateindices/).

Para el estudio de la variabilidad climática en el área de influencia, se consideran las fases del ENSO según Índice Oceánico de El Niño (Oceanic Niño Index ONI), presentado por la National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA, de los Estados Unidos, desde el año 1950 hasta el año 2024, cuyos valores se grafican en la Figura 6.22 y la Figura 6.23 para las estaciones La Pintada y Polonuevo, además en la Figura 6.24 a la Figura 6.25, se puede apreciar por condición hidrológica según la clasificación del ONI, en la cual los segmentos en rojo indican los eventos El Niño y los segmentos los azules corresponden a eventos La Niña, para las demás estaciones que se relacionan en la Tabla 6.1, se pueden consultar en el Anexo No. 9.

En la Figura 6.22 y la Figura 6.23, se presenta la comparación de la serie de precipitación para las estaciones meteorológicas antes mencionadas con respecto al comportamiento del ONI. Se observa la dinámica de la serie frente a la presencia de eventos El Niño y La Niña, mediante el análisis de las series de tiempo, que permite detectar, a través de los años,

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

importantes fluctuaciones en el comportamiento de las temporadas secas o lluviosas, donde la media en la serie de precipitación disminuye en períodos con influencia del primero y aumenta para el segundo.

**Figura 6.22. Comportamiento precipitación frente a fenómeno ENSO - Estación La Pintada.**

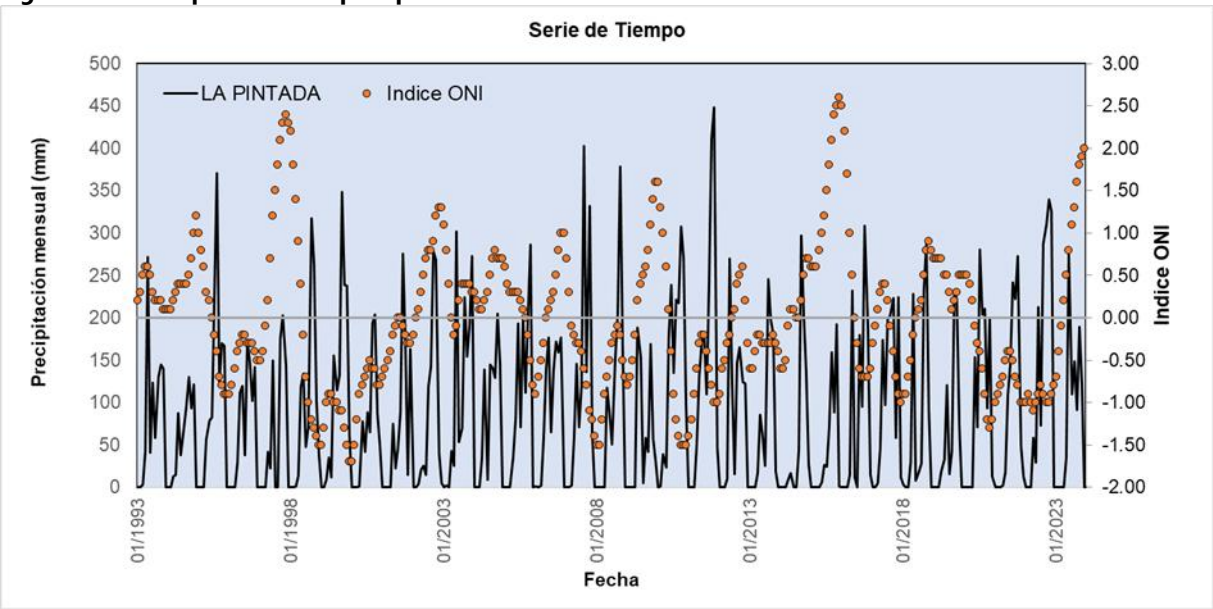
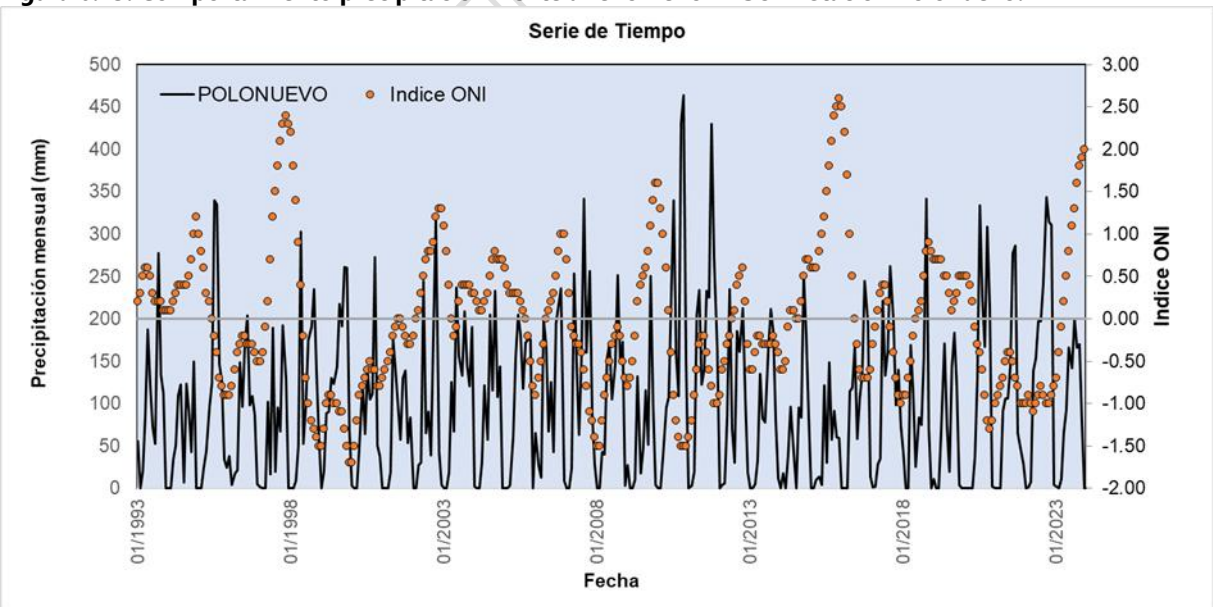



**Figura 6.23. Comportamiento precipitación frente a fenómeno ENSO - Estación Polonuevo.**



En la Figura 6.24 a la Figura 6.25, se muestra el comportamiento del ciclo anual de la precipitación para períodos El Niño, La Niña y Neutro de dos estaciones de lluvias cercanas a la zona de estudio, donde se puede observar un periodo de muchas lluvias definido por los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre; un periodo seco en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo y finalmente, un periodo de transición que se presenta en los meses de abril, mayo y junio. Teniendo en cuenta que la precipitación anual para las estaciones es muy diferente, el comportamiento modal es común a ellas. Para las demás estaciones se puede consultar el Anexo No. 9.

**Figura 6.24. Ciclo anual de la precipitación - Estación La Pintada.**

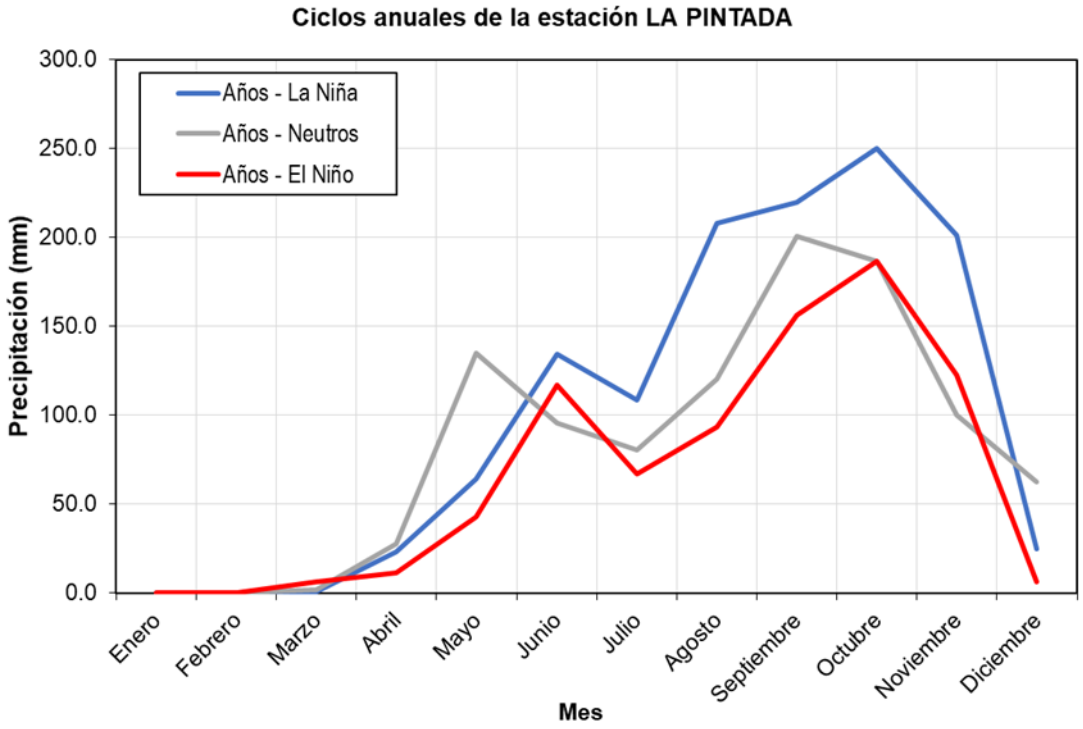
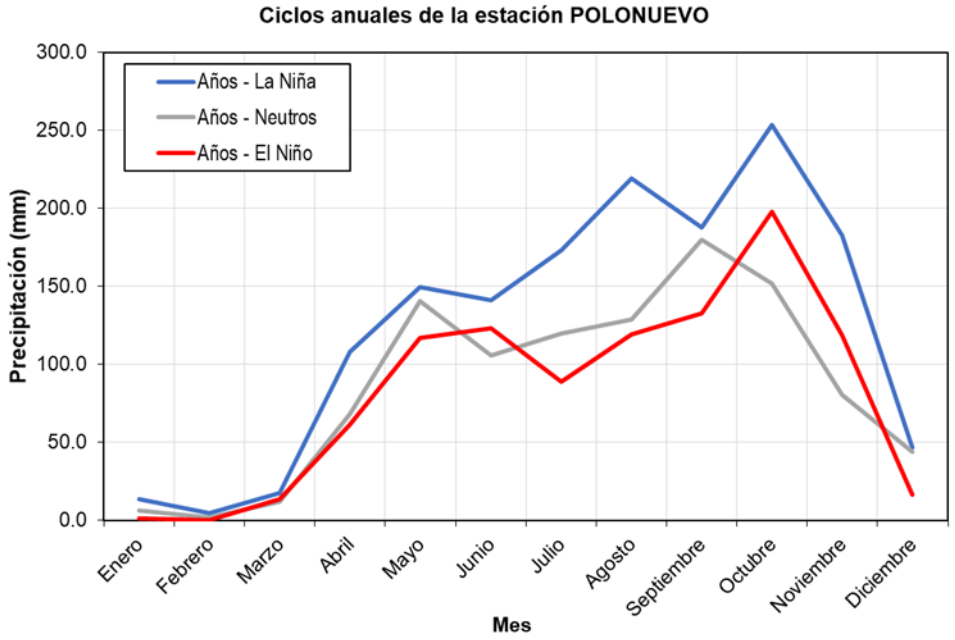


**Figura 6.25. Ciclo anual de la precipitación - Estación Polonuevo.**



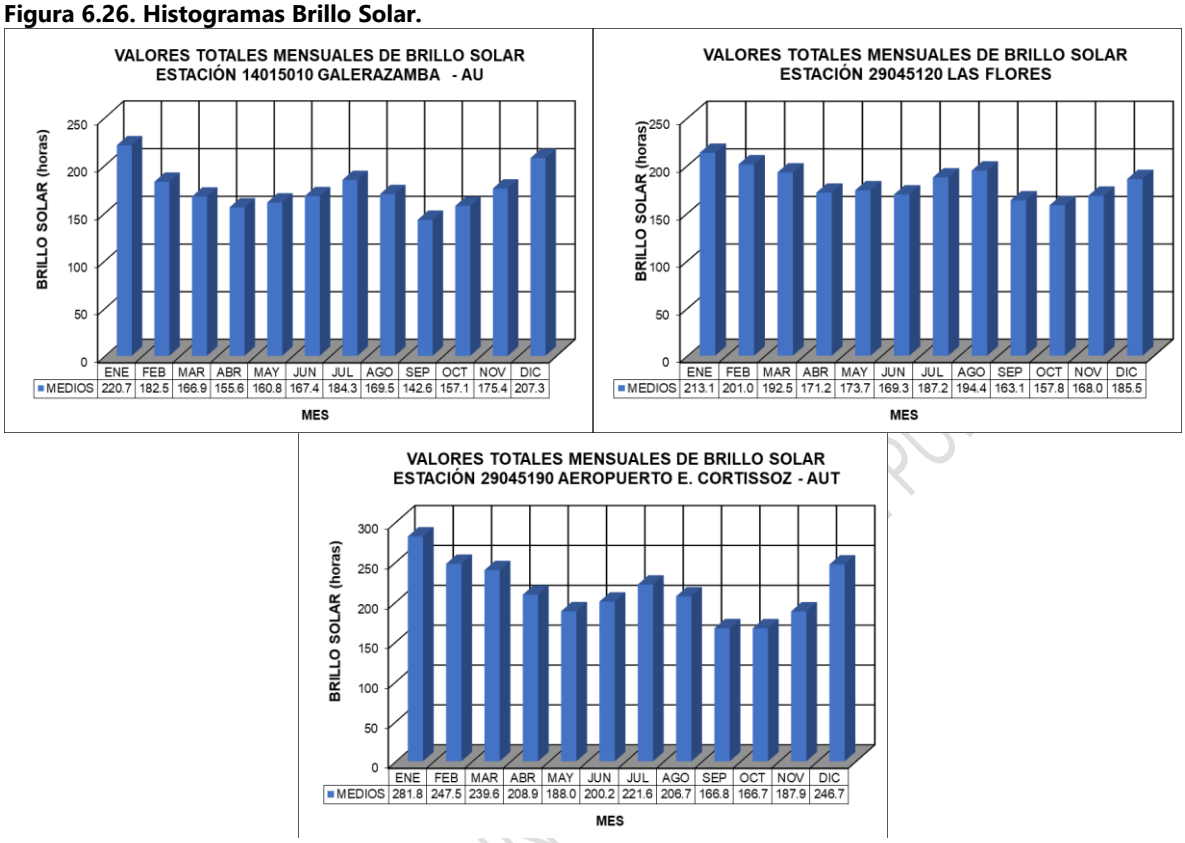

### 6.2.1.9. *Análisis espacio temporal de brillo solar, humedad relativa y evaporación*

#### 6.2.1.9.1. *Brillo solar*

El brillo solar corresponde a las horas de sol efectivo durante el día, asociadas al tiempo en el que la superficie del suelo recibe radiación solar directa; a escala mensual se obtiene sumando el brillo diario de todos los días del mes y a escala anual mediante la sumatoria de todos los meses del año (IDEAM, 2020). En la Figura 6.26 de histogramas de brillo solar se presenta la distribución temporal del brillo para las estaciones más cercanas al área de estudio, Galerazamba, Las Flores y Aeropuerto Ernesto Cortissoz, las cuales rodean la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León y se toman como referencia por la ausencia de estaciones al interior de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 6.26. Histogramas Brillo Solar.**



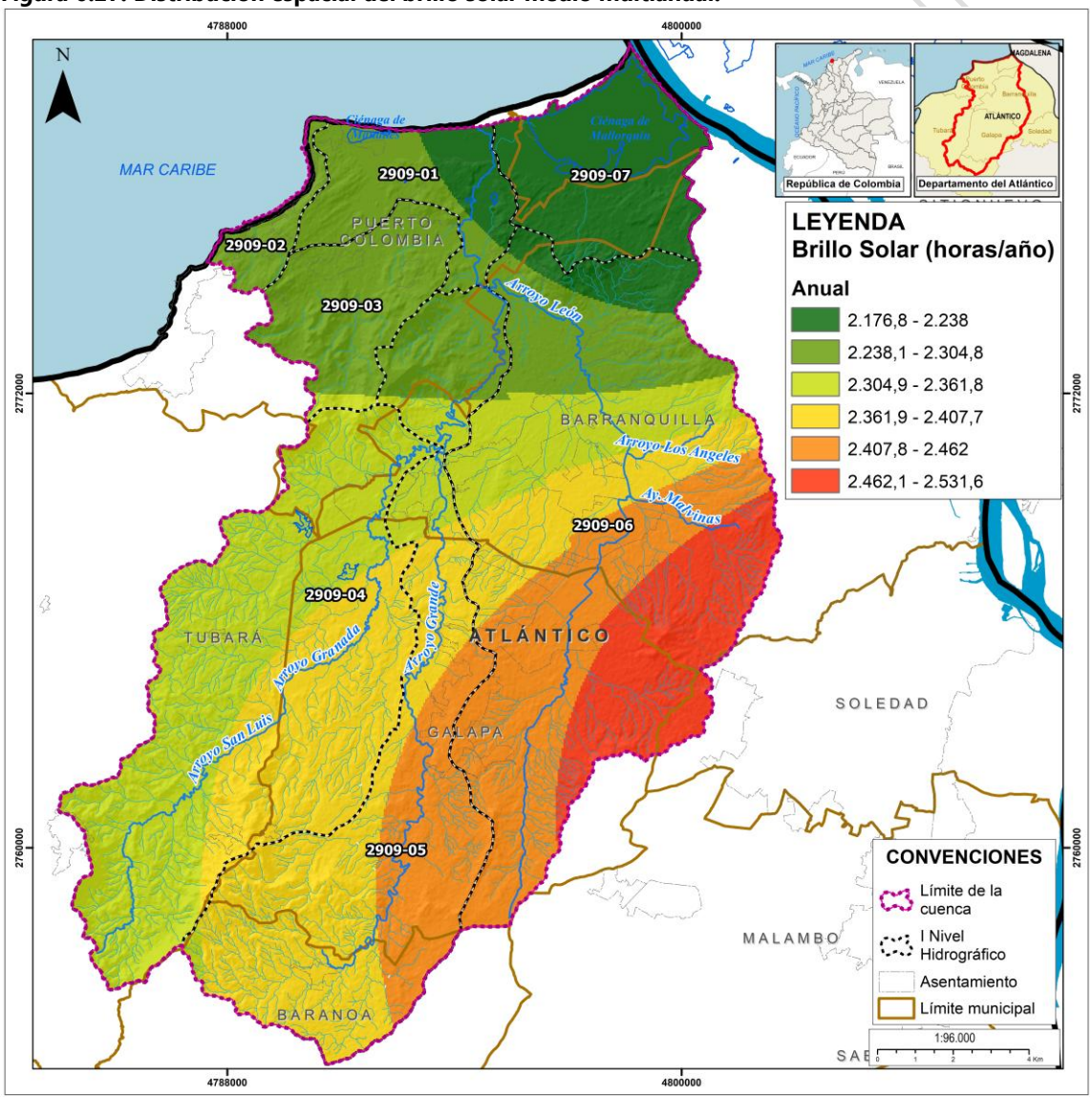

En estas series se observan valores mensuales que van aproximadamente desde 142.6 horas sol/mes en septiembre hasta 281.8 horas sol/mes en enero, con un comportamiento coherente entre estaciones. Los meses con mayor brillo solar son enero, febrero, marzo, julio y diciembre, destacándose especialmente enero y diciembre con valores medios cercanos o superiores a 220 horas sol/mes en Galerazamba y Las Flores, y con máximos cercanos a 250 a 280 horas sol/mes en el Aeropuerto Ernesto Cortissoz.

Los meses con menor brillo solar se concentran en el periodo lluvioso de abril, mayo, septiembre y octubre, con valores que descienden en las estaciones costeras a rangos entre 155 y 180 horas sol/mes, lo que refleja un aumento de nubosidad y cobertura de nubes bajas sobre la franja litoral. Para el conjunto de la zona de estudio, la información disponible indica que el brillo solar mensual típico se ubica en el rango aproximado de 160 a 220 horas sol/mes, lo que se traduce en valores anuales del orden de 2300 a 2450 horas sol/año y en promedios de alrededor de 6 a 7 horas sol/día, condiciones que representan una alta disponibilidad de energía solar para los procesos atmosféricos y de superficie.

DOCUMENTO NO DEFIN... PU...

Esto incluye la evaporación de la lámina de agua de la Ciénaga de Mallorquín y la regulación térmica de los arroyos Grande y León. En la Figura 6.27 del brillo solar medio multianual se aprecia la distribución espacial de esta variable sobre la cuenca costera, donde se identifica un gradiente oeste–este con incrementos hacia el sector oriental del departamento del Atlántico. La Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se localizan en una franja intermedia alta, con clases de brillo solar multianual entre aproximadamente 2361.9 y 2462 horas sol/año, superiores a las observadas en los sectores más occidentales y ligeramente inferiores a las máximas del borde oriental.

**Figura 6.27. Distribución espacial del brillo solar medio multianual.**



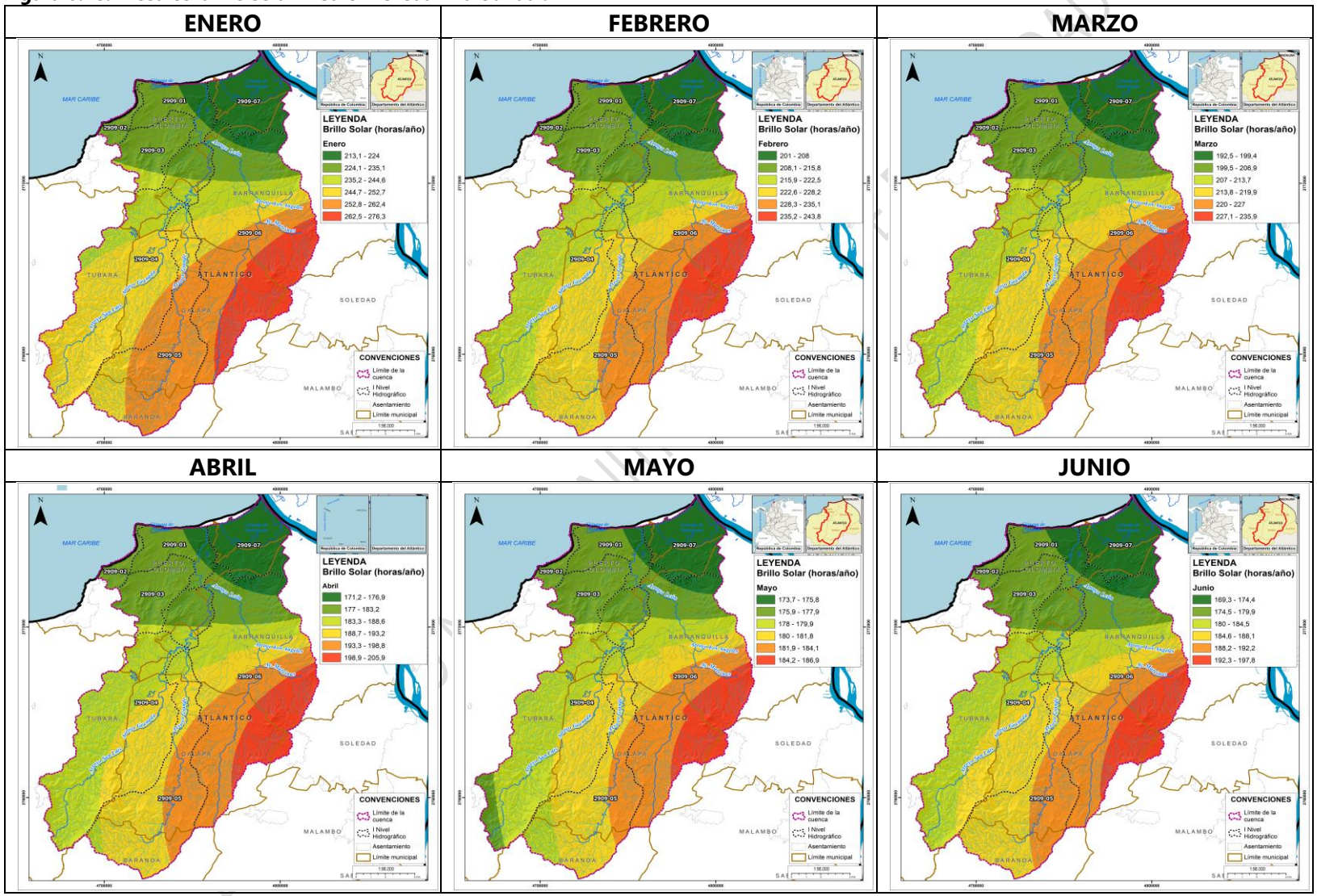
La Figura 6.28 correspondiente a los promedios multianuales mensuales de enero a diciembre muestran que este patrón se mantiene durante el año, con una mayor concentración de brillo solar sobre la zona de estudio en los meses secos de enero, febrero, marzo, julio, agosto y diciembre, donde predominan clases de 213.1 a 276.3 horas sol/mes en enero, de 201 a 243.8 horas sol/mes en febrero, de 192.5 a 235.9 horas sol/mes en marzo, de 187.2 a 218.8 horas sol/mes en julio, de 194 a 205.7 horas sol/mes en agosto y de 185.5 a 241.8 horas sol/mes en diciembre.

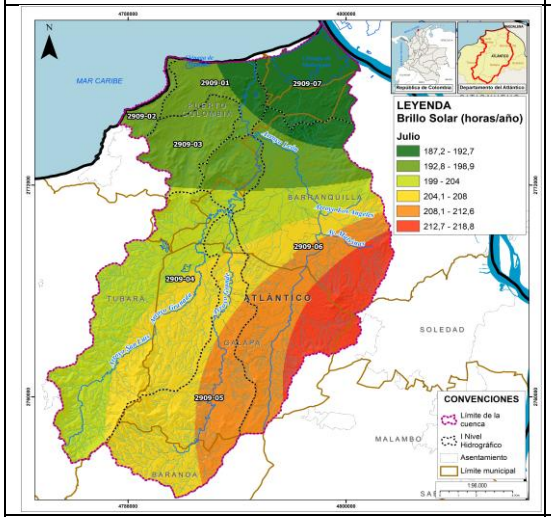
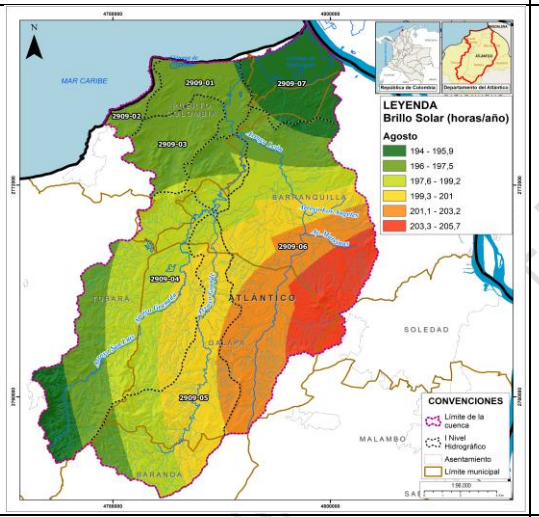
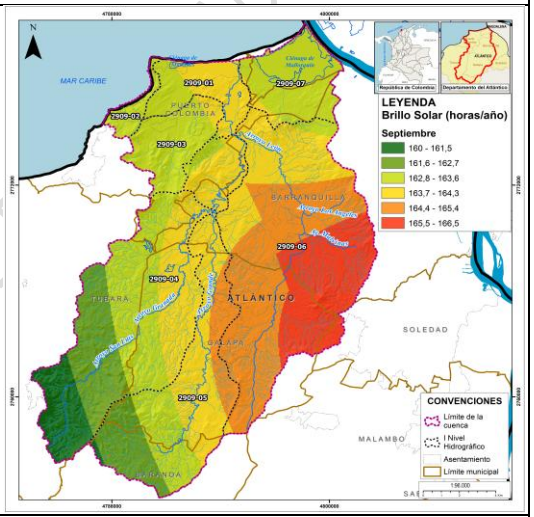
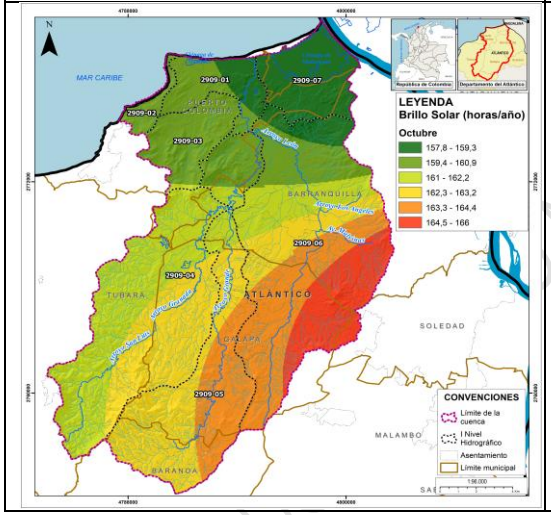
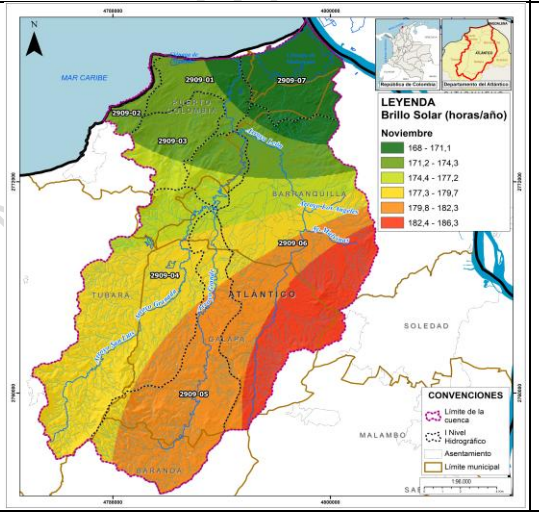
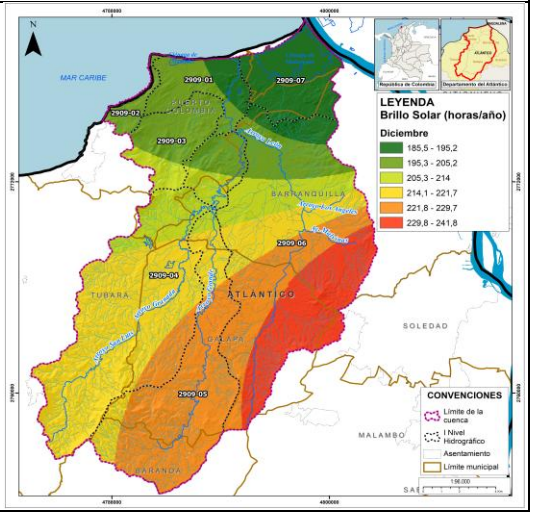
Durante los meses de la primera temporada lluviosa, abril y mayo, la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se ubican en clases intermedias, entre 171.2 y 205.9 horas sol/mes en abril y entre 173.7 y 186.9 horas sol/mes en mayo, mientras que, en la segunda temporada lluviosa, especialmente septiembre y octubre, se registran las clases más bajas sobre el área de estudio, del orden de 160 a 166.5 horas sol/mes.

Este comportamiento temporal y espacial indica que la zona combina periodos con intensa radiación, que favorecen tasas de evaporación elevadas y un fuerte calentamiento de la lámina de agua y de los cauces, con periodos de menor insolación asociados a los picos de precipitación y nubosidad, lo que resulta clave para interpretar el balance hídrico, la dinámica de niveles en la Ciénaga de Mallorquín y los aportes de escorrentía de los arroyos Grande y León.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.28. Mosaico brillo solar medio mensual multianual.**



| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |

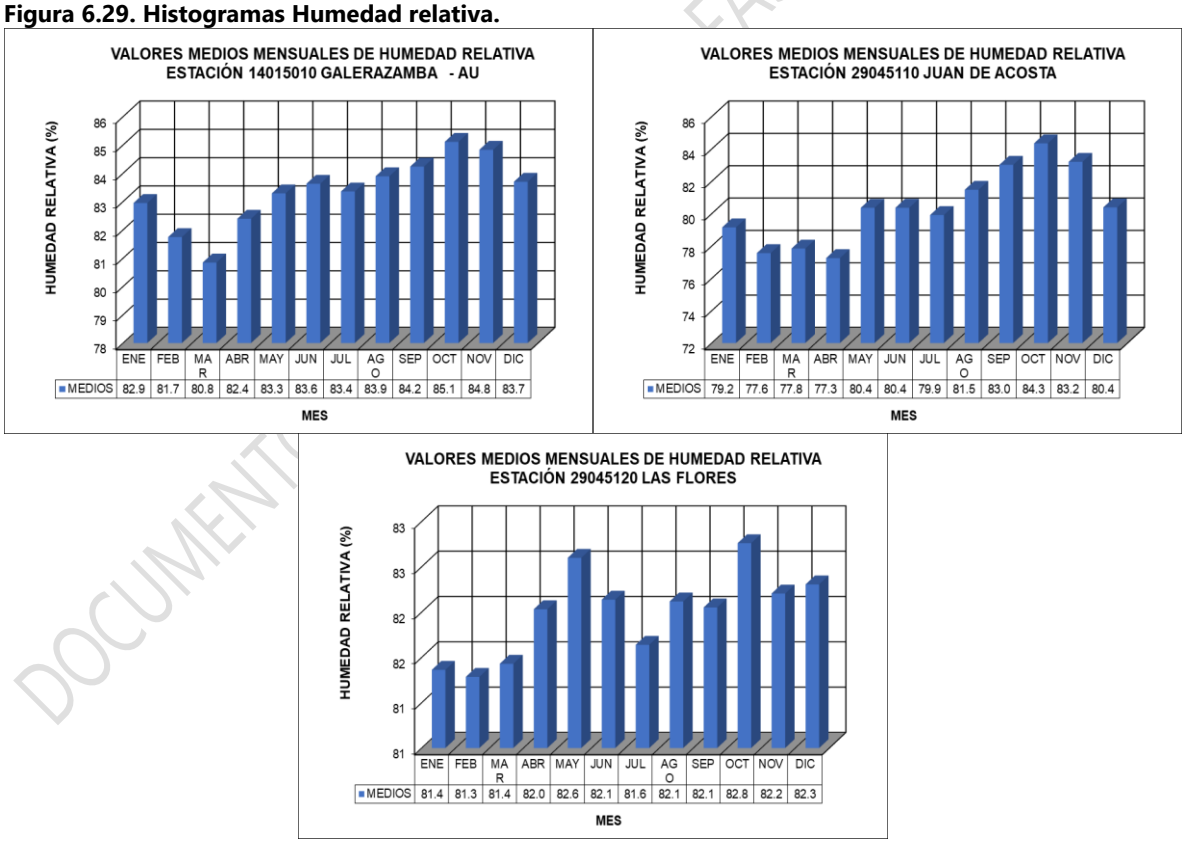
MAR CARIBE
2909-01
2909-07
2909-02
2909-03
2909-04
2909-05
2909-06
BARRANQUILLA
ATLÁNTICO
SOLEDAD
MALAMBO
TUBARA
GALAPA
BARANOA
Arroyo Grande
Arroyo Hondo
Arroyo Salao
Arroyo Cascajal
Arroyo Mateo
Arroyo Barro Colorado
Arroyo Cascajalito
Arroyo Cascajalito Dos
Arroyo Cascajalito Tres
Arroyo Cascajalito Cuatro
Arroyo Cascajalito Cinco
Arroyo Cascajalito Seis
Arroyo Cascajalito Siete
Arroyo Cascajalito Ocho
Arroyo Cascajalito Nueve
Arroyo Cascajalito Diez
Arroyo Cascajalito Once
Arroyo Cascajalito Doce
Arroyo Cascajalito Trece
Arroyo Cascajalito Catorce
Arroyo Cascajalito Quince
Arroyo Cascajalito Dieciseis
Arroyo Cascajalito Diecisiete
Arroyo Cascajalito Dieciocho
Arroyo Cascajalito Diecinueve
Arroyo Cascajalito Veinte
Arroyo Cascajalito Veintiuno
Arroyo Cascajalito Veintidos
Arroyo Cascajalito Veintitres
Arroyo Cascajalito Veinticuatro
Arroyo Cascajalito Veinticinco
Arroyo Cascajalito Veintiseis
Arroyo Cascajalito Veintisiete
Arroyo Cascajalito Veintiocho
Arroyo Cascajalito Veintinueve
Arroyo Cascajalito Treinta
Arroyo Cascajalito Treinta y Uno
Arroyo Cascajalito Treinta y Dos
Arroyo Cascajalito Treinta y Tres
Arroyo Cascajalito Treinta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Treinta y Cinco
Arroyo Cascajalito Treinta y Seis
Arroyo Cascajalito Treinta y Siete
Arroyo Cascajalito Treinta y Ocho
Arroyo Cascajalito Treinta y Nueve
Arroyo Cascajalito Cuarenta
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Uno
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Dos
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Tres
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Seis
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Siete
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Cuarenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Cincuenta
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Uno
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Dos
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Tres
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Seis
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Siete
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Cincuenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Sesenta
Arroyo Cascajalito Sesenta y Uno
Arroyo Cascajalito Sesenta y Dos
Arroyo Cascajalito Sesenta y Tres
Arroyo Cascajalito Sesenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Sesenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Sesenta y Seis
Arroyo Cascajalito Sesenta y Siete
Arroyo Cascajalito Sesenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Sesenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Setenta
Arroyo Cascajalito Setenta y Uno
Arroyo Cascajalito Setenta y Dos
Arroyo Cascajalito Setenta y Tres
Arroyo Cascajalito Setenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Setenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Setenta y Seis
Arroyo Cascajalito Setenta y Siete
Arroyo Cascajalito Setenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Setenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Ochenta
Arroyo Cascajalito Ochenta y Uno
Arroyo Cascajalito Ochenta y Dos
Arroyo Cascajalito Ochenta y Tres
Arroyo Cascajalito Ochenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Ochenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Ochenta y Seis
Arroyo Cascajalito Ochenta y Siete
Arroyo Cascajalito Ochenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Ochenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Noventa
Arroyo Cascajalito Noventa y Uno
Arroyo Cascajalito Noventa y Dos
Arroyo Cascajalito Noventa y Tres
Arroyo Cascajalito Noventa y Cuatro
Arroyo Cascajalito Noventa y Cinco
Arroyo Cascajalito Noventa y Seis
Arroyo Cascajalito Noventa y Siete
Arroyo Cascajalito Noventa y Ocho
Arroyo Cascajalito Noventa y Nueve
Arroyo Cascajalito Cien
Arroyo Cascajalito Ciento Uno
Arroyo Cascajalito Ciento Dos
Arroyo Cascajalito Ciento Tres
Arroyo Cascajalito Ciento Cuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Cinco
Arroyo Cascajalito Ciento Seis
Arroyo Cascajalito Ciento Siete
Arroyo Cascajalito Ciento Ocho
Arroyo Cascajalito Ciento Nueve
Arroyo Cascajalito Ciento Diez
Arroyo Cascajalito Ciento Once
Arroyo Cascajalito Ciento Doce
Arroyo Cascajalito Ciento Trece
Arroyo Cascajalito Ciento Catorce
Arroyo Cascajalito Ciento Quince
Arroyo Cascajalito Ciento Dieciseis
Arroyo Cascajalito Ciento Diecisiete
Arroyo Cascajalito Ciento Dieciocho
Arroyo Cascajalito Ciento Diecinueve
Arroyo Cascajalito Ciento Veinte
Arroyo Cascajalito Ciento Veintiuno
Arroyo Cascajalito Ciento Veintidos
Arroyo Cascajalito Ciento Veintitres
Arroyo Cascajalito Ciento Veinticuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Veinticinco
Arroyo Cascajalito Ciento Veintiseis
Arroyo Cascajalito Ciento Veintisiete
Arroyo Cascajalito Ciento Veintiocho
Arroyo Cascajalito Ciento Veintinueve
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Uno
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Dos
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Tres
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Cinco
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Seis
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Siete
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Ocho
Arroyo Cascajalito Ciento Treinta y Nueve
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Uno
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Dos
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Tres
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Seis
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Siete
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Ciento Cuarenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Uno
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Dos
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Tres
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Seis
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Siete
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Ciento Cincuenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Uno
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Dos
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Tres
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Seis
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Siete
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Ciento Sesenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Uno
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Dos
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Tres
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Seis
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Siete
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Ciento Setenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Uno
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Dos
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Tres
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Seis
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Siete
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Ciento Ochenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Uno
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Dos
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Tres
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Cuatro
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Cinco
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Seis
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Siete
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Ocho
Arroyo Cascajalito Ciento Noventa y Nueve
Arroyo Cascajalito Doscientos
Arroyo Cascajalito Doscientos Uno
Arroyo Cascajalito Doscientos Dos
Arroyo Cascajalito Doscientos Tres
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Cinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Seis
Arroyo Cascajalito Doscientos Siete
Arroyo Cascajalito Doscientos Ocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Nueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Diez
Arroyo Cascajalito Doscientos Once
Arroyo Cascajalito Doscientos Doce
Arroyo Cascajalito Doscientos Trece
Arroyo Cascajalito Doscientos Catorce
Arroyo Cascajalito Doscientos Quince
Arroyo Cascajalito Doscientos Dieciseis
Arroyo Cascajalito Doscientos Diecisiete
Arroyo Cascajalito Doscientos Dieciocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Diecinueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Veinte
Arroyo Cascajalito Doscientos Veintiuno
Arroyo Cascajalito Doscientos Veintidos
Arroyo Cascajalito Doscientos Veintitres
Arroyo Cascajalito Doscientos Veinticuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Veinticinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Veintiseis
Arroyo Cascajalito Doscientos Veintisiete
Arroyo Cascajalito Doscientos Veintiocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Veintinueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Uno
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Dos
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Tres
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Cinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Seis
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Siete
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Ocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Treinta y Nueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Uno
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Dos
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Tres
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Seis
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Siete
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Cuarenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Uno
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Dos
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Tres
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Seis
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Siete
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Cincuenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Uno
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Dos
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Tres
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Seis
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Siete
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Sesenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Uno
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Dos
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Tres
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Seis
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Siete
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Setenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Uno
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Dos
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Tres
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Seis
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Siete
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Ochenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Uno
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Dos
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Tres
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Cuatro
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Cinco
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Seis
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Siete
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Ocho
Arroyo Cascajalito Doscientos Noventa y Nueve
Arroyo Cascajalito Trescientos
Arroyo Cascajalito Trescientos Uno
Arroyo Cascajalito Trescientos Dos
Arroyo Cascajalito Trescientos Tres
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Cinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Seis
Arroyo Cascajalito Trescientos Siete
Arroyo Cascajalito Trescientos Ocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Nueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Diez
Arroyo Cascajalito Trescientos Once
Arroyo Cascajalito Trescientos Doce
Arroyo Cascajalito Trescientos Trece
Arroyo Cascajalito Trescientos Catorce
Arroyo Cascajalito Trescientos Quince
Arroyo Cascajalito Trescientos Dieciseis
Arroyo Cascajalito Trescientos Diecisiete
Arroyo Cascajalito Trescientos Dieciocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Diecinueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Veinte
Arroyo Cascajalito Trescientos Veintiuno
Arroyo Cascajalito Trescientos Veintidos
Arroyo Cascajalito Trescientos Veintitres
Arroyo Cascajalito Trescientos Veinticuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Veinticinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Veintiseis
Arroyo Cascajalito Trescientos Veintisiete
Arroyo Cascajalito Trescientos Veintiocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Veintinueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Uno
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Dos
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Tres
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Cinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Seis
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Siete
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Ocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Treinta y Nueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Uno
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Dos
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Tres
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Seis
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Siete
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Cuarenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Uno
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Dos
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Tres
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Seis
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Siete
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Cincuenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Uno
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Dos
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Tres
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Seis
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Siete
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Sesenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Uno
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Dos
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Tres
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Seis
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Siete
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Setenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Uno
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Dos
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Tres
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Seis
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Siete
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Ochenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Uno
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Dos
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Tres
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Cuatro
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Cinco
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Seis
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Siete
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Ocho
Arroyo Cascajalito Trescientos Noventa y Nueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Uno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Dos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Tres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Seis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Siete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Nueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Diez
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Once
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Doce
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Trece
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Catorce
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Quince
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Dieciseis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Diecisiete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Dieciocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Diecinueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veinte
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veintiuno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veintidos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veintitres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veinticuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veinticinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veintiseis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veintisiete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veintiocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Veintinueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Uno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Dos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Tres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Cinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Seis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Siete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Ocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Treinta y Nueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Uno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Dos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Tres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Seis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Siete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cuarenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Uno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Dos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Tres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Seis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Siete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Cincuenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Uno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Dos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Tres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Seis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Siete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Sesenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Uno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Dos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Tres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Seis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Siete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Setenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Uno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Dos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Tres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Seis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Siete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Ochenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Uno
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Dos
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Tres
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Cuatro
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Cinco
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Seis
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Siete
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Ocho
Arroyo Cascajalito Cuatrocientos Noventa y Nueve
Arroyo Cascajalito Quinientos
Arroyo Cascajalito Quinientos Uno
Arroyo Cascajalito Quinientos Dos
Arroyo Cascajalito Quinientos Tres
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Cinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Seis
Arroyo Cascajalito Quinientos Siete
Arroyo Cascajalito Quinientos Ocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Nueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Diez
Arroyo Cascajalito Quinientos Once
Arroyo Cascajalito Quinientos Doce
Arroyo Cascajalito Quinientos Trece
Arroyo Cascajalito Quinientos Catorce
Arroyo Cascajalito Quinientos Quince
Arroyo Cascajalito Quinientos Dieciseis
Arroyo Cascajalito Quinientos Diecisiete
Arroyo Cascajalito Quinientos Dieciocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Diecinueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Veinte
Arroyo Cascajalito Quinientos Veintiuno
Arroyo Cascajalito Quinientos Veintidos
Arroyo Cascajalito Quinientos Veintitres
Arroyo Cascajalito Quinientos Veinticuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Veinticinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Veintiseis
Arroyo Cascajalito Quinientos Veintisiete
Arroyo Cascajalito Quinientos Veintiocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Veintinueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Uno
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Dos
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Tres
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Cinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Seis
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Siete
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Ocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Treinta y Nueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Uno
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Dos
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Tres
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Seis
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Siete
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Cuarenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Uno
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Dos
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Tres
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Seis
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Siete
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Cincuenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Uno
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Dos
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Tres
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Seis
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Siete
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Sesenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Uno
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Dos
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Tres
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Seis
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Siete
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Setenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Uno
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Dos
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Tres
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Cinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Seis
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Siete
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Ocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Ochenta y Nueve
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Uno
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Dos
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Tres
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Cuatro
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Cinco
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Seis
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Siete
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Ocho
Arroyo Cascajalito Quinientos Noventa y Nueve
Arroyo Cascajalito Seiscientos
Arroyo Cascajalito Seiscientos Uno
Arroyo Cascajalito Seiscientos Dos
Arroyo Cascajalito Seiscientos Tres
Arroyo Cascajalito Seiscientos Cuatro
Arroyo Cascajalito Seiscientos Cinco
Arroyo Cascajalito Seiscientos Seis
Arroyo Cascajalito Seiscientos Siete
Arroyo Cascajalito Seiscientos Ocho
Arroyo Cascajalito Seiscientos Nueve
Arroyo Cascajalito Seiscientos Diez
Arroyo Cascajalito Seiscientos Once
Arroyo Cascajalito Seiscientos Doce
Arroyo Cascajalito Seiscientos Trece
Arroyo Cascajalito Seiscientos Catorce
Arroyo Cascajalito Seiscientos Quince
Arroyo Cascajalito Seiscientos Dieciseis
Arroyo Cascajalito Seiscientos Diecisiete
Arroyo Cascajalito Seiscientos Dieciocho
Arroyo Cascajalito Seiscientos Diecinueve
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veinte
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veintiuno
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veintidos
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veintitres
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veinticuatro
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veinticinco
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veintiseis
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veintisiete
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veintiocho
Arroyo Cascajalito Seiscientos Veintinueve
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Uno
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Dos
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Tres
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Cuatro
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Cinco
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Seis
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Siete
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Ocho
Arroyo Cascajalito Seiscientos Treinta y Nueve
Arroyo Cascajalito Seiscientos Cuarenta
Arroyo Cascajalito Seiscientos Cuarenta y Uno
Arroyo Cascajalito Seiscientos Cuarenta y Dos
Arroyo Cascajalito Seiscient

### 6.2.1.9.2. *Humedad relativa*

La humedad relativa es la relación expresada en porcentaje entre la tensión real del vapor de agua y la tensión de saturación a la misma temperatura. Esta variable depende de la capacidad del aire para retener vapor de agua, por lo que disminuye cuando aumenta la temperatura y aumenta cuando la temperatura desciende. La humedad relativa también se relaciona con la precipitación, dado que en los meses con mayor cantidad de lluvias se registran los mayores valores de humedad debido al incremento de nubosidad y saturación del aire.

En la Figura 6.29 de histogramas de humedad relativa se presenta la distribución temporal para las estaciones más cercanas al área de estudio, Galerazamba, Juan de Acosta y Las Flores, ya que dentro de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León no existen estaciones meteorológicas que midan esta variable. Las tres estaciones ofrecen una referencia confiable de la variabilidad atmosférica sobre el sector costero norte del departamento del Atlántico.

**Figura 6.29. Histogramas Humedad relativa.**



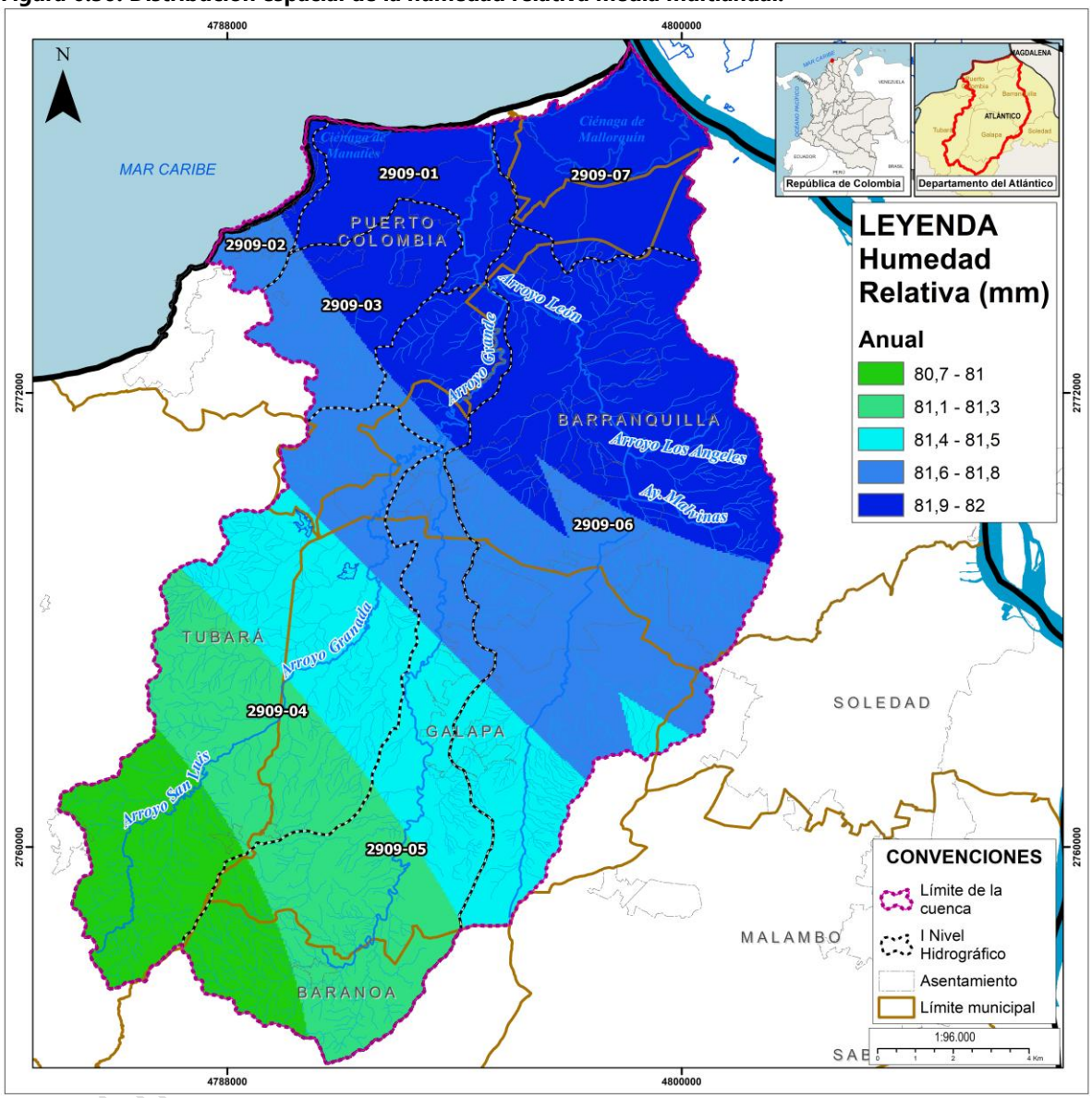

DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICIDAD

En las series temporales de humedad relativa de las tres estaciones se observan valores mensuales que oscilan entre aproximadamente 77.3% y 85.1%, con un comportamiento estable y coherente a lo largo del año. Galerazamba registra humedades entre 80.8% y 85.1%, con mayores valores en los meses lluviosos de septiembre, octubre y noviembre. Juan de Acosta presenta valores entre 77.3% y 84.3%, con un patrón similar, en el que los meses de octubre y noviembre concentran los valores más altos. Las Flores muestra valores entre 81.3% y 82.8%, siendo la estación con mayor estabilidad; aun así, también presenta máximos en mayo y octubre. Con base en estas series, el área de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León presenta una humedad relativa media multianual cercana a 82%, lo que indica un ambiente típicamente húmedo asociado a la cercanía con el litoral y la influencia del régimen climático del Caribe.

En la Figura 6.30 del promedio multianual de humedad relativa se aprecia la distribución espacial de esta variable en la cuenca costera donde se ubica el área de estudio. Se observa un patrón espacial marcado por la presencia de mayores humedades relativas hacia el norte de la cuenca, donde se encuentran la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, con valores anuales entre aproximadamente 81.6% y 82%. Hacia el suroccidente los valores descienden levemente, ubicándose entre 80.7% y 81.3%, lo que evidencia un contraste costero-interior propio de áreas influenciadas por el mar, donde la humedad tiende a mantenerse elevada debido a la evaporación constante y a la brisa marina.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO (FASE DE PUBLICIDAD)

**Figura 6.30. Distribución espacial de la humedad relativa media multianual.**



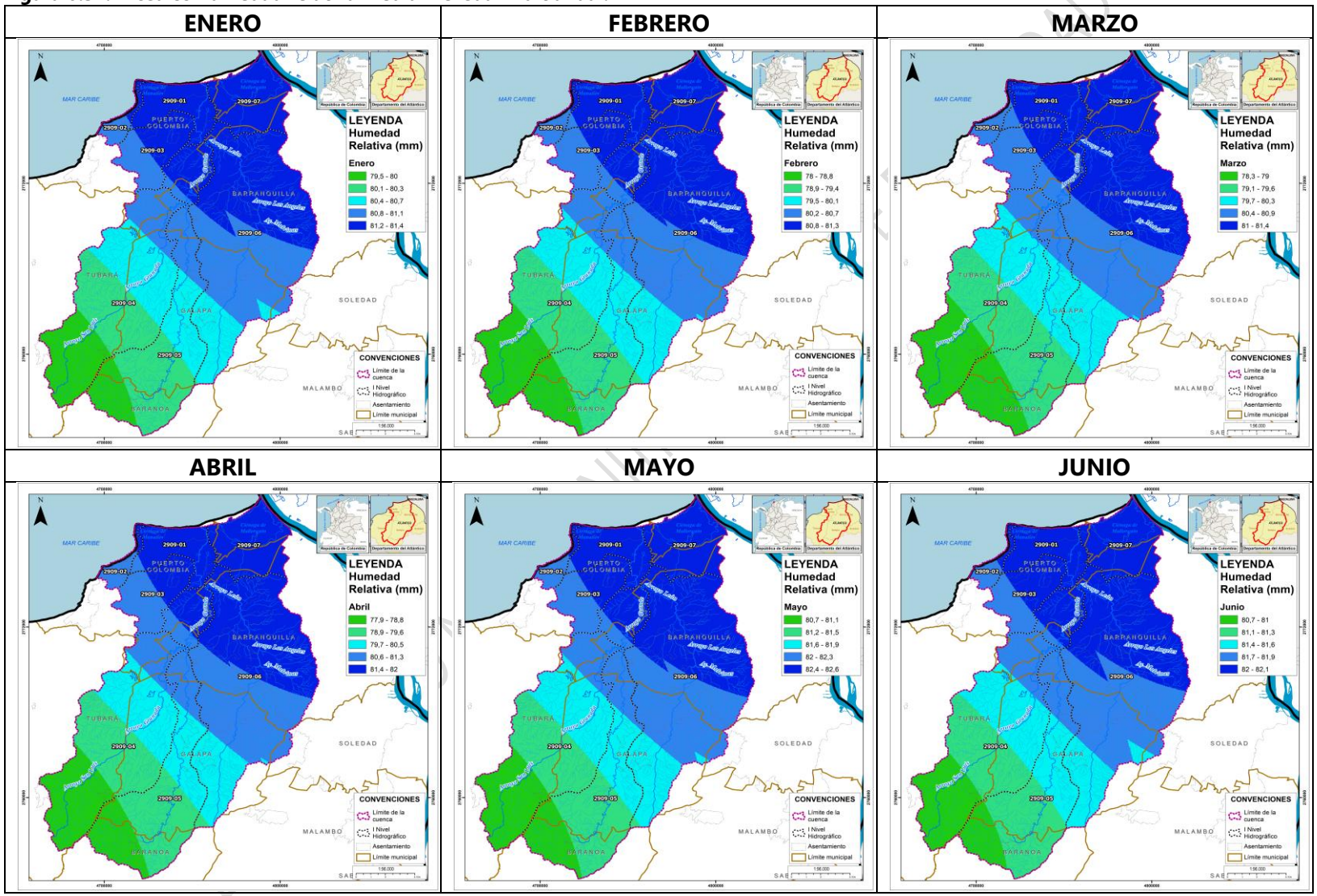

En la Figura 6.31 correspondientes a los promedios mensuales de enero a diciembre se observa que esta distribución espacial presenta coherencia con los ciclos húmedos y secos del Caribe colombiano. Durante enero y febrero, meses de menor precipitación, la humedad relativa en la zona de la Ciénaga de Mallorquín se ubica entre 78% y 81.4%, valores moderados dentro del rango general de la región. En marzo y abril se presenta un leve incremento, alcanzando clases entre 78.3% y 82%, coincidiendo con el inicio de la primera temporada lluviosa. Para mayo y junio se mantienen valores en rangos entre 80.7% y 82.6%, lo que refleja la persistencia de nubosidad asociada a este periodo del año.

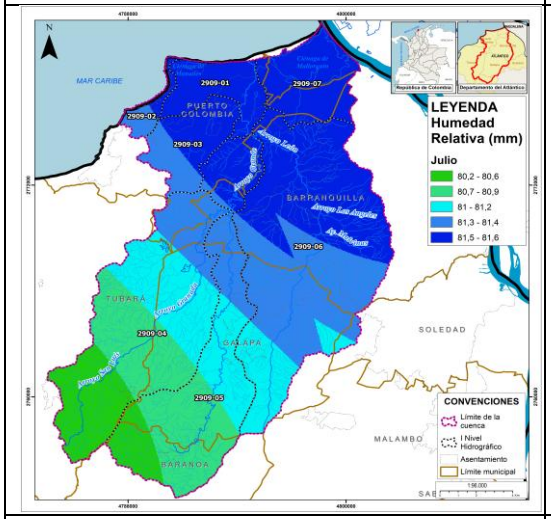
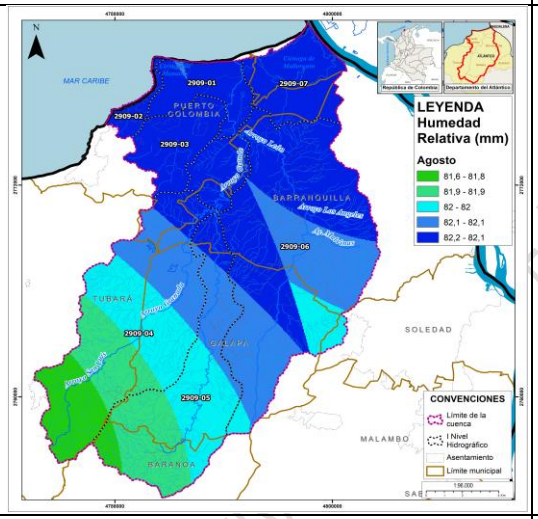
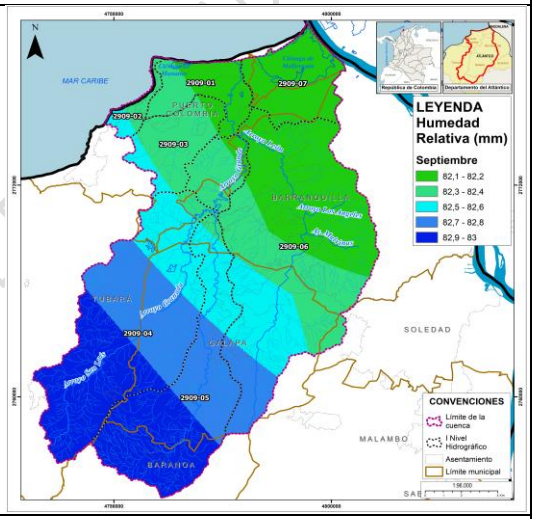
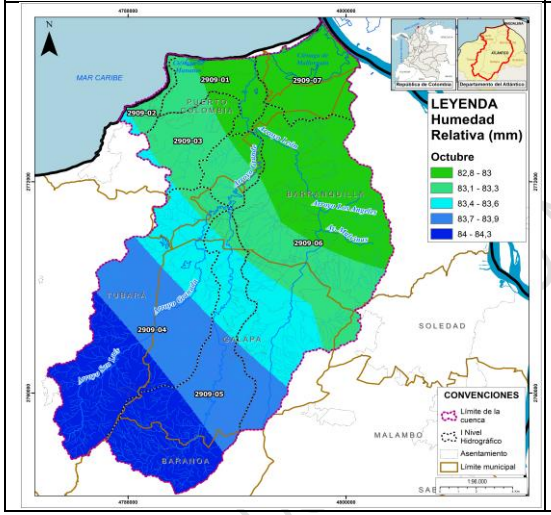
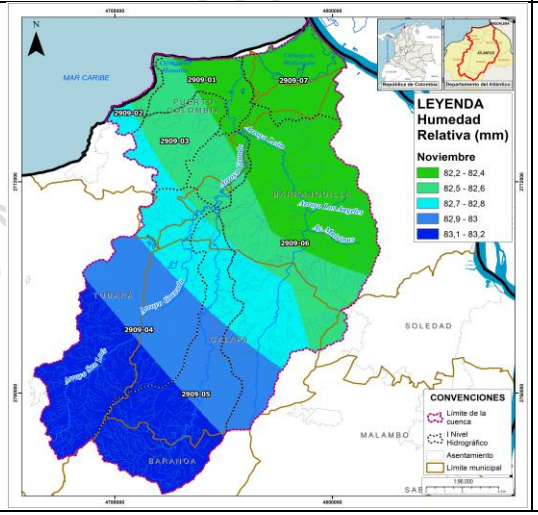
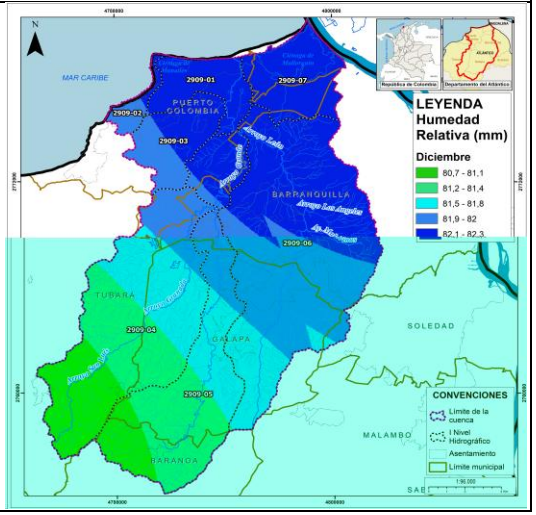
Durante julio y agosto los valores continúan elevados, ubicándose entre 80.2% y 82.1%, destacándose la estabilidad de la humedad relativa en la zona costera pese a la ligera disminución de lluvias asociada al veranillo de mitad de año. En septiembre, octubre y noviembre se presentan los valores más altos del año, entre 82.1% y 84.3%, concordando con el incremento de la precipitación y la mayor saturación atmosférica que caracteriza la segunda temporada lluviosa del Caribe. En diciembre, aunque la humedad relativa desciende ligeramente, se mantiene en valores cercanos a 80.7% y 82.3%, reflejando la transición hacia la época seca sin una disminución abrupta.

Este comportamiento temporal y espacial indica que la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León mantienen condiciones de humedad relativa elevada durante todo el año, con variaciones suaves que responden principalmente a los picos del régimen pluviométrico regional. Estos niveles altos de humedad relativa influyen en procesos ambientales claves como la evaporación, la sensación térmica, la estabilidad atmosférica y el comportamiento de la vegetación y de los ecosistemas estuarinos presentes en la zona. Las condiciones de humedad observadas confirman que el área presenta un ambiente típicamente húmedo y estable, coherente con su localización costera, condición que debe considerarse en el análisis climático dentro del POMCA para la caracterización integral de la dinámica hidroclimática de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.31. Mosaico humedad relativa media mensual multianual.**



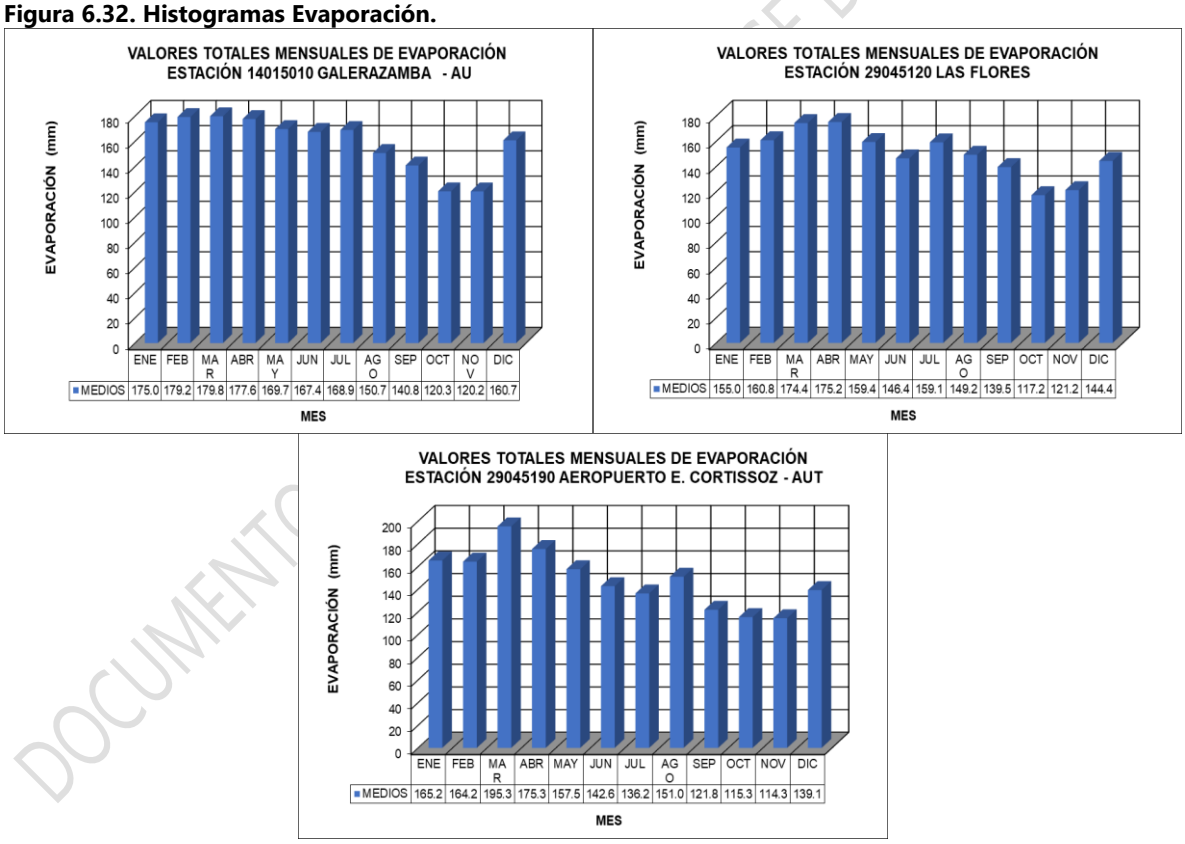
| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |

### 6.2.1.9.3. *Evaporación*

La evaporación es el proceso mediante el cual el agua líquida pasa a estado de vapor, a partir del aporte de energía disponible en la superficie. Esta variable depende de la radiación solar, la temperatura del aire, la velocidad del viento y la humedad relativa, por lo que aumenta cuando la radiación y la temperatura son altas y la humedad relativa es baja, y disminuye cuando se presentan condiciones más húmedas y con mayor cobertura de nubosidad.

En la Figura 6.32 de histogramas de evaporación se presenta la distribución temporal para las estaciones más cercanas a la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, Galerazamba, Las Flores y Aeropuerto Ernesto Cortissoz, que se toman como referencia por la ausencia de estaciones al interior del área de estudio y representan de manera adecuada el comportamiento regional sobre la franja costera norte del departamento del Atlántico.

**Figura 6.32. Histogramas Evaporación.**




Las series mensuales muestran valores que oscilan entre aproximadamente 114.3 y 195.3 mm/mes, con un comportamiento muy similar en las tres estaciones. Los mayores totales mensuales se concentran en el primer semestre del año, en especial en marzo y abril, cuando

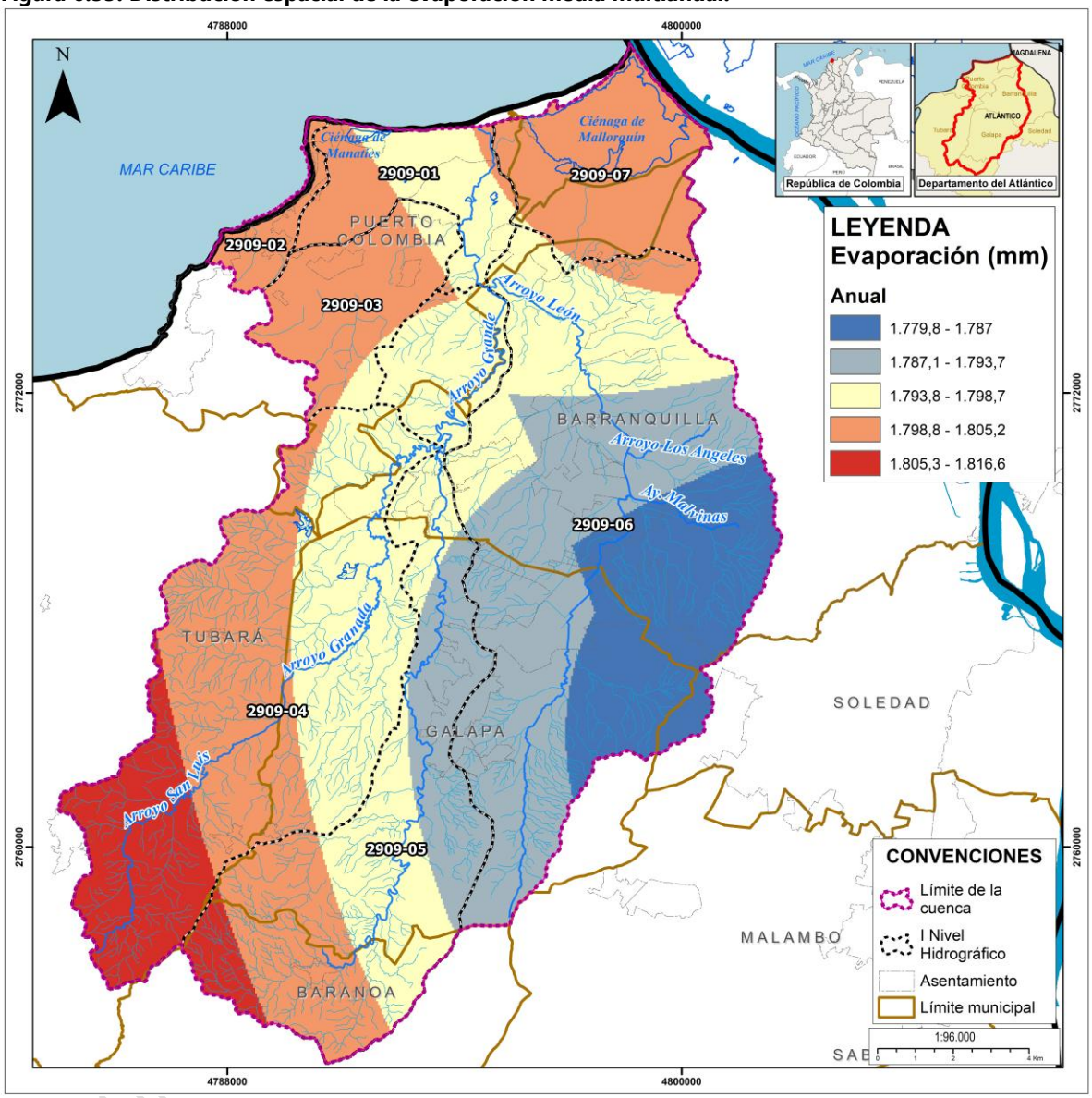
DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

Galerazamba registra alrededor de 179.8 mm/mes, Las Flores valores cercanos a 174.4 a 175.2 mm/mes y el Aeropuerto Ernesto Cortissoz alcanza un máximo de cerca de 195.3 mm/mes en marzo. A partir de mayo y junio los totales comienzan a disminuir, y los menores valores se presentan entre septiembre y noviembre, con registros del orden de 121.8 mm/mes e incluso cercanos a 114.3 mm/mes en octubre y noviembre en el Aeropuerto. La suma anual se encuentra entre 1777.8 y 1910.3 mm/año según las estaciones, con promedios mensuales del orden de 148.15 a 159.19 mm/mes, lo que indica que la zona de influencia de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León presenta tasas de evaporación importantes a lo largo del año, en coherencia con el alto brillo solar y las condiciones térmicas del Caribe.

En la Figura 6.33 de la distribución espacial multianual de la evaporación se observa un gradiente regional en la cuenca costera. Los valores más altos se ubican en los sectores suroccidentales y en el extremo norte donde se localiza la Ciénaga de Mallorquín y la parte baja de los arroyos Grande y León, con clases que se sitúan aproximadamente entre 1793.8 y 1816.6 mm/año. Hacia el centro de la cuenca los valores descienden a rangos cercanos a 1787.1 mm/año, mientras que en el sector oriental se presentan los valores relativamente más bajos dentro del sistema. Esto indica que el área de estudio se encuentra entre las zonas con mayor demanda evaporativa de la cuenca, lo que tiene incidencia directa en el balance hídrico de la ciénaga y en la dinámica de los caudales de los arroyos que desembocan en ella.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.33. Distribución espacial de la evaporación media multianual.**




La Figura 6.34 correspondientes a los promedios mensuales de enero a diciembre muestran que, en el primer trimestre del año, la evaporación presenta un patrón espacial donde los valores más elevados se concentran hacia el sur y suroccidente de la cuenca, mientras que el sector norte, donde se ubica la Ciénaga de Mallorquín, se mantiene en clases intermedias. En enero y febrero la zona de estudio presenta totales del orden de 155 a 161.9 mm/mes, algo menores a los que se observan en el extremo sur, donde se alcanzan clases superiores a 162 mm/mes. En marzo la evaporación aumenta de forma generalizada y se destacan los valores altos hacia el oriente y sur de la cuenca, con clases cercanas a 186.2 a 193.6 mm/mes,

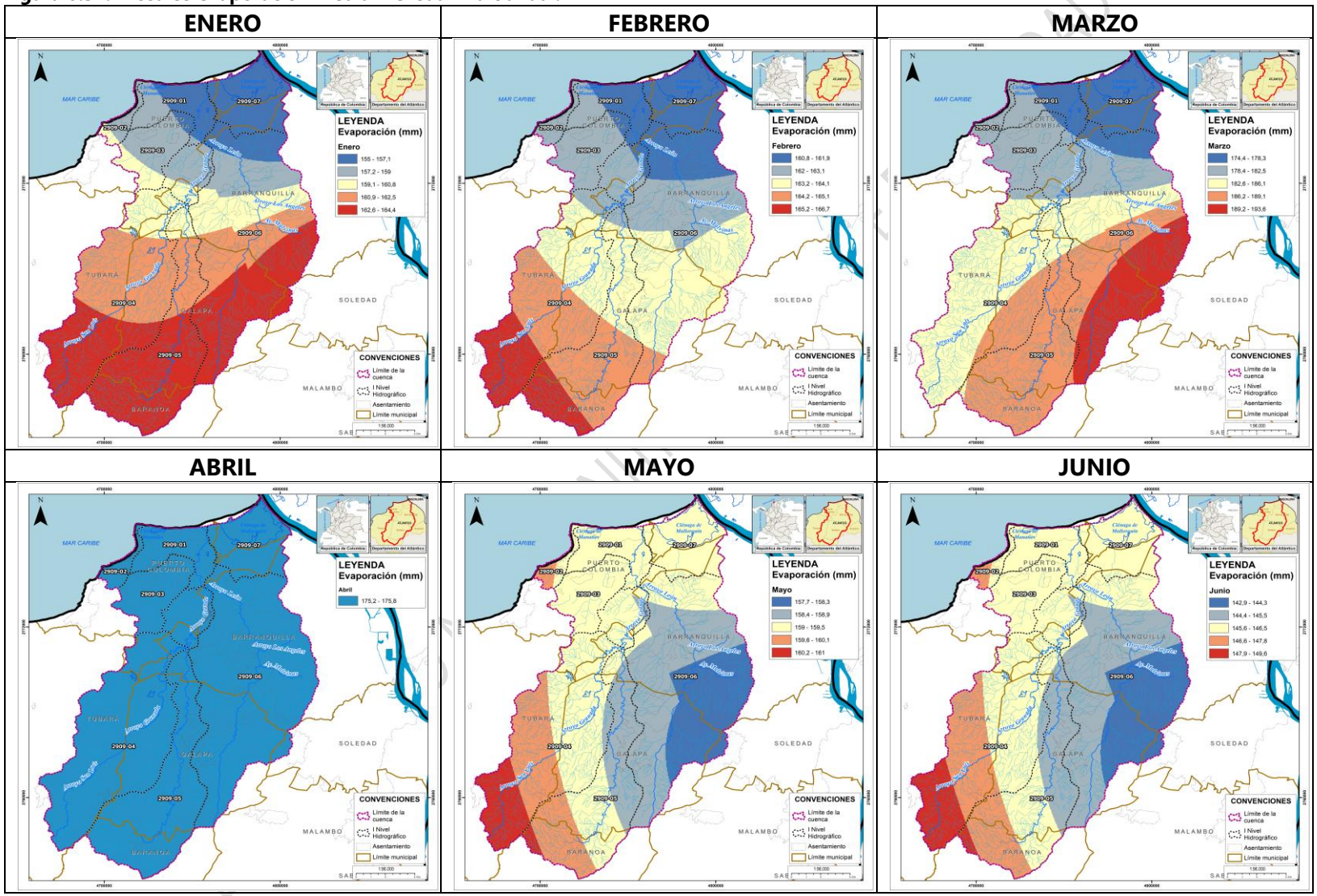
mientras la Ciénaga de Mallorquín se mantiene en un rango también elevado, pero ligeramente inferior. En abril la distribución espacial se homogeniza, con una banda casi uniforme aproximadamente entre 175.2 y 175.8 mm/mes en gran parte de la cuenca, lo que indica condiciones atmosféricas relativamente parejas. En mayo y junio los totales disminuyen, con la Ciénaga y los arroyos Grande y León en clases medias, alrededor de 145.6 a 160.1 mm/mes, mientras que el suroccidente conserva valores algo superiores.

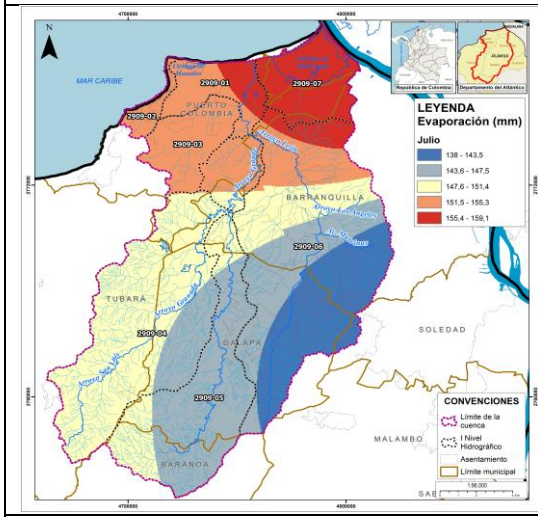
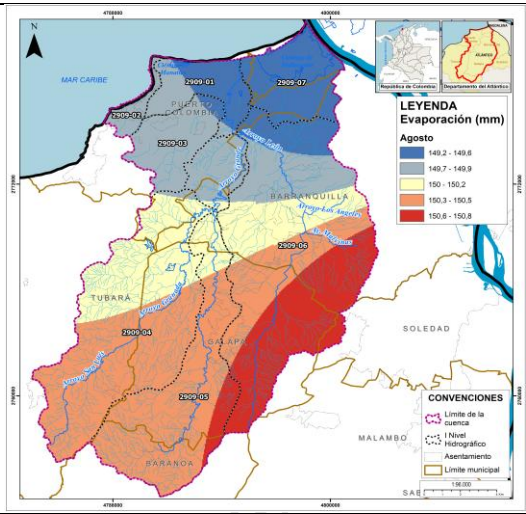
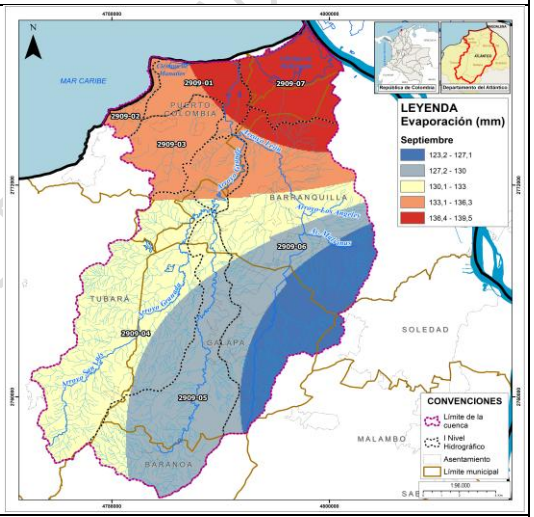
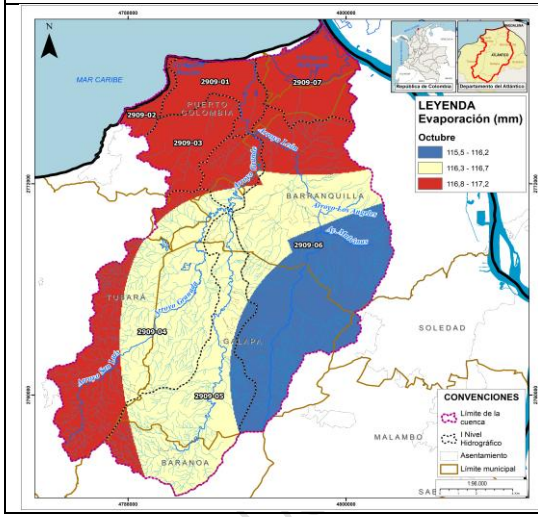
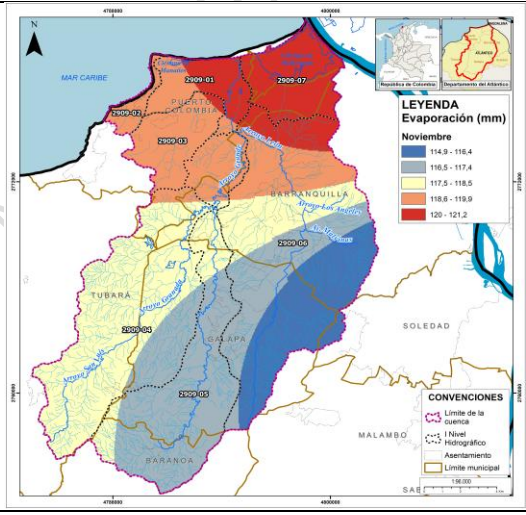
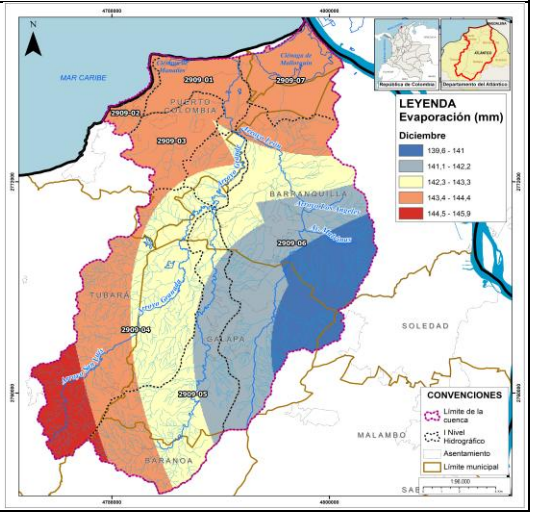
A partir de julio se presenta un cambio en el patrón espacial, visible en la Figura 6.34 mensuales de julio a noviembre, en el que la franja norte de la cuenca, incluida la Ciénaga de Mallorquín y la desembocadura de los arroyos Grande y León, pasa a concentrar las mayores tasas de evaporación. En julio el sector de la ciénaga se ubica en la clase más alta, con valores cercanos a 155.4 a 159.1 mm/mes, mientras el centro y sur registran rangos medios. En agosto se mantiene este comportamiento, con totales del orden de 150.2 mm/mes sobre la franja nororiental. En septiembre, aunque los valores absolutos disminuyen, el área de estudio continúa en las clases superiores, alrededor de 136.4 a 139.5 mm/mes, en contraste con los valores algo menores hacia el centro de la cuenca. En octubre y noviembre la evaporación alcanza sus mínimos anuales, pero los mapas muestran que el norte de la cuenca, especialmente la zona de la Ciénaga de Mallorquín, se mantiene en las clases relativamente más altas dentro del sistema, con valores del orden de 116.8 a 121.2 mm/mes, mientras el centro y oriente presentan valores menores. En diciembre los máximos vuelven a desplazarse hacia el suroccidente, aunque la Ciénaga conserva valores intermedios cercanos a 143.4 a 144.4 mm/mes, que marcan el inicio de la recuperación de las tasas de evaporación hacia el nuevo periodo seco.

Este comportamiento temporal y espacial refleja la interacción entre radiación, temperatura, humedad relativa y régimen de vientos en la franja costera del Caribe. Para la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, las altas tasas de evaporación anual, junto con los máximos relativos en varios meses de la segunda mitad del año, implican una pérdida importante de agua desde la lámina superficial, lo que influye en la variación de niveles, en la salinidad y en la sensibilidad del sistema frente a cambios en los aportes de escorrentía y en la oferta hídrica. Por tanto, la evaporación se consolida como un componente clave del balance hídrico que debe considerarse en la formulación y evaluación de medidas de manejo dentro del POMCA del área de estudio.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.34. Mosaico evaporación media mensual multianual.**



| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |



Carrera 51B N° 82 - 254, Piso 2, Oficina 26,
C.C. Bahía, Barranquilla D.E.I.P.
Correo electrónico: atlantico@ecocialt.com

### 6.2.1.10. *Análisis de precipitación*

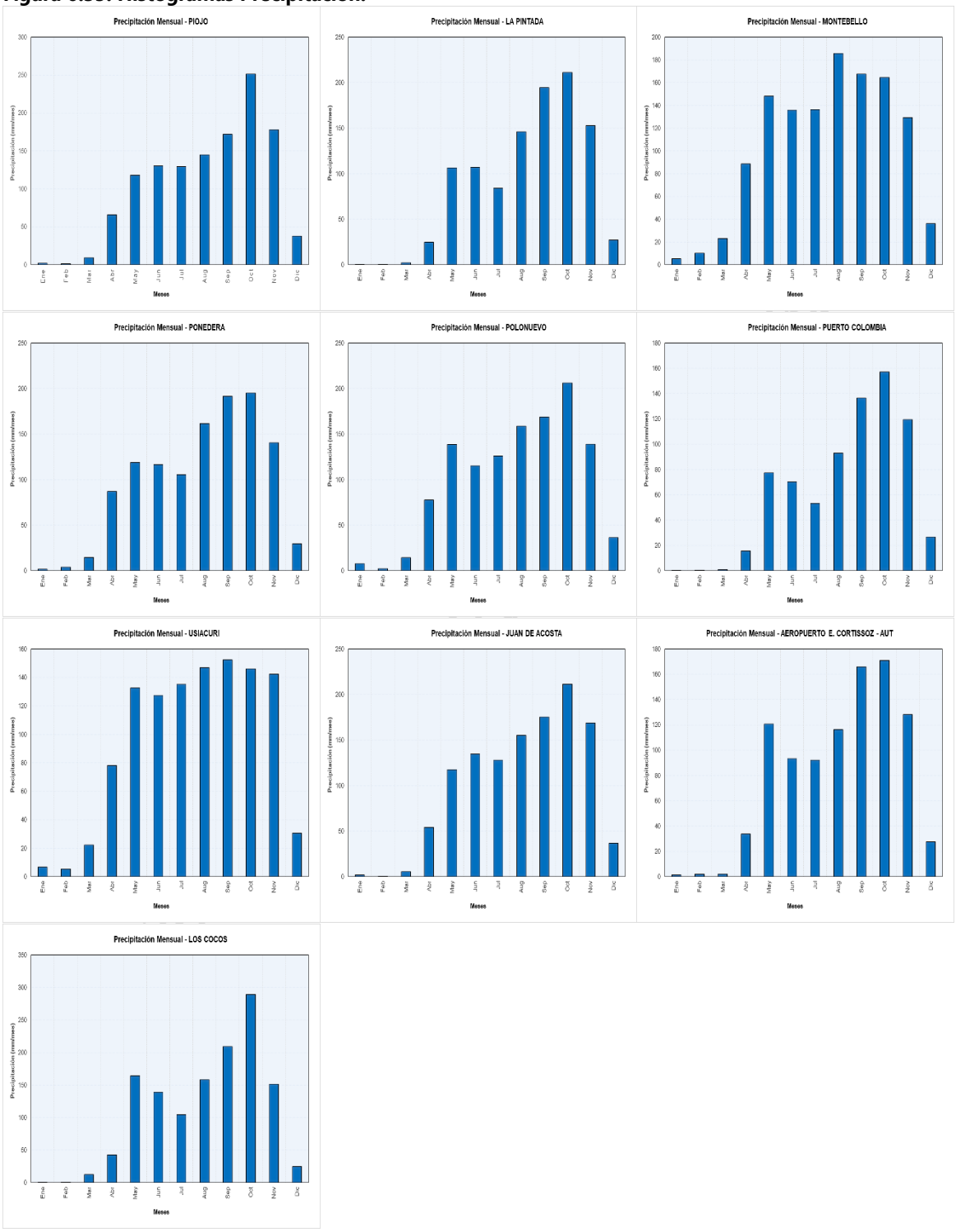
La precipitación corresponde al aporte de agua a la superficie a través de la lluvia y constituye la principal entrada del sistema hidrológico en la cuenca. Su variación depende de los patrones atmosféricos regionales, la interacción con la zona costera, la influencia del Caribe y las condiciones orográficas locales. En la zona de estudio se identifican periodos secos y húmedos bien definidos, lo que condiciona los aportes a los arroyos y la dinámica hidrológica de la Ciénaga de Mallorquín.

En la Figura 6.35 de histogramas de precipitación se presenta la distribución temporal mensual registrada en estaciones cercanas a sectores costeros y al interior de la cuenca, como Piojó, La Pintada, Montebello, Ponedera, Polonuevo, Puerto Colombia, Usiacurí, Juan de Acosta, Aeropuerto Ernesto Cortissoz y Los Cocos. Estas estaciones permiten caracterizar el comportamiento regional ante la ausencia de un número suficiente de puntos de monitoreo dentro del área de estudio. Los registros muestran un patrón marcado en el que los menores valores se concentran entre enero y marzo. En este trimestre los totales mensuales se ubican entre aproximadamente 0.08 y 23.26 mm/mes dependiendo de la estación, lo que indica un periodo seco consistente en toda la franja costera. En abril se observa un ascenso importante y sostenido. Las estaciones registran entre 15.76 y 88.60 mm/mes y el incremento continúa durante mayo y junio, meses en los que se alcanzan valores entre 70.40 y 164.32 mm/mes. En julio los totales se mantienen altos, con rangos entre 53.42 y 136.33 mm/mes. En agosto el aumento vuelve a intensificarse y en varias estaciones se registran valores entre 92.99 y 185.69 mm/mes.

El máximo régimen lluvioso se presenta en septiembre y octubre, cuando los histogramas muestran que todas las estaciones superan los 136.49 mm/mes en septiembre y alcanzan valores superiores a 146.19 mm/mes en octubre. Este comportamiento representa el pico anual de la precipitación en la región Caribe. En noviembre se observa una reducción moderada, con totales entre 119.59 y 178.59 mm/mes, mientras que diciembre marca el inicio del retorno a condiciones secas, con valores entre 24.49 y 37.82 mm/mes. La suma anual en las estaciones varía según su ubicación, aunque en términos generales se registra un aumento progresivo desde el norte costero hasta el sur y suroccidente de la cuenca, lo que coincide con el gradiente observado en el mosaico multianual (ver Figura 6.37).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

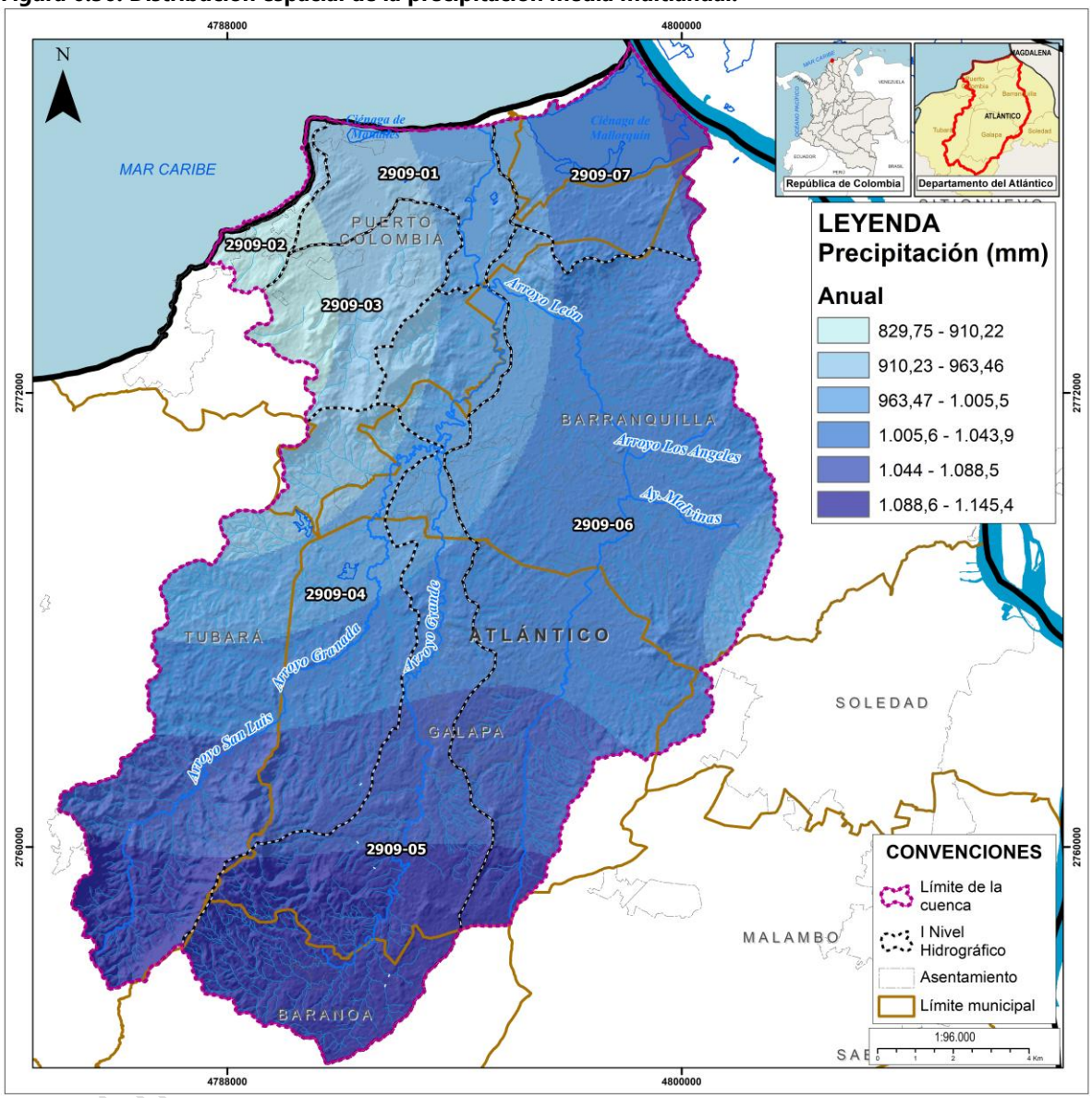
**Figura 6.35. Histogramas Precipitación.**



En la Figura 6.36 correspondiente a la distribución espacial multianual de la precipitación se identifica un patrón claro, en el que la franja costera norte registra los valores más bajos del sistema, entre aproximadamente 829.75 y 1088.5 mm/año. Esta zona incluye los alrededores de Puerto Colombia, la Ciénaga de Mallorquín y las subunidades 2909-01, 2909-02, 2909-03 y 2909-07. Hacia el centro los valores se incrementan de manera progresiva, con clases alrededor de 963.47 a 1043.9 mm/año. La mayor acumulación se presenta en el sector sur y suroccidental, especialmente en la subcuenca 2909-05, donde se alcanzan valores entre aproximadamente 1044 y 1145.4 mm/año. Este gradiente evidencia la influencia de la elevación y la interacción con el relieve, que favorecen una mayor condensación y aporte de humedad en los sectores altos del sur de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.36. Distribución espacial de la precipitación media multianual.**




La Figura 6.37 correspondiente a la distribución espacial mensual muestra la evolución de la precipitación entre enero y diciembre. En los primeros meses del año, de enero a marzo, predominan clases bajas en toda la cuenca, con valores inferiores a 13.7 mm/día en la mayor parte del territorio y con un patrón espacial homogéneo. En enero y febrero la franja norte presenta los totales más bajos, mientras que el sur muestra valores ligeramente mayores, aunque aún dentro de las clases más secas. En marzo se observa un incremento incipiente hacia el centro y sur, aunque la distribución general se mantiene en rangos bajos.

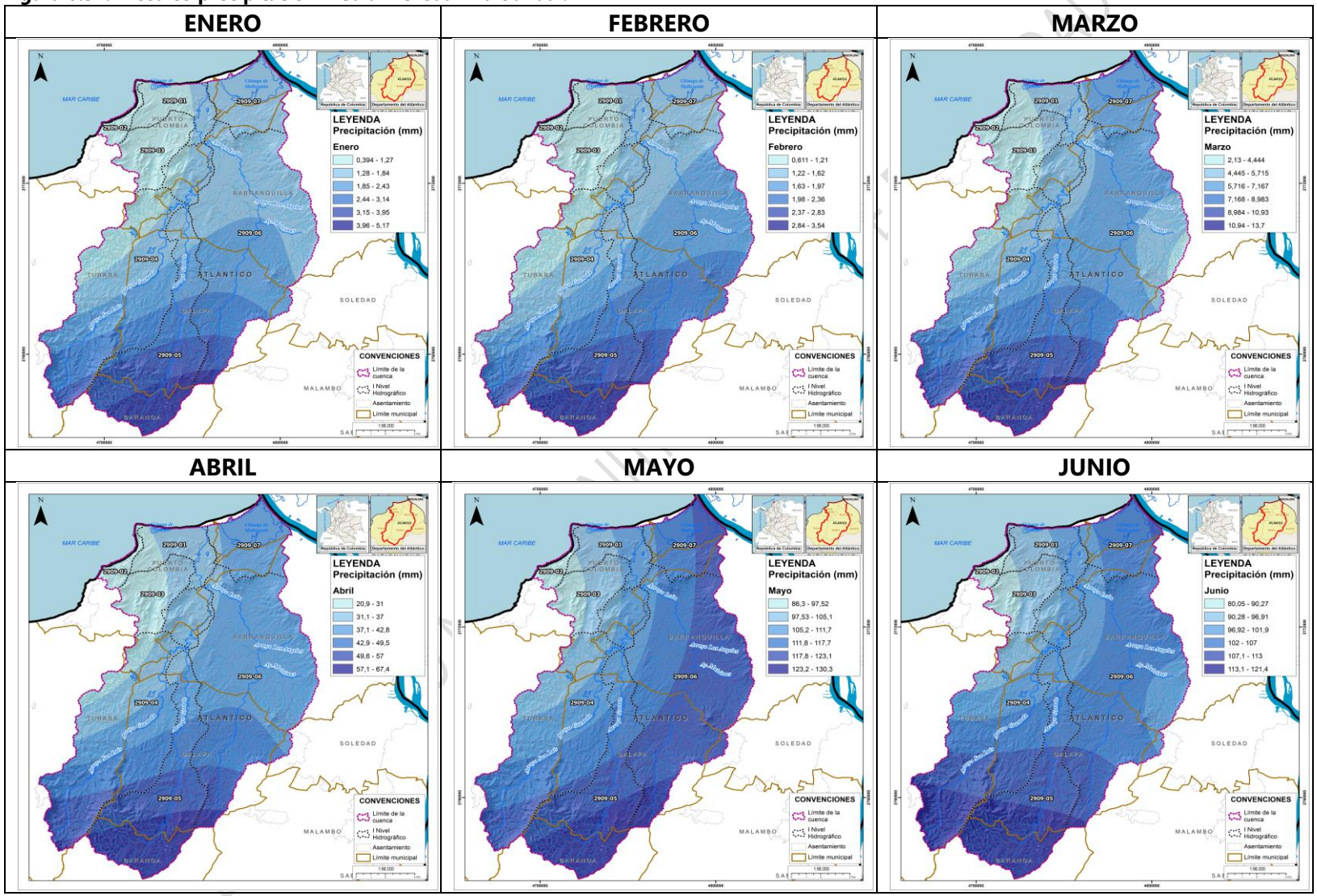
En abril se presenta un cambio significativo. Los mapas muestran que los totales aumentan y las clases entre aproximadamente 37.1 y 42.8 mm/mes dominan gran parte del área, con valores superiores en el sur. Este ascenso continúa en mayo, cuando los valores se ubican entre aproximadamente 105.2 y 123.1 mm/mes en varias zonas, especialmente hacia el centro y sur. En junio los valores se mantienen altos, entre 90.28 y 121.4 mm/mes, con una distribución más homogénea en toda la cuenca. En julio el patrón se mantiene estable, con totales entre 84.8 y 108 mm/mes en la mayor parte del territorio.

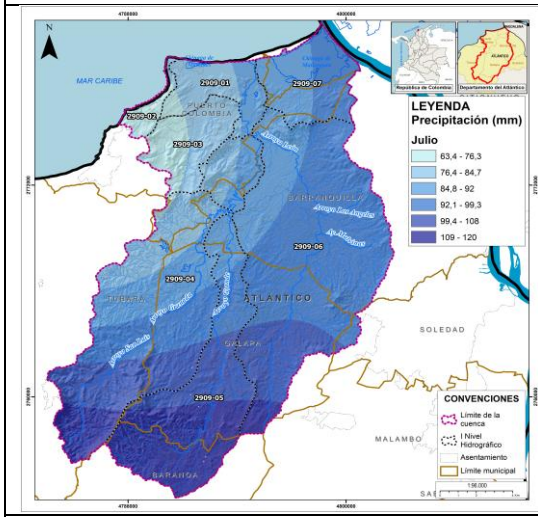
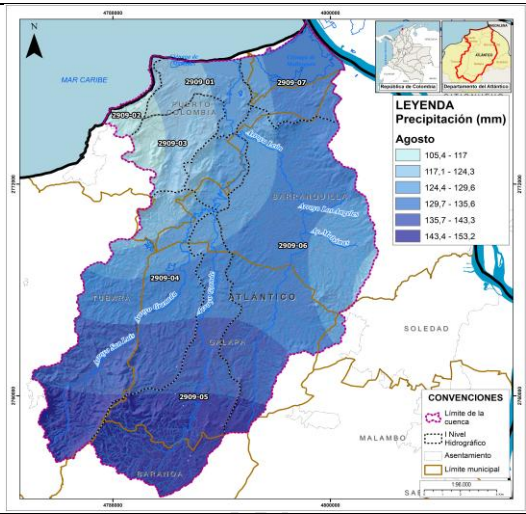
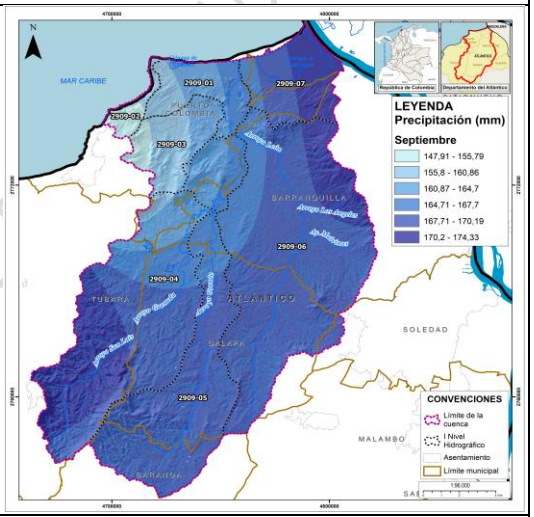
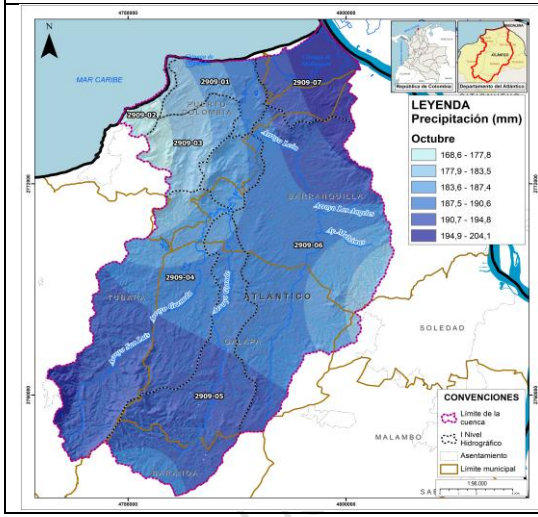
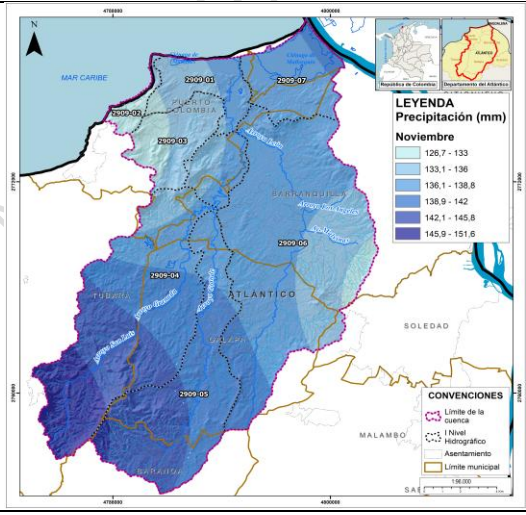
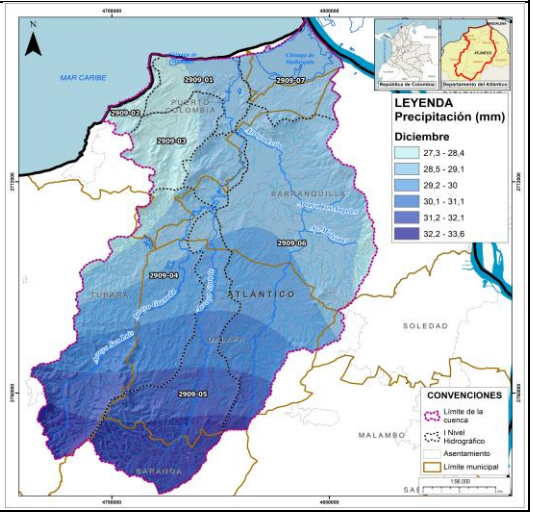
En agosto y septiembre se consolida el periodo más húmedo del año. Los mapas muestran que en agosto predominan clases entre 124.4 y 153.2 mm/mes, especialmente hacia el sur y suroccidente. En septiembre los rangos aumentan de forma generalizada y el territorio alcanza valores entre 155.8 y 174.33 mm/mes, lo que representa el máximo espacial mensual dentro del ciclo multianual. En octubre se mantienen estos valores elevados, con clases entre 168.6 y 204.1 mm/mes concentradas principalmente en la franja oriental y sur de la cuenca. En noviembre los totales disminuyen moderadamente y se registran valores entre 126.7 y 151.6 mm/mes, distribuidos de manera más uniforme. Diciembre marca el retorno al periodo seco, con clases entre aproximadamente 27.3 y 33.6 mm/mes en casi toda la cuenca, en coherencia con los registros de las estaciones.

Este comportamiento temporal y espacial evidencia la fuerte estacionalidad del régimen de lluvias en la franja costera del Caribe colombiano. Para la cuenca de estudio, la marcada concentración de lluvias entre abril y noviembre condiciona los aportes a los arroyos y la dinámica hidrológica que alimenta a la Ciénaga de Mallorquín. El gradiente espacial multianual, que incrementa la precipitación desde el litoral hacia los sectores altos del sur, señala la importancia de los procesos orográficos y del relieve en la redistribución de la humedad. Este patrón influye de manera directa en el diseño de medidas de manejo dentro del POMCA, ya que determina zonas de mayor recarga superficial, sectores críticos en periodos de lluvia máxima y áreas que requieren una evaluación detallada de escorrentía y erosión.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.37. Mosaico precipitación media mensual multianual.**



| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |

### 6.2.1.11. *Análisis temperatura*

La temperatura del aire corresponde al grado de calentamiento de la atmósfera cercano a la superficie y constituye una de las variables climáticas más influyentes en la dinámica ambiental de la cuenca. Su comportamiento depende de la radiación solar, la altitud, la cercanía al mar y las características de la superficie, por lo que regula procesos como la evapotranspiración, la estabilidad atmosférica y la disponibilidad hídrica. En la zona costera del Caribe predomina un régimen térmico cálido, con variaciones moderadas durante el año y diferencias espaciales asociadas al relieve y a la influencia marítima.

#### 6.2.1.11.1. *Temperaturas puntuales*

❖ *Temperatura mínima*

La temperatura mínima describe el enfriamiento nocturno de la superficie y refleja el comportamiento térmico básico del sistema atmosférico en la cuenca. Sus variaciones dependen de la influencia del mar Caribe, la ubicación altitudinal, la cobertura vegetal y el grado de urbanización. En la zona de estudio se identifican rangos térmicos estables durante el año, con diferencias claras entre el litoral norte y los sectores altos del suroccidente.

En la Figura 6.38 de histogramas de temperatura mínima se presenta la distribución temporal mensual registrada en estaciones representativas del área costera y del área próxima de la cuenca, como Galerazamba, Juan de Acosta, Las Flores y Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Estas estaciones permiten caracterizar el comportamiento regional ante la ausencia de registros directos dentro de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

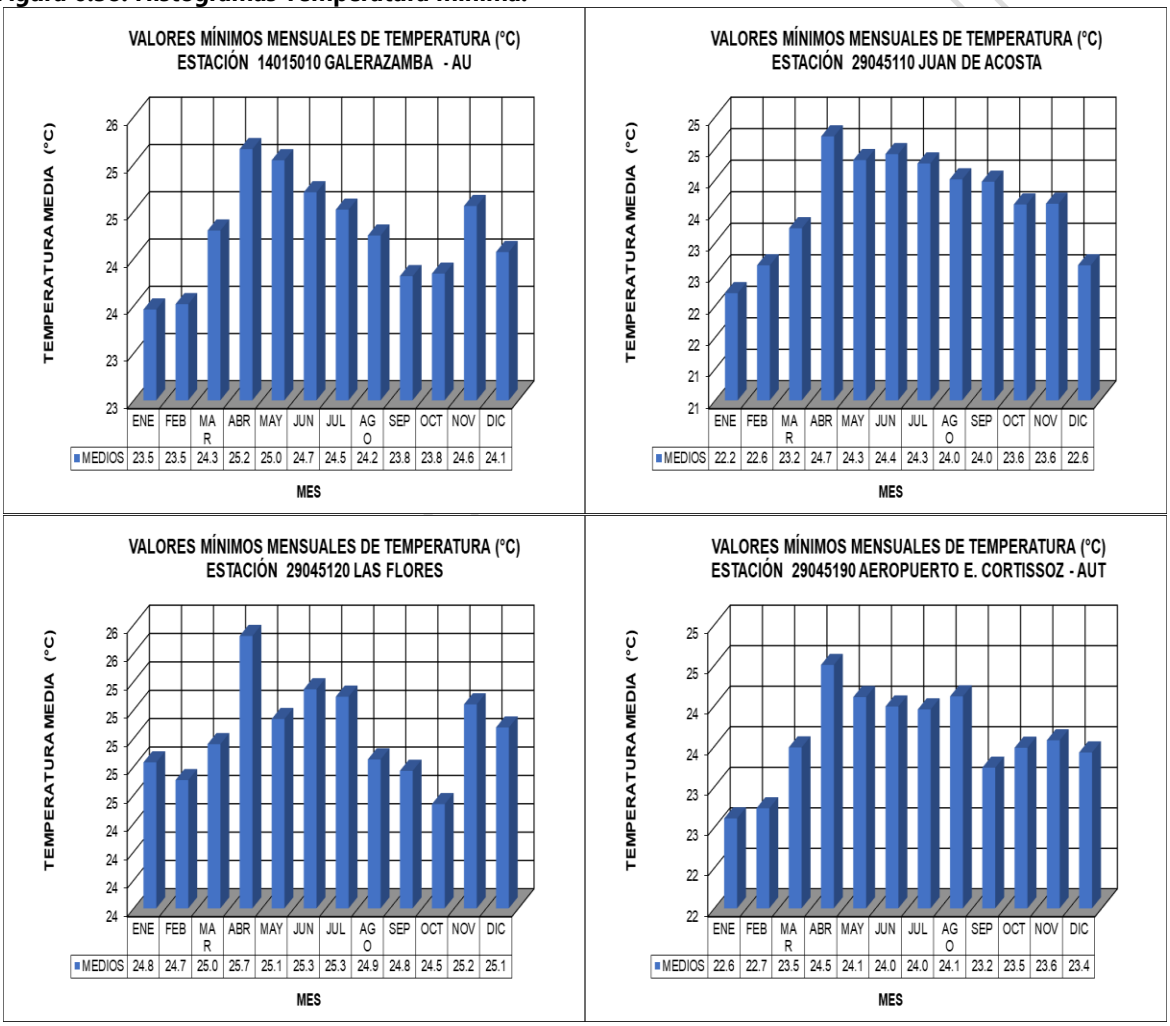
Los valores muestran un ciclo multianual bien definido. Entre enero y marzo las temperaturas mínimas se ubican entre aproximadamente 22.2 y 25.0 grados dependiendo de la estación, lo que corresponde al periodo más fresco del año. En abril se presenta un ascenso marcado. Galerazamba registra valores cercanos a 25.6 grados, Las Flores alcanza alrededor de 25.7 a 26 grados, Juan de Acosta llega a 24.7 grados y el Aeropuerto presenta valores de 24.5. Este incremento continúa en mayo y junio en la mayoría de estaciones, donde los valores se mantienen por encima de 24.0 grados.

En julio y agosto los registros se estabilizan en rangos intermedios. Galerazamba y Las Flores se mantienen alrededor de 24.2 a 25.3 grados, mientras que Juan de Acosta y el Aeropuerto presentan valores entre 24.0 y 24.3 grados. En septiembre y octubre se observa una ligera disminución, con valores entre aproximadamente 23.2 y 24.8 grados, que representan el punto más fresco del segundo semestre. En noviembre y diciembre aparece un ascenso leve, especialmente en Galerazamba y Las Flores donde los valores vuelven a superar los 24.1 grados.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

El comportamiento anual evidencia que el primer semestre presenta las noches más cálidas, con un máximo claro en abril, mientras el segundo semestre registra los descensos más marcados entre septiembre y octubre. Las diferencias entre estaciones responden a su ubicación. Las Flores y Galerazamba mantienen los valores nocturnos más altos porque se ubican directamente en el litoral y reciben la influencia térmica estabilizadora del mar Caribe. Juan de Acosta y el Aeropuerto presentan valores ligeramente menores por su mayor distancia al litoral y porque se encuentran en zonas menos influenciadas por la brisa marina nocturna.

**Figura 6.38. Histogramas Temperatura mínima.**



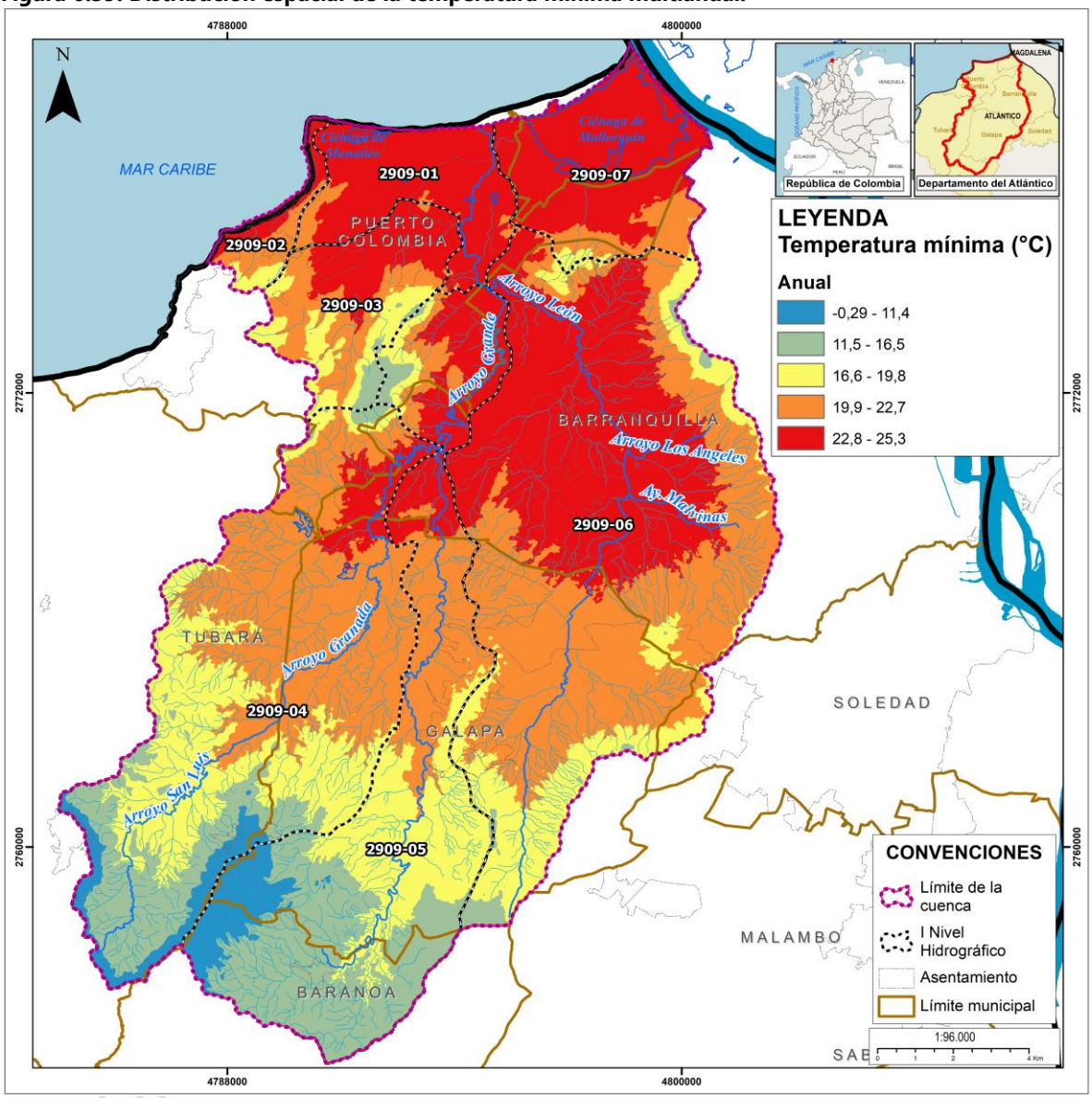

En la Figura 6.39 correspondiente a la distribución espacial multianual de la temperatura mínima se identifica un patrón claro en el que la franja costera norte registra los valores más altos del sistema, entre aproximadamente 22.8 y 25.3 grados. Esta zona incluye los

alrededores de la Ciénaga de Mallorquín, Barranquilla, Puerto Colombia y las subunidades 2909-01, 2909-02, 2909-03 y 2909-07. En el centro de la cuenca los valores disminuyen progresivamente hacia rangos aproximados entre 19.9 y 22.7 grados, mientras que la zona sur y suroccidental presenta los valores más bajos, con clases entre aproximadamente 11.5 y 16.5 grados, asociadas a sectores de mayor elevación y con cobertura vegetal más densa.

Este gradiente confirma que la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se ubican de manera consistente en la franja térmica más cálida durante la noche. La estabilidad térmica nocturna en este sector reduce la pérdida de calor en superficie y modifica la dinámica del intercambio energético en la lámina de agua, lo que influye en la evaporación y en la sensibilidad del ecosistema frente a variaciones atmosféricas.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.39. Distribución espacial de la temperatura mínima multianual.**




La Figura 6.40 correspondiente a la distribución espacial mensual muestra la evolución de la temperatura mínima entre enero y diciembre. Entre enero y marzo predominan clases intermedias y altas en toda la franja norte, con valores entre aproximadamente 20.7 y 25.6 grados. En este periodo la costa norte se mantiene dentro de la clase más cálida del sistema. Hacia el centro aparecen valores entre aproximadamente 15.1 y 22.4 grados y el suroccidente presenta los rangos más bajos, con valores que descienden hasta cerca de -23.6 a 9.71 grados dependiendo del mes.

En abril se presenta un aumento generalizado. Los valores entre aproximadamente 22.1 y 25.9 grados dominan la franja costera y se expanden hacia el centro. En mayo persiste este patrón, con temperaturas entre 24.3 y 25.1 grados en los sectores cercanos a la Ciénaga de Mallorquín. Hacia el centro se mantienen rangos intermedios entre 23.3 y 24.2 grados, mientras que el suroccidente conserva las temperaturas mínimas más bajas, aunque con un ascenso respecto a los primeros meses del año.

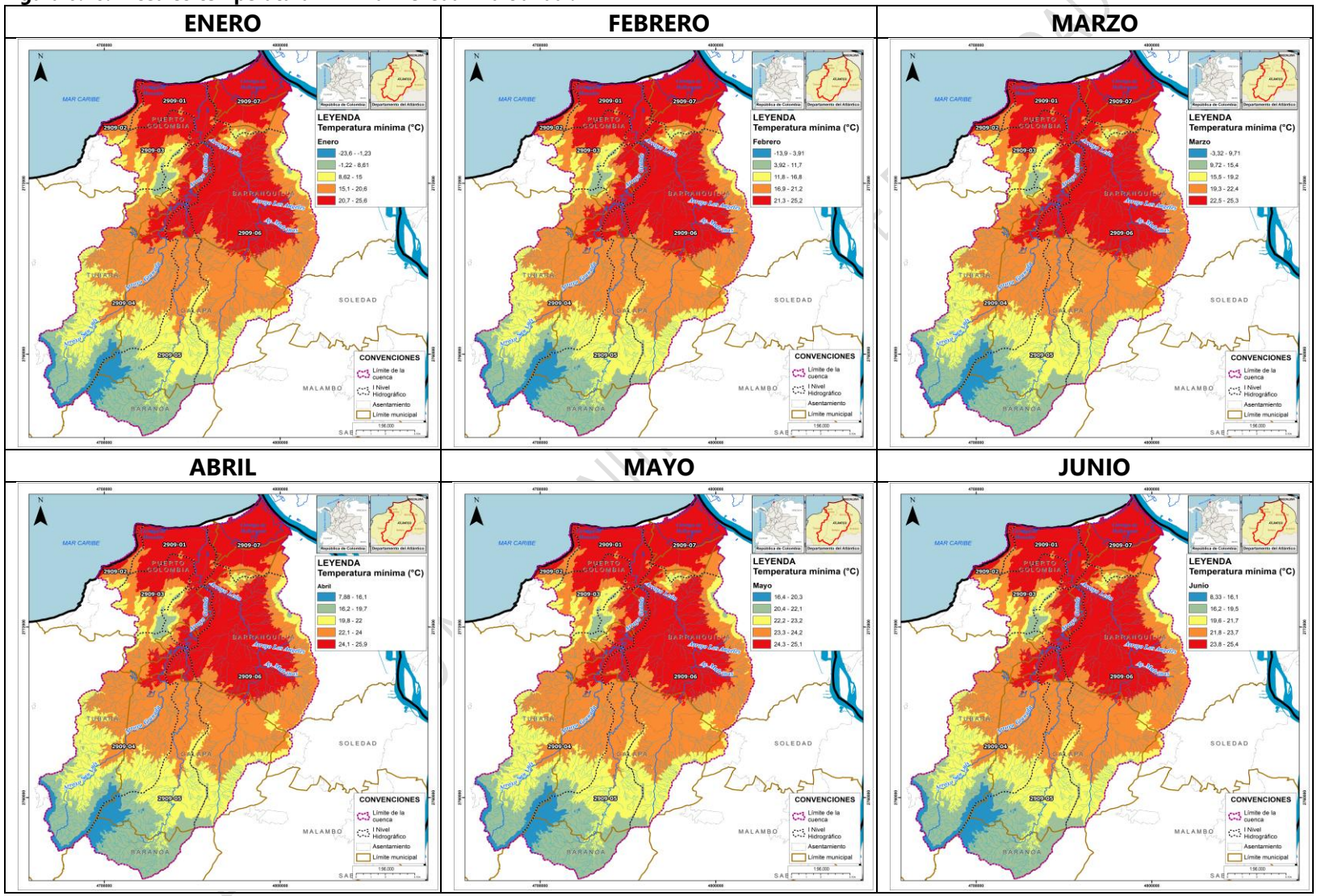
En junio y julio los valores se mantienen altos en el norte, entre aproximadamente 23.5 y 25.5 grados. En el centro y sur aparecen rangos entre aproximadamente 21.1 y 23.7 grados. En agosto y septiembre la temperatura mínima desciende de manera moderada. El norte conserva valores entre aproximadamente 23.0 y 25.2 grados, mientras que el centro baja hacia clases alrededor de 20.9 a 23.3 grados y el suroccidente retorna a los valores más bajos del ciclo multianual.

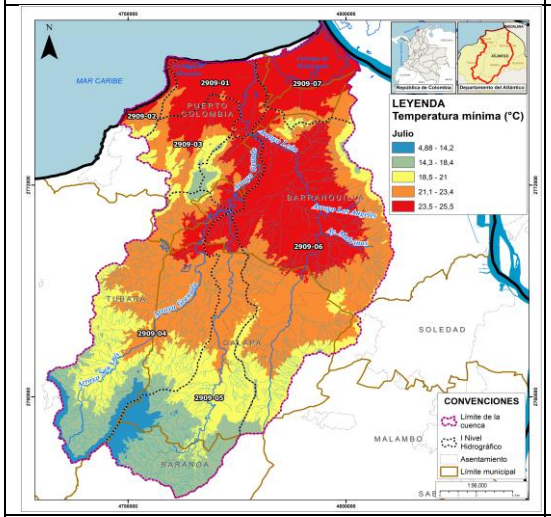
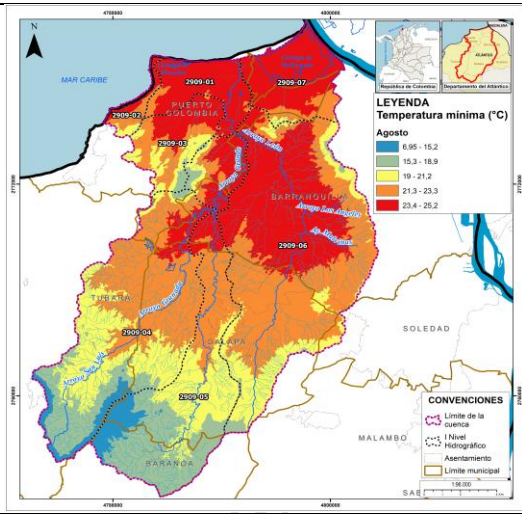
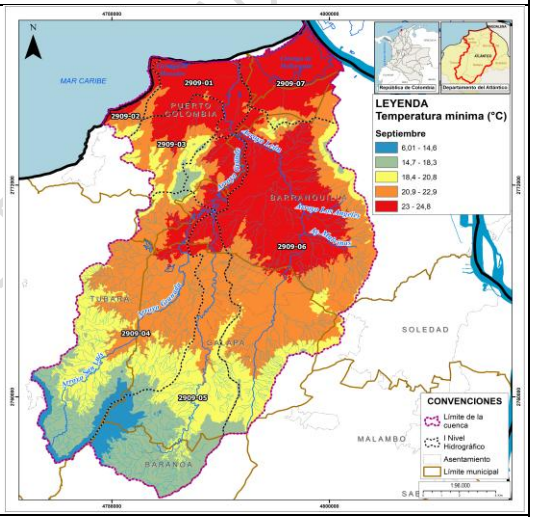
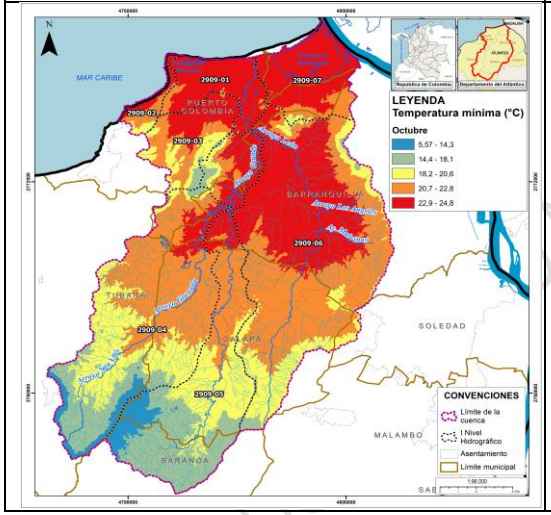
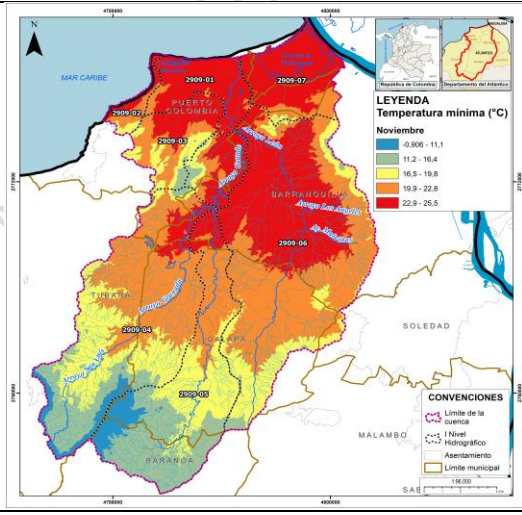
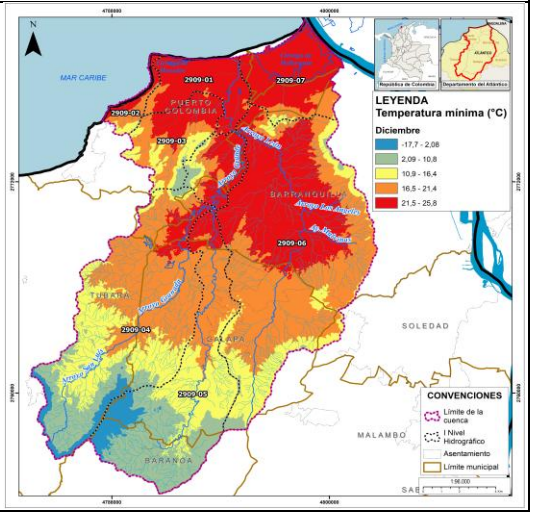
En octubre y noviembre se registra el descenso más marcado del segundo semestre. Los valores en el norte se sitúan entre 22.9 y 25.5 grados, mientras que el centro alcanza rangos entre 19.9 y 22.8 grados. El suroccidente presenta nuevamente los valores más bajos del sistema, con clases que en algunos sectores llegan por debajo de 14.4 grados. En diciembre los valores aumentan ligeramente en toda la cuenca. La franja costera vuelve a registrar valores entre aproximadamente 21.5 y 25.8 grados, mientras que el centro y sur muestran una recuperación general hacia rangos entre -17.7 y 21.4 grados.

Este comportamiento temporal y espacial evidencia que la temperatura mínima en la cuenca mantiene un régimen estable, controlado por la influencia del mar Caribe y por la altitud en los sectores altos del suroccidente. La Ciénaga de Mallorquín, junto con la parte baja de los arroyos Grande y León, se sitúa de forma persistente en las clases más cálidas durante la noche. Esto influye en la estratificación térmica, en la estabilidad atmosférica matutina y en la tasa de evaporación nocturna, lo que convierte a la temperatura mínima en una variable clave dentro del análisis climático que soporta la formulación del POMCA.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.40. Mosaico temperatura mínima mensual multianual.**



| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |

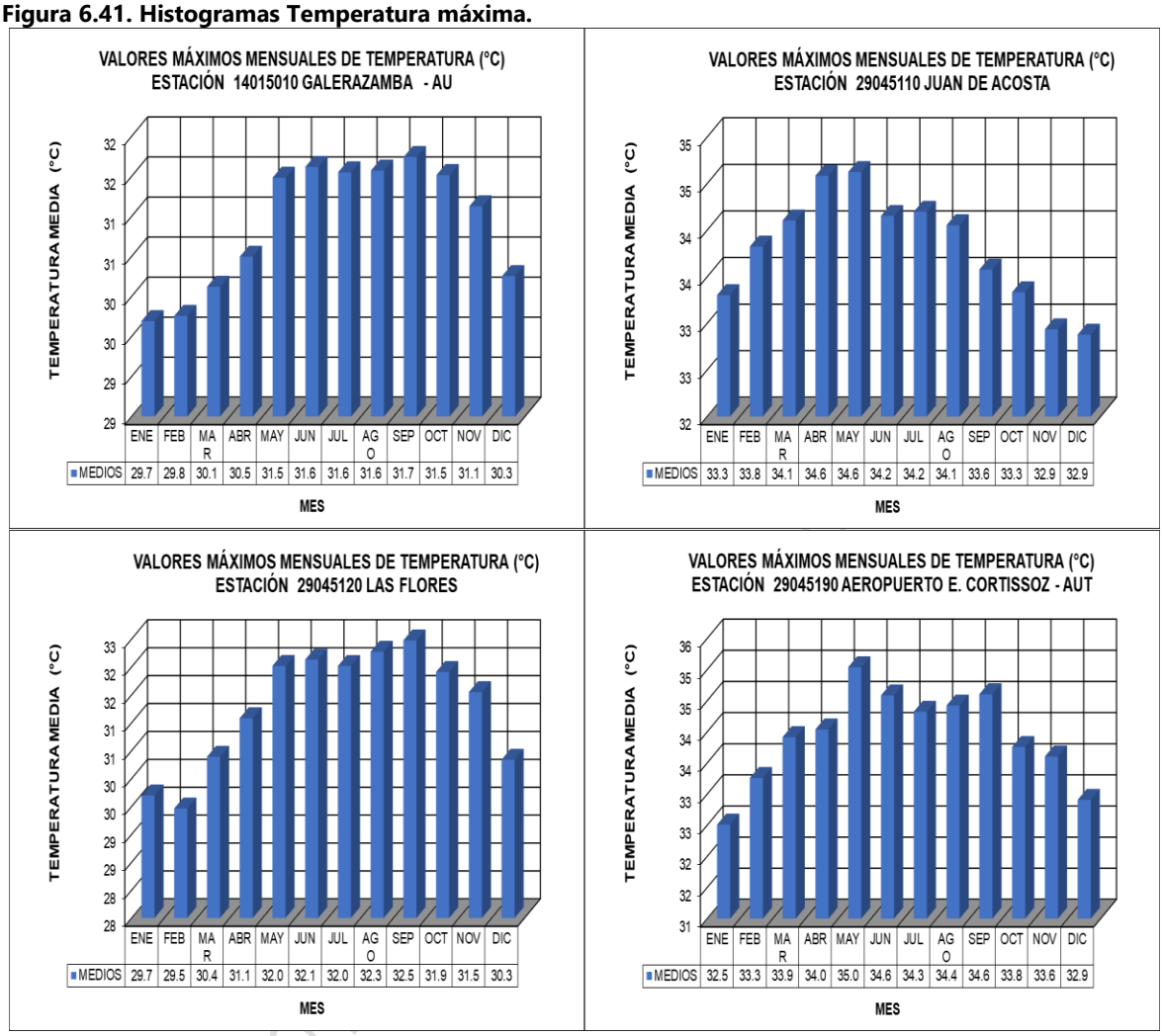
❖ *Temperatura máxima*

La temperatura máxima diaria representa el valor más alto alcanzado por el aire durante el día y está asociada al balance de radiación, la cobertura de nubosidad, la circulación de vientos y las características de la superficie. En la cuenca costera estudiada controla procesos como la evapotranspiración, el estrés térmico sobre la población y la intensidad de la demanda atmosférica de agua, por lo que entender su variación temporal y espacial es clave para interpretar el comportamiento del sistema hídrico que alimenta la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos que drenan hacia ella.

En la Figura 6.41 de histogramas de temperatura máxima se presenta la distribución mensual registrada en las estaciones Galerazamba, Juan de Acosta, Las Flores y Aeropuerto Ernesto Cortissoz, que representan sectores costeros y de áreas próximas cercano a la cuenca. Los valores máximos mensuales oscilan, según la estación, entre cerca de 29.5 y 35.0°C. En Galerazamba las máximas son más moderadas y varían aproximadamente entre 29.7°C en enero y 31.7°C en septiembre, con un ascenso progresivo desde enero hasta mayo y un ligero descenso hacia finales de año. En Juan de Acosta los valores son superiores, con registros cercanos a 33.3°C en enero, un incremento hasta alrededor de 34.6°C en abril y mayo y una disminución gradual hasta 32.9°C en noviembre y diciembre. Las Flores muestra un patrón similar al de Galerazamba, pero con valores algo mayores, pasando de 29.7°C en enero a aproximadamente 32.5°C en septiembre, mientras que el Aeropuerto Ernesto Cortissoz presenta las máximas más altas del conjunto, con valores que aumentan de 32.5°C en enero a cerca de 35.0 °C en mayo y se mantienen por encima de 34.0°C durante gran parte del segundo trimestre. En general se identifica un incremento de las temperaturas máximas entre febrero y mayo, un mantenimiento de valores elevados entre junio y septiembre y un descenso progresivo en el último trimestre del año.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

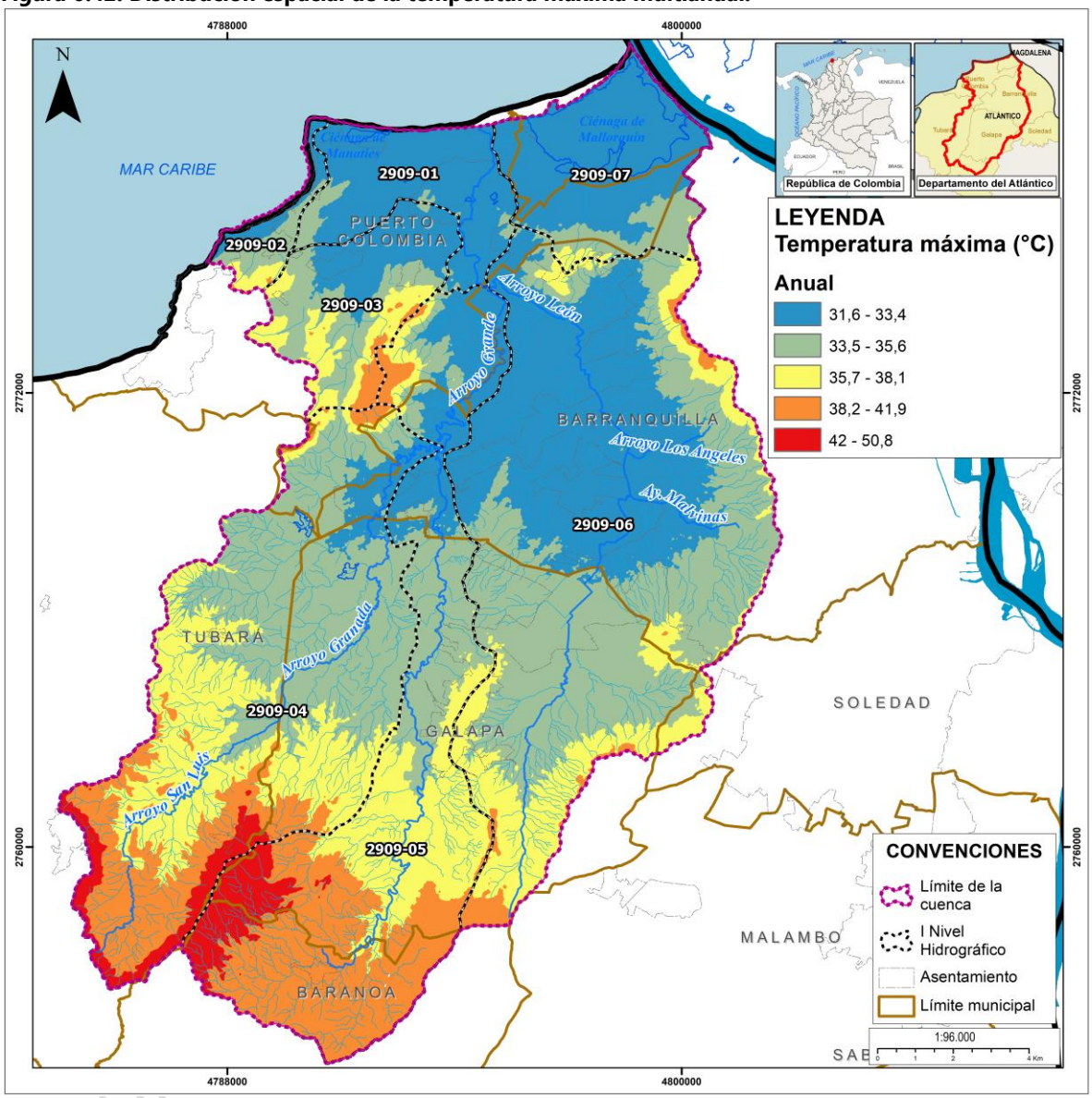
**Figura 6.41. Histogramas Temperatura máxima.**




La Figura 6.42 de distribución espacial multianual de la temperatura máxima evidencia un gradiente claro en la cuenca. Los valores más bajos se concentran en la franja norte y centro, que incluye la Ciénaga de Mallorquín y las subunidades 2909-01, 2909-02, 2909-03 y 2909-07, donde predominan clases entre aproximadamente 31.6 y 33.4°C. Hacia el oriente y parte del centro de la cuenca las máximas aumentan a rangos de 33.5 a 35.6°C. Las mayores temperaturas se localizan en el sector sur y suroccidental, especialmente en la subcuenca 2909-05 y áreas vecinas, donde se presentan clases superiores, del orden de 35.7 a más de 38.2°C, llegando localmente al intervalo 42.0 a 50.8°C. Este gradiente refleja la influencia del relieve y de las condiciones continentales hacia el interior, que favorecen un mayor calentamiento diurno con respecto a la franja costera directamente influenciada por la brisa marina.

DOCUMENTO

**Figura 6.42. Distribución espacial de la temperatura máxima multianual.**




La Figura 6.43 correspondiente a la distribución espacial mensual muestra la evolución de la temperatura máxima entre enero y diciembre. En los primeros meses del año, de enero a marzo, los valores se sitúan en rangos moderados en la mayor parte de la cuenca, con clases entre aproximadamente 29.2 y 39.8°C. En este periodo la franja costera norte, incluida la Ciénaga de Mallorquín, se mantiene en los intervalos más bajos, mientras que el sur y suroccidente ya muestran valores más elevados, dentro de las clases amarillas y rojas. En abril y mayo se intensifica el calentamiento en toda la cuenca, y el sector sur, especialmente

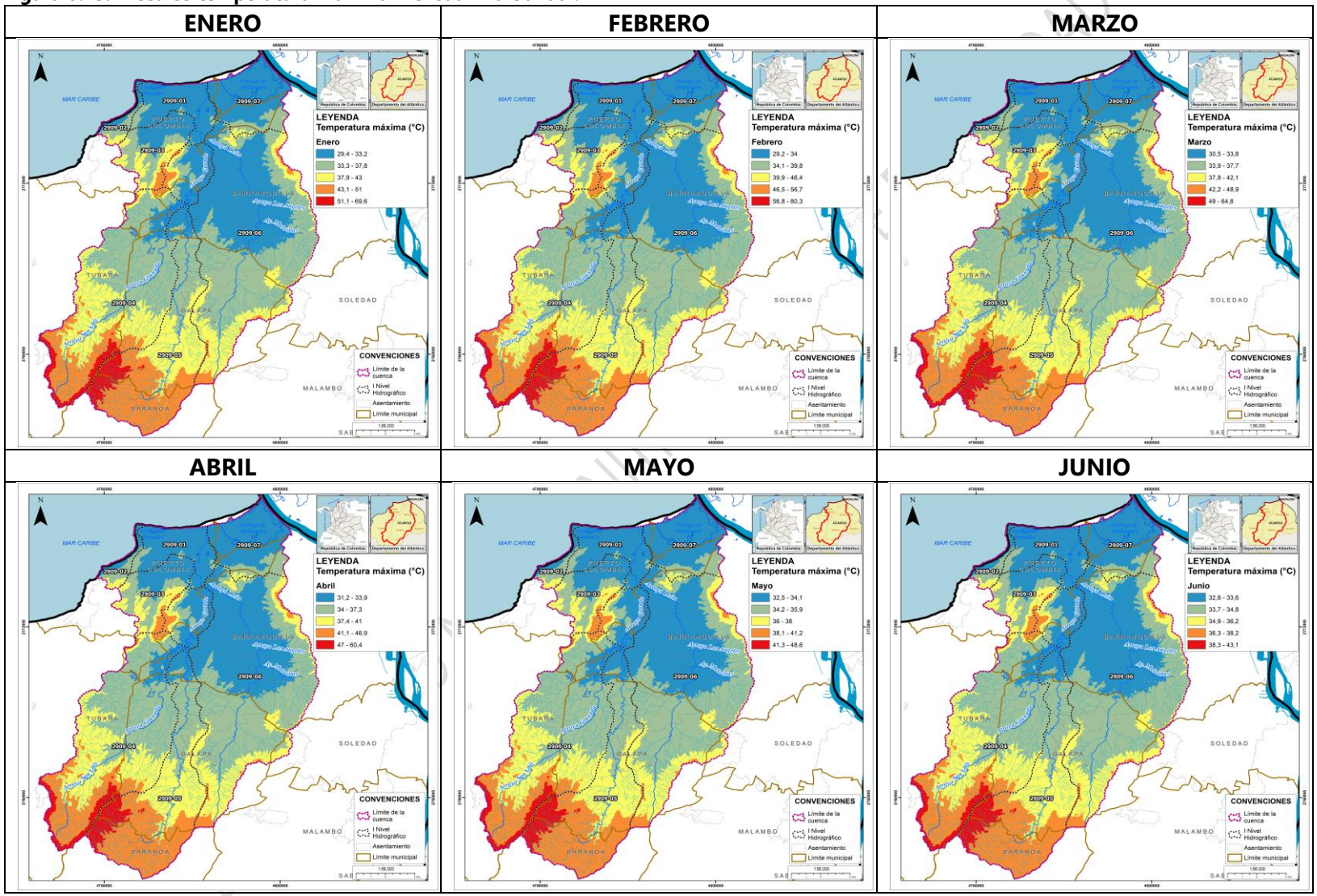
en la subcuenca 2909-05, se ubica en las clases superiores, con máximas que superan los 41°C, en tanto que el norte conserva valores menores, pero también en ascenso.

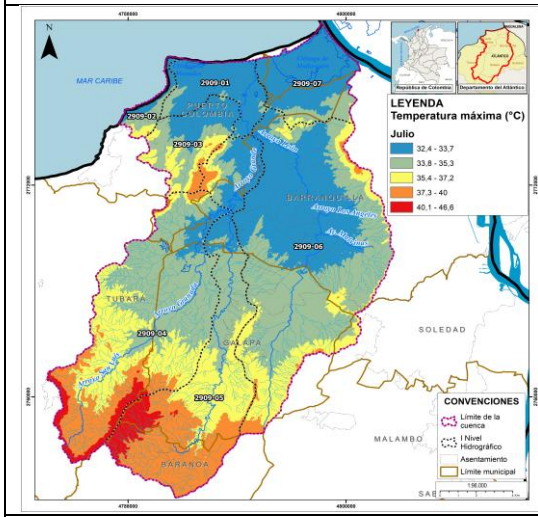
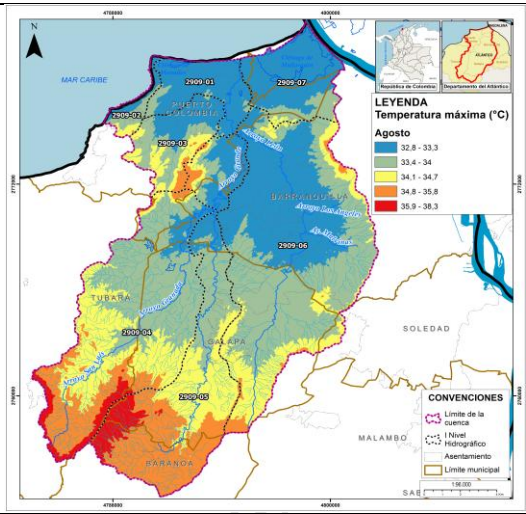
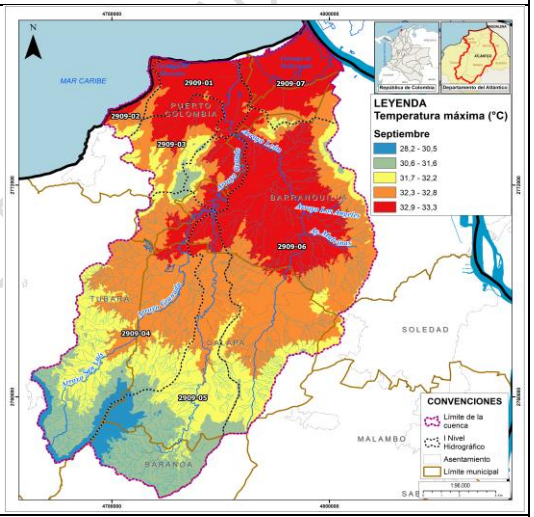
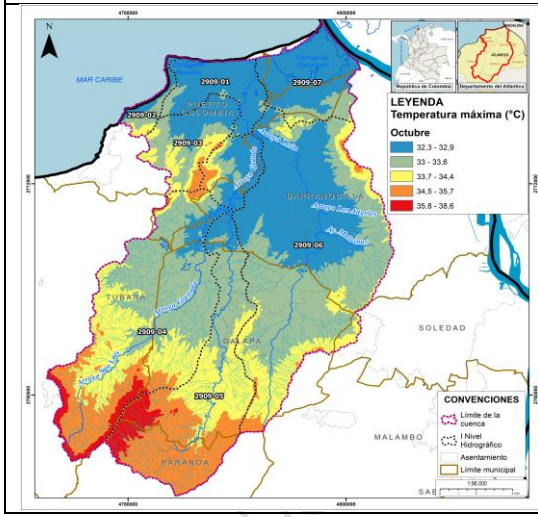
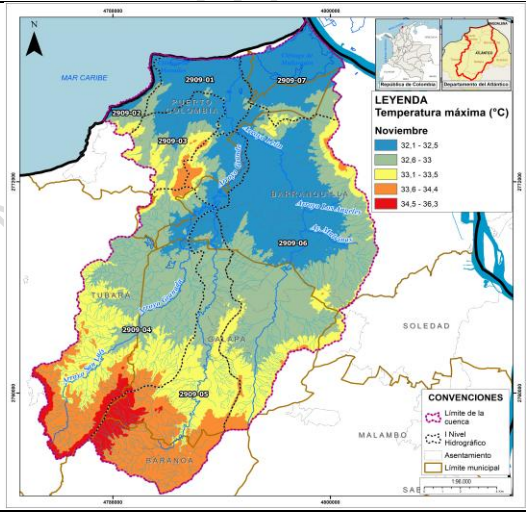
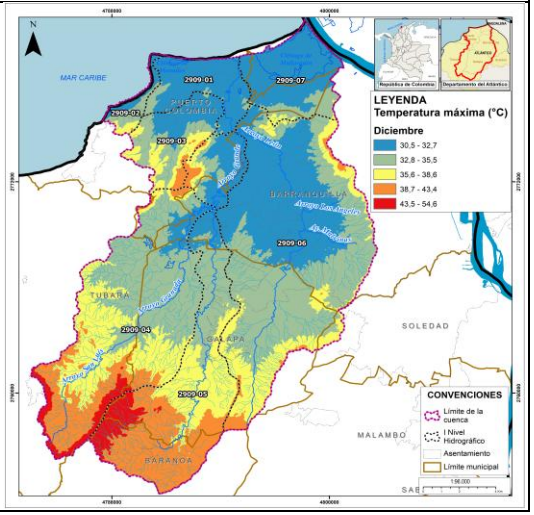
Entre junio y agosto, según los mapas mensuales, las temperaturas máximas se mantienen altas, pero con una ligera redistribución espacial. En junio y julio el patrón es similar al de mayo, con el suroccidente como zona más cálida y la franja costera en clases intermedias, alrededor de 32.4 a 35.3°C. En agosto los valores descienden levemente, aunque la cuenca sigue dominada por rangos cálidos. En septiembre se observa un cambio importante: el máximo relativo de temperatura se desplaza hacia el norte, y la Ciénaga de Mallorquín y las unidades 2909-01 y 2909-07 pasan a ocupar las clases más altas del sistema, alrededor de 32.9 a 33.3°C, mientras el sur se ubica en rangos ligeramente menores. En octubre y noviembre las máximas disminuyen de forma gradual, pero el patrón espacial mantiene contrastes entre la franja costera norte, los sectores intermedios y el sur de la cuenca, con valores entre aproximadamente 32.1 y 38.6°C. En diciembre las temperaturas continúan descendiendo y el mapa muestra un escenario similar al de inicios de año, con valores más bajos y un gradiente menos marcado, aunque el suroccidente persiste como el sector de mayor calentamiento relativo.

Este comportamiento temporal y espacial de la temperatura máxima confirma un ambiente térmico cálido a cálido-extremo en toda la cuenca, con picos de calentamiento hacia el final de la temporada seca y el inicio de la primera temporada de lluvias. Para la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande, León y demás drenajes que desembocan en ella, las altas temperaturas máximas incrementan la evaporación y la evapotranspiración de la vegetación, intensifican el estrés térmico sobre la población y favorecen procesos de calentamiento del agua superficial, con efectos sobre la calidad del agua y los ecosistemas. La combinación de máximas elevadas y gradientes espaciales bien definidos debe considerarse en el análisis del balance hídrico, en la evaluación de la vulnerabilidad frente a olas de calor y en la formulación de medidas de manejo dentro del POMCA del área de estudio.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.43. Mosaico temperatura máxima mensual multianual.**



| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |

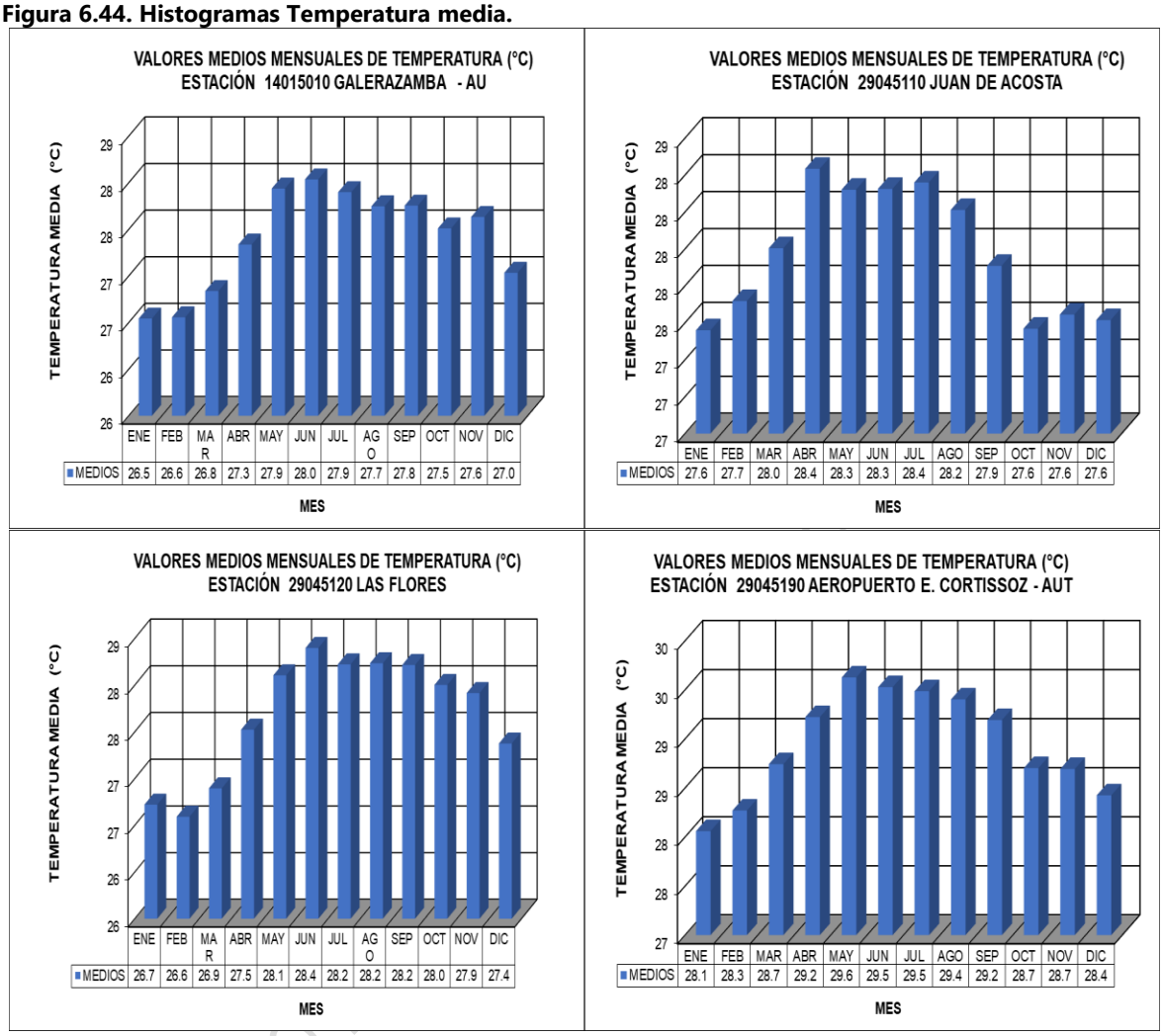
❖ *Temperatura media*

La temperatura media representa el comportamiento térmico promedio del aire y resume el balance entre la energía recibida y las pérdidas por enfriamiento. Este parámetro integra la influencia de la radiación solar, la nubosidad, la ventilación y las características del relieve. En el Arroyo Grande de Mallorquín controla procesos como la evapotranspiración, la regulación térmica de los ecosistemas, el confort climático de la población y la estabilidad de los cuerpos de agua asociados a la Ciénaga de Mallorquín. Su análisis temporal y espacial permite comprender las condiciones térmicas que estructuran el funcionamiento ambiental de la cuenca.

En la Figura 6.44 correspondiente a los histogramas de temperatura media se presenta la variación mensual registrada en las estaciones Galerazamba, Juan de Acosta, Las Flores y Aeropuerto Ernesto Cortissoz, ubicadas en sectores costeros y en zonas cercanas a la cuenca. Los valores mensuales oscilan entre aproximadamente 26.5°C y 29.6°C según la estación y el mes. En Galerazamba la temperatura media aumenta desde 26.5°C en enero hasta 28.0°C en junio, seguida de una ligera reducción entre julio y octubre y un repunte en noviembre antes de descender a 27.0°C en diciembre. Juan de Acosta muestra un incremento progresivo desde 27.6°C en enero hasta 28.4°C en abril y junio, con valores elevados entre mayo y agosto y un descenso hacia el final del año. Las Flores registra un ascenso desde 26.7°C en enero hasta un máximo de 28.4°C en junio, manteniéndose estable entre julio y octubre y disminuyendo hacia diciembre. El Aeropuerto Ernesto Cortissoz presenta las temperaturas medias más altas, iniciando con 28.1°C en enero, alcanzando 29.6°C en mayo y manteniéndose por encima de 29.0°C hasta agosto, con una reducción progresiva hasta 28.4°C en diciembre. En conjunto, las estaciones evidencian un aumento térmico entre febrero y junio y una disminución gradual entre agosto y diciembre.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

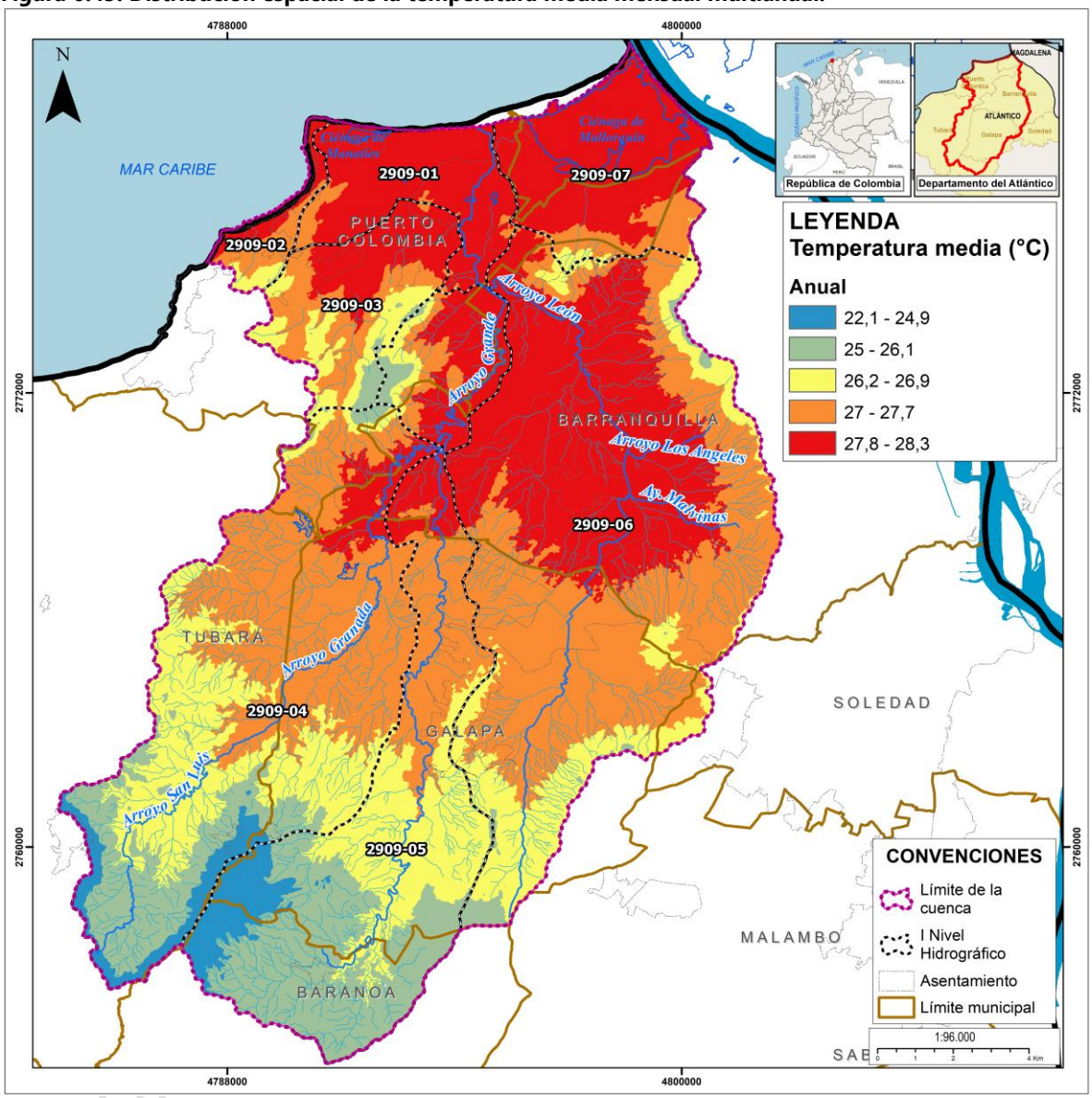
**Figura 6.44. Histogramas Temperatura media.**




La distribución espacial multianual de la temperatura media (ver Figura 6.45) muestra un gradiente bien definido en la cuenca. Las mayores temperaturas se localizan en el sector norte y nororiente, que incluye Puerto Colombia, Barranquilla y las subunidades 2909-01, 2909-02, 2909-03 y 2909-07, donde predominan rangos entre aproximadamente 27.8°C y 28.3°C. En las zonas centrales se registran valores intermedios entre 27.0°C y 27.7°C. Hacia el sur y suroccidente, especialmente en la subunidad 2909-05 y áreas de mayor altitud relativa, la temperatura media disminuye a rangos entre 22.1°C y 26.9°C. Este patrón refleja la influencia de la topografía y de la cercanía al mar, que modera el calentamiento en el norte mientras el interior continental alcanza temperaturas menores por encima de las zonas elevadas.

DOCUMENTO

**Figura 6.45. Distribución espacial de la temperatura media mensual multianual.**



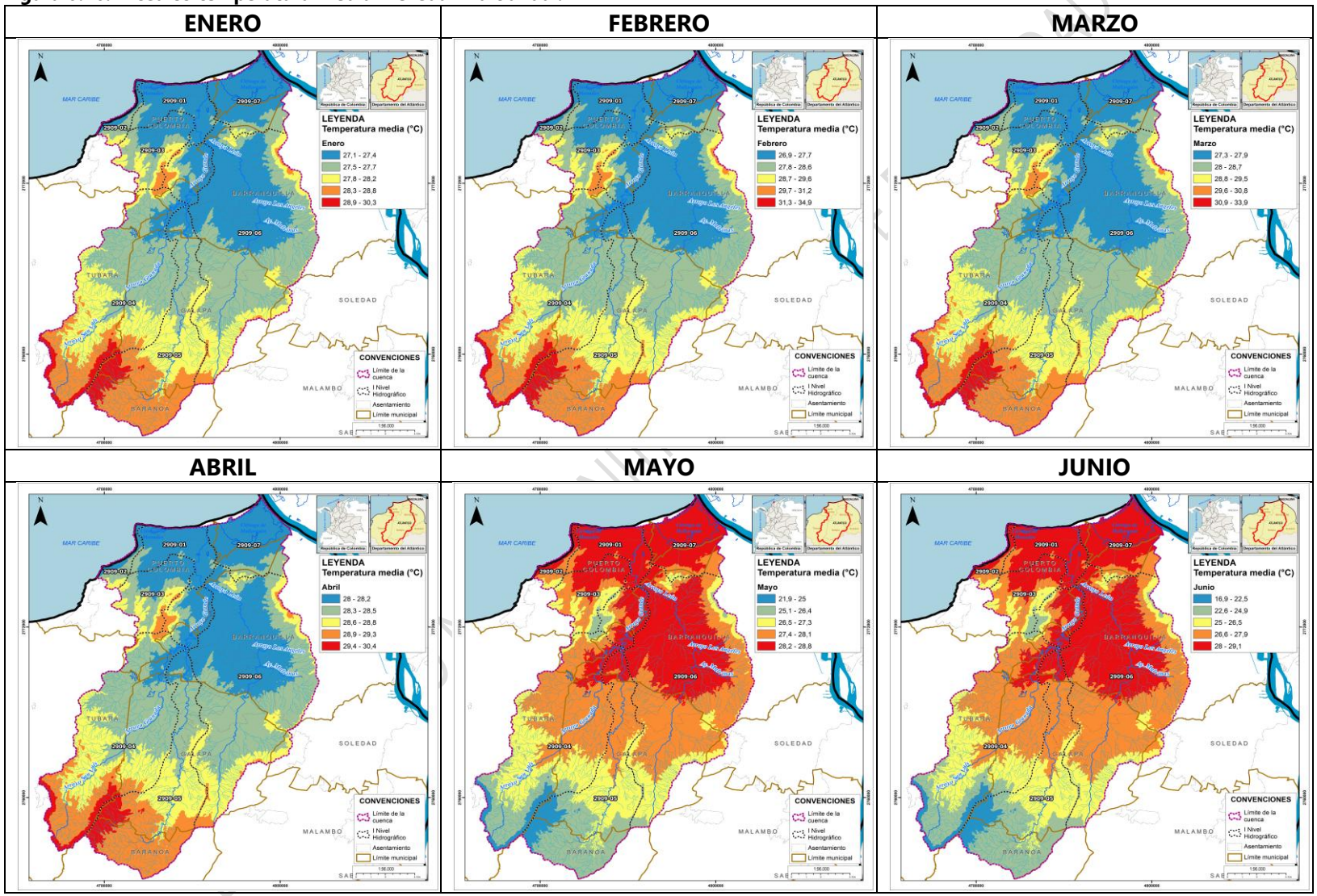

El mosaico mensual de la distribución espacial de la temperatura media (ver Figura 6.46) muestra cambios coherentes a lo largo del año. Entre enero y marzo se observan valores altos en el norte, con clases que pueden superar 26.9°C, mientras el centro mantiene valores intermedios y el suroeste registra temperaturas más bajas, especialmente en zonas elevadas. En abril y mayo persiste el calentamiento en la franja costera y en las unidades del norte, mientras que en el centro aumentan las clases entre 27.4°C y 28.5°C y el suroeste se mantiene en rangos inferiores, entre 21.9°C y 30.4°C. En junio, julio y agosto se intensifica el contraste térmico espacial: el norte continúa con temperaturas entre 27.7°C y 29°C, el centro con

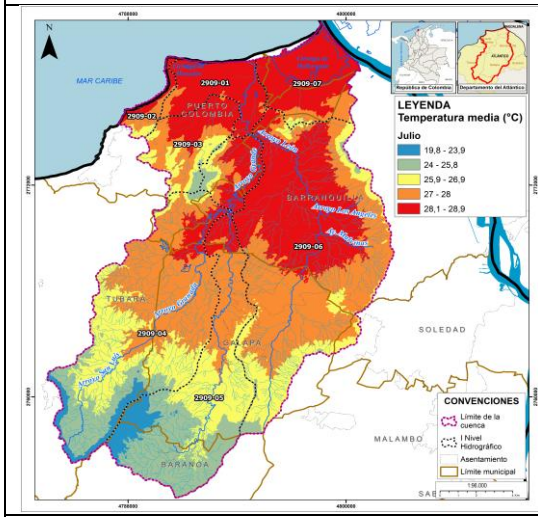
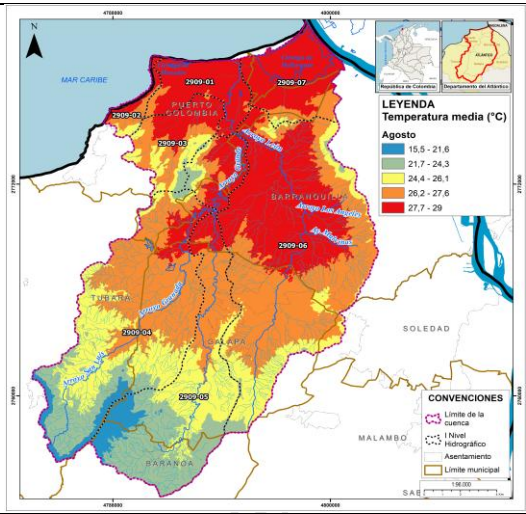
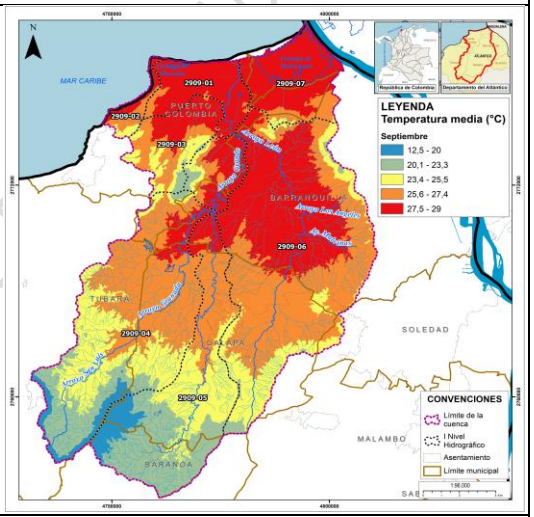
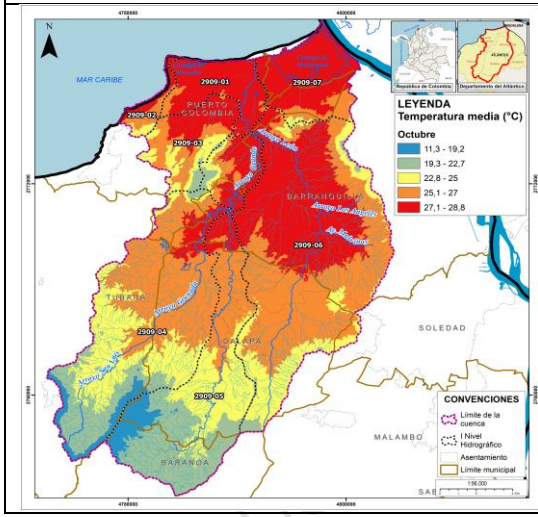
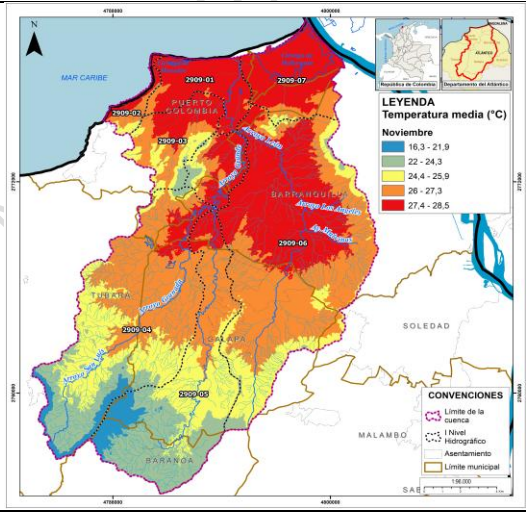
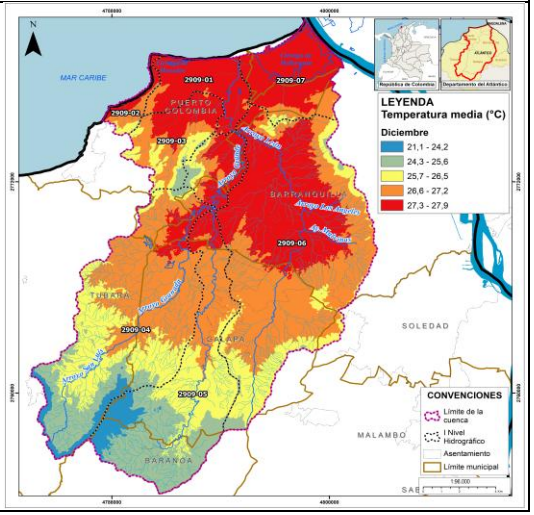
rangos entre 26.2°C y 28°C y el suroeste alcanza sus menores valores, incluso inferiores a 23.9°C en áreas localizadas. En septiembre y octubre el patrón muestra las diferencias más marcadas del año, con el norte entre 27.1°C y 29°C, el centro entre 25.1°C y 27.4°C y el suroeste con valores incluso por debajo de 20°C. En noviembre y diciembre disminuyen los valores en toda la cuenca, pero se conserva el gradiente característico con el norte como la zona más cálida, el centro en rangos intermedios y el suroeste en las clases más bajas.

El comportamiento temporal y espacial de la temperatura media confirma que la cuenca presenta un ambiente térmico cálido con variaciones controladas por la altitud y la influencia marítima. Las áreas cercanas al mar mantienen valores estables y altos durante todo el año, mientras que las zonas interiores y elevadas experimentan condiciones más frescas. Para la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande, León y demás drenajes, estas temperaturas influyen en la evapotranspiración, en el intercambio térmico con la atmósfera y en la estabilidad térmica del agua superficial, aspectos que deben considerarse en los estudios del balance hídrico, en la caracterización de los ecosistemas acuáticos y en la definición de medidas de manejo dentro del POMCA del área de estudio.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.46. Mosaico temperatura media mensual multianual.**



| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |

### 6.2.2. Zonificación climática

La clasificación de las cuencas en ordenación se debe hacer de acuerdo con los lineamientos de la metodología estándar para Colombia de Caldas – Lang la cual clasifica el clima de las cuencas dependiendo de la temperatura media anual (°C) y de la precipitación anual (mm), datos que fueron calculados anteriormente en este mismo informe, y clasifica en diferentes pisos térmicos dependiendo de la altura y la temperatura media de cada cuenca en ordenación. Según lo anterior, la clasificación establecida por Caldas se basa en los valores de temperatura, pero con respecto a su variación altitudinal y no latitudinal, mientras que Lang fija los límites de su clasificación teniendo en cuenta la relación entre la precipitación y la temperatura. Es por esto por lo que la clasificación Caldas-Lang utiliza la variación de la temperatura con respecto a la altitud, que indica los pisos térmicos y la efectividad de la precipitación que muestra la humedad.

La clasificación Caldas se basa en los valores de temperatura, pero con respecto a su variación altitudinal y no latitudinal. La clasificación se define por piso térmico como muestra la Tabla 6.2.

**Tabla 6.2. Clasificación Caldas.**

| Piso Térmico | Rango de Altura (m.s.n.m) | Temperatura (°C) |
|---|---|---|
| Cálido | 0 a 800 | T>= 24 °C |
| Templado | 800 a 1800 | 24 °C > T > 18 °C |
| Frío | 1800 a 2800 | 18 °C > T > 12 °C |
| Muy Frío | 2800 a 3700 | 12 °C > T > 6 °C |
| Extremadamente Frío | 3700 a 4700 | 6 °C > T > 0 °C |
| Nival | >4700 | T < 0 °C |

Por su parte, la clasificación Lang fija los límites de su clasificación teniendo en cuenta la relación entre la precipitación y la temperatura.

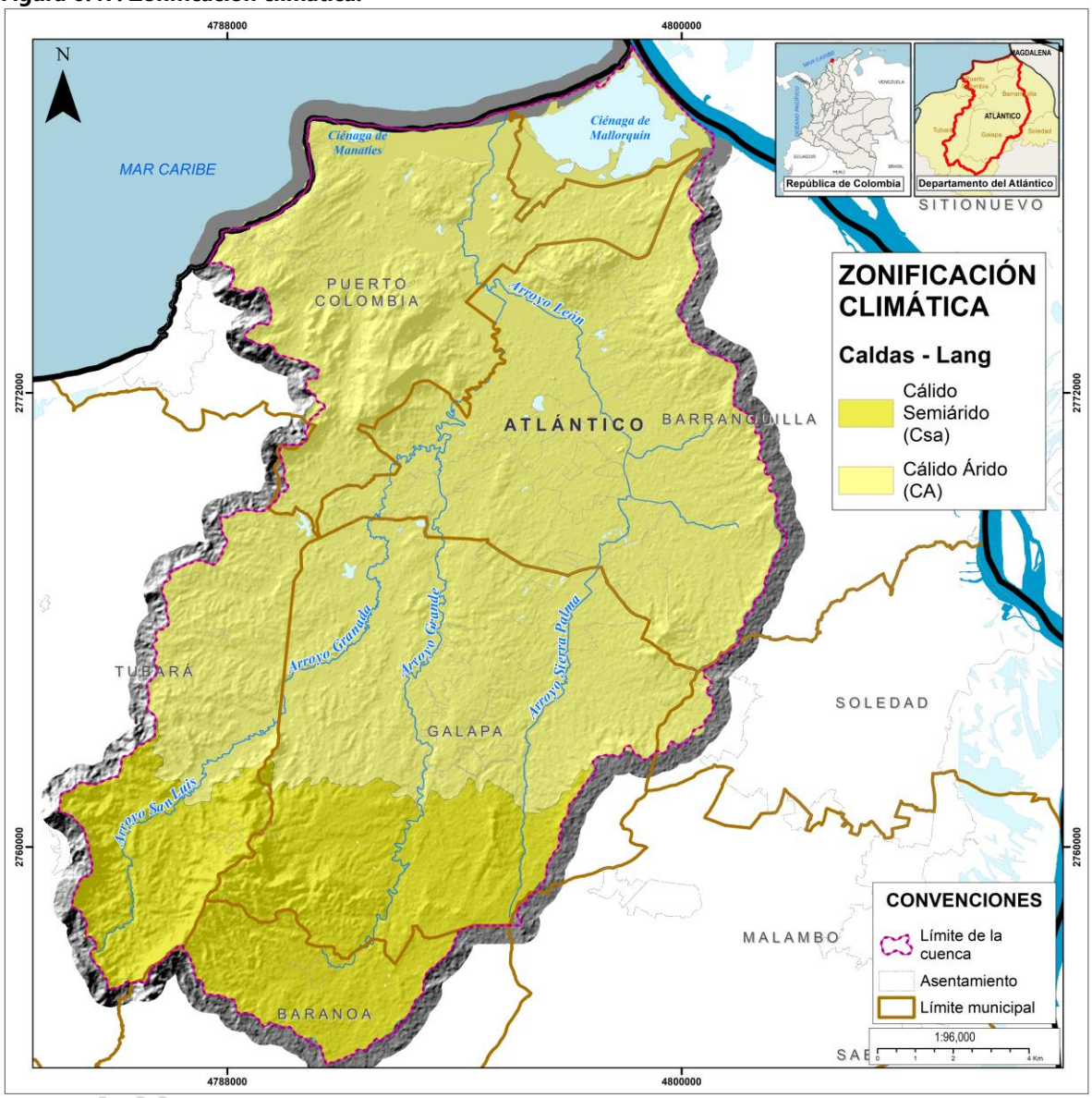
**Tabla 6.3. Clasificación Lang.**

| Coeficiente P/T | Clase de Clima |
|---|---|
| 0 a 20,0 | Desértico |
| 20,1 a 40,0 | Árido |
| 40,1 a 60,0 | Semiárido |
| 60,1 a 100,0 | Semihúmedo |
| 100,1 a 160,0 | Húmedo |
| Mayor a 160,0 | Superhúmedo |

El resultado de la aplicación de los criterios de Caldas y Lang para la zonificación climática de la cuenca se muestra en la Figura 6.47.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.47. Zonificación climática.**




La cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y de los arroyos Grande y León se encuentra completamente dentro del piso térmico cálido. La zonificación climática muestra la presencia de dos tipos principales del sistema Caldas Lang, cálido árido y cálido semiárido (ver Figura 6.47). Estas condiciones se relacionan directamente con la oferta limitada de agua y con la alta evapotranspiración, lo que define un comportamiento hidrológico sensible a periodos secos prolongados y a lluvias concentradas e intensas. El clima cálido árido domina gran parte del territorio, especialmente en las zonas centrales y bajas cercanas a Barranquilla, Puerto Colombia y la franja costera. Allí la combinación de baja precipitación, topografía

plana y elevada evaporación reduce la recarga y favorece procesos de salinización en suelos y cuerpos de agua. El clima cálido semiárido se concentra hacia el suroccidente, en áreas como Baranoa y Tubará, donde la topografía ondulada mejora ligeramente la captación de humedad y reduce el déficit hídrico relativo.

La relación entre la zonificación climática y el relieve explica el comportamiento de la red hídrica. En las partes altas y medias de los arroyos Grande y León, donde predominan condiciones semiáridas, existe mayor potencial de regulación hídrica debido a la infiltración y a la presencia de coberturas vegetales asociadas a colinas. Estas áreas aportan caudales más estables durante las transiciones entre temporadas secas y húmedas. Hacia la parte baja de la cuenca, el clima árido y la fuerte presión urbana generan escorrentías rápidas, con picos torrenciales durante eventos de lluvia de corta duración. La respuesta hidrológica de estos sectores es inmediata, con baja capacidad de almacenamiento y alta generación de sedimentos que terminan en la Ciénaga de Mallorquín.

Las condiciones áridas y semiáridas incrementan la vulnerabilidad a procesos de erosión, avenidas torrenciales y degradación de suelos. La combinación de largos periodos secos y lluvias intensas produce escorrentías con gran capacidad erosiva, que movilizan sedimentos hacia los cauces y contribuyen a la colmatación de la ciénaga. Al mismo tiempo, la disminución de los aportes de agua dulce en épocas secas intensifica la influencia marina en la Ciénaga de Mallorquín, lo que incrementa la salinidad y reduce la dilución de contaminantes provenientes de escorrentías urbanas y vertimientos.

La zonificación climática sirve como insumo para orientar la gestión ambiental dentro del POMCA. Las zonas áridas requieren medidas enfocadas en gestión eficiente del agua, manejo de escorrentías urbanas y control de sedimentos para proteger la ciénaga. Las zonas semiáridas demandan conservación y restauración de las áreas de importancia hídrica en las partes altas y medias, donde se generan los aportes más estables hacia los arroyos.

### 6.2.3. Índice de aridez

El Índice de Aridez (IA) es una medida cualitativa que describe el clima de una región, evaluando la suficiencia o insuficiencia de la precipitación en relación con el sostenimiento de los ecosistemas. Este índice permite identificar áreas con déficit o excedentes hídricos, basándose en el balance hídrico superficial. Según el IDEAM (2015), el IA se calcula mediante una fórmula específica que refleja el balance entre la oferta y la demanda de agua en el entorno natural, proporcionando información esencial para la gestión ambiental y la planificación de recursos hídricos.

$$I_A = \frac{(ETP - ETR)}{ETP}$$

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Donde:
$I_A$: Índice de Aridez (adimensional)
ETP: Evapotranspiración Potencial (mm)
ETR: Evapotranspiración Real (mm)

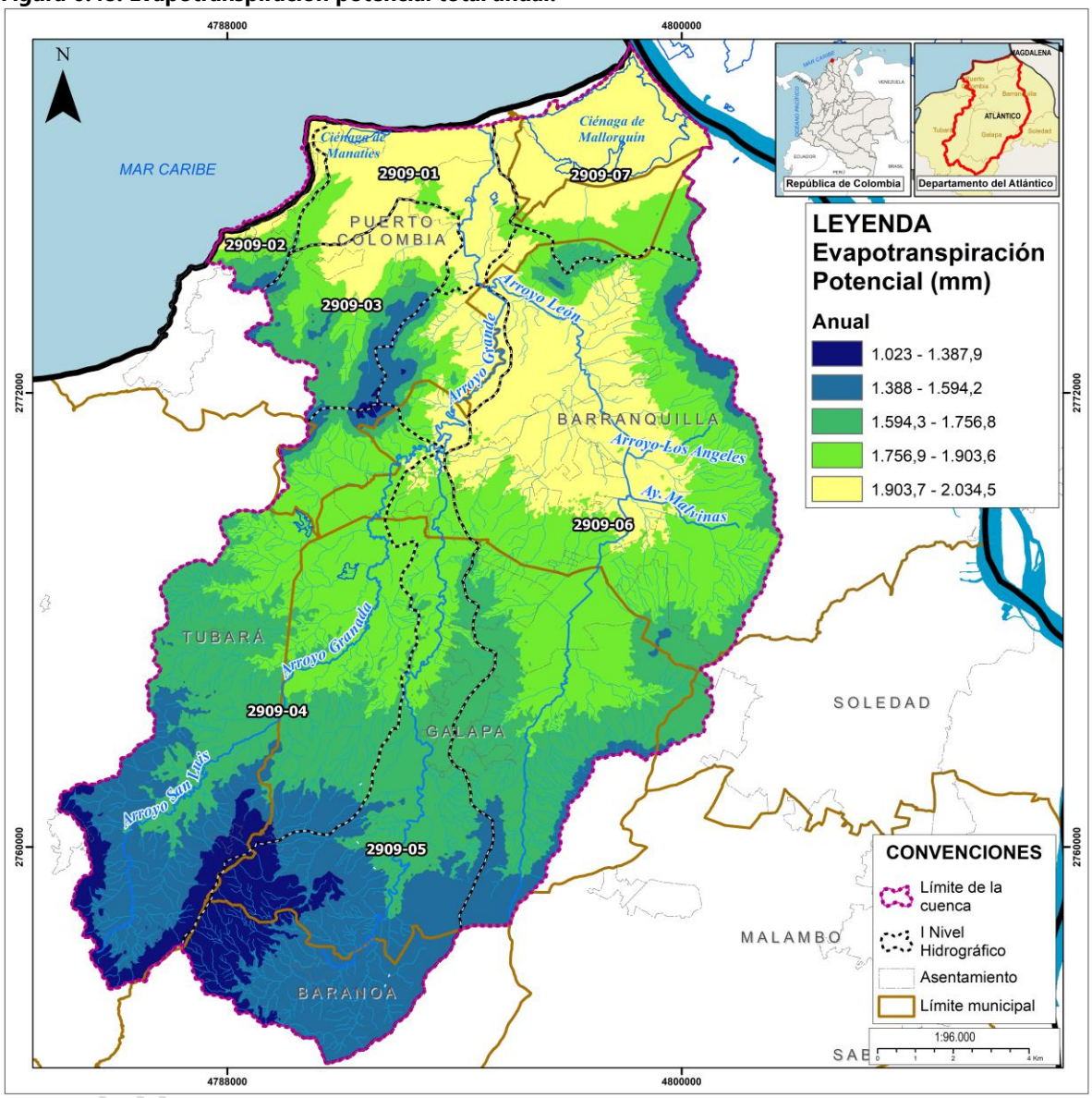
### 6.2.3.1. *Evapotranspiración potencial*

La evapotranspiración potencial en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León presenta un patrón espacial y temporal definido por las condiciones climáticas del departamento del Atlántico y por la transición entre las zonas costeras, urbanas y de lomerío que caracterizan la unidad hidrográfica. En el mapa anual se observa una gradiente regional marcada desde el suroccidente hacia el norte de la cuenca, donde los valores más bajos se concentran en el sector montañoso asociado al arroyo San Luis y al área elevada de Baranoa, alcanzando rangos entre 1023 y 1387.9 mm anuales, tal como se aprecia en la Figura 6.48 correspondiente al mapa anual. Estos valores bajos en la zona sur responden a un mayor sombreado orográfico y a condiciones locales menos expuestas a la radiación directa.

A medida que se avanza hacia el centro y norte de la cuenca los valores aumentan de forma progresiva, ubicándose en el rango intermedio entre 1594.3 y 1756.8 mm anuales en el corredor Galapa y Tubará, lo que indica condiciones con mayor radiación, menor humedad relativa y una cobertura vegetal más intervenida. Los valores más altos del año se concentran en la franja costera del norte, especialmente alrededor de la Ciénaga de Mallorquín y la zona limítrofe con el mar Caribe, alcanzando entre 1903.7 y 2034.5 mm anuales, como se observa en la Figura 6.48 del mapa anual. Esta zona presenta mayor radiación, vientos más intensos y una superficie expuesta con menor retención hídrica, factores que favorecen una mayor demanda evaporativa.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.48. Evapotranspiración potencial total anual.**




Al analizar el comportamiento mensual, el mosaico permite identificar la estacionalidad propia del régimen climático del Atlántico, donde los primeros meses se caracterizan por una alta demanda atmosférica de agua. En enero, la Figura 6.49 respectiva muestra una distribución con valores dominantes entre 139.6 y 189.7 mm, destacándose la zona costera con los valores más altos del mes. En febrero se mantiene esta tendencia con un leve aumento en la parte central, donde los valores alcanzan hasta 222 m. Marzo presenta el pico más alto del primer trimestre, con valores que alcanzan 251.5 mm en la zona sur, lo cual

concuerda con el periodo seco del Caribe donde la radiación y la velocidad del viento incrementan la demanda evaporativa.

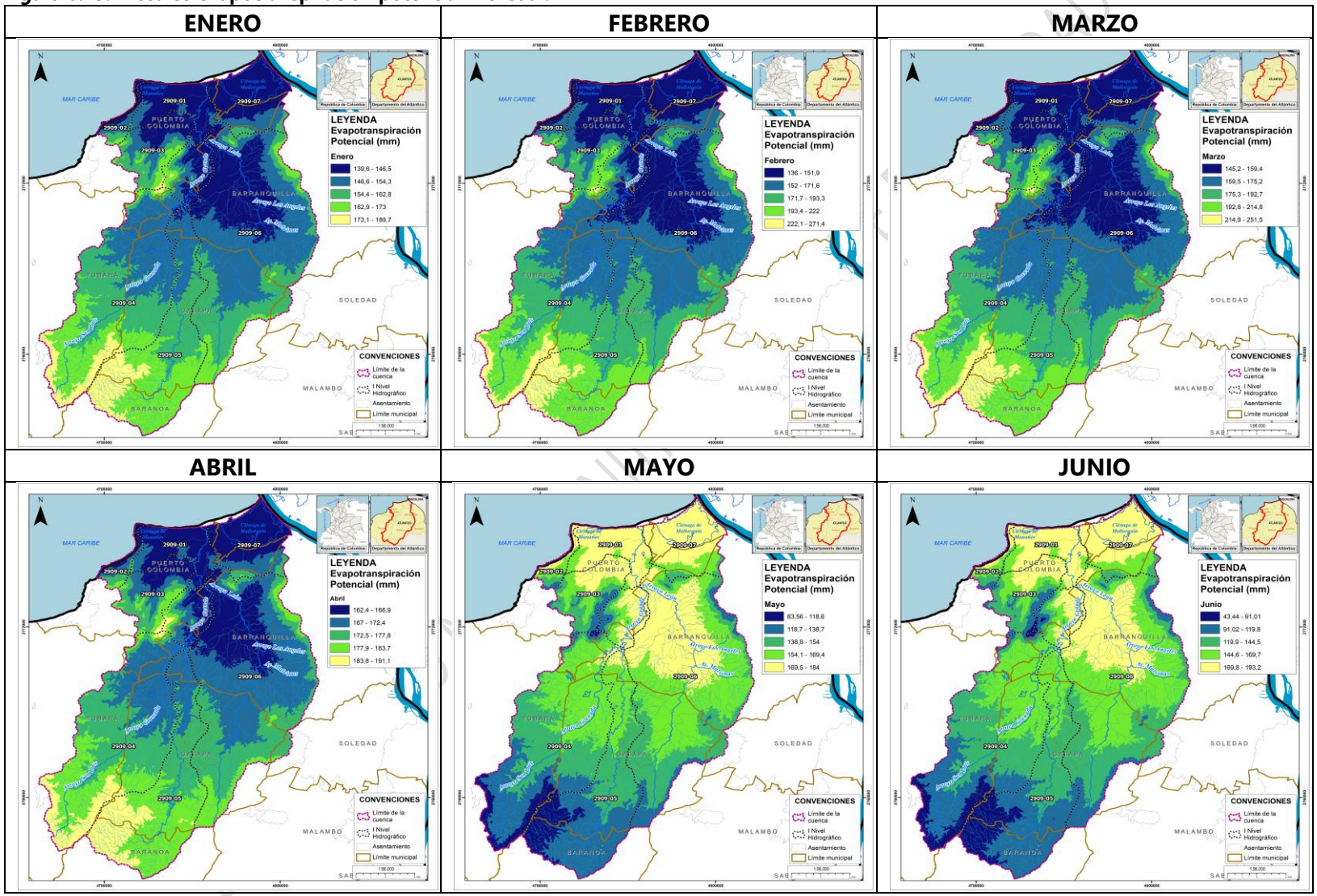
En abril se observa una disminución, especialmente en la franja urbana y central, con valores entre 162.4 y 191.1 mm, según la Figura 6.49 de abril, señalando el tránsito hacia la primera temporada lluviosa. Esta tendencia descendente se acentúa en mayo, donde los valores más frecuentes se ubican entre 83.56 y 154 mm, evidenciando una reducción de la demanda evaporativa asociada al incremento de nubosidad y humedad atmosférica. En junio y julio la evapotranspiración potencial sigue en niveles moderados, con valores que oscilan entre 43.44 y 193.2 mm. Esta disminución coincide con el periodo lluvioso estable, lo que reduce la radiación incidente.

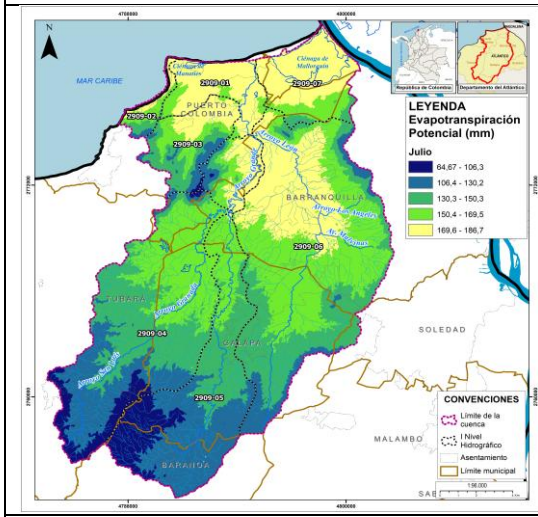
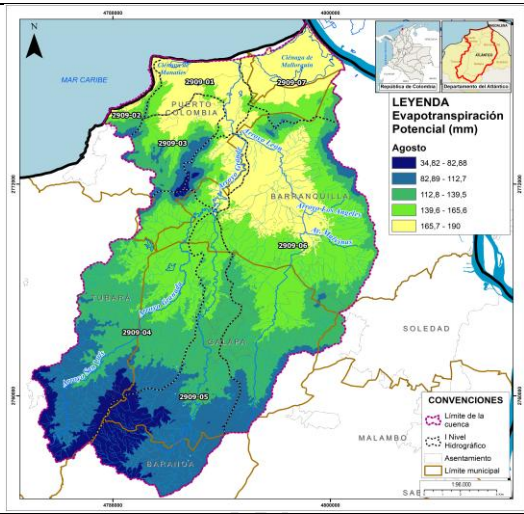
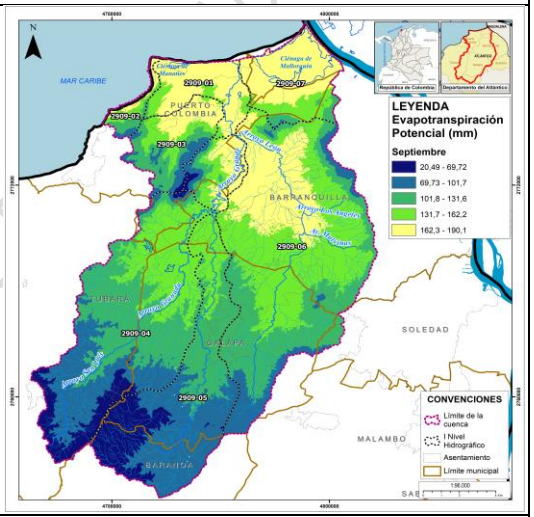
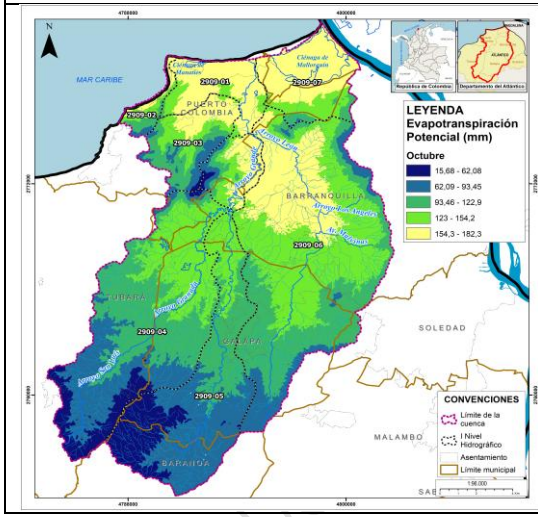
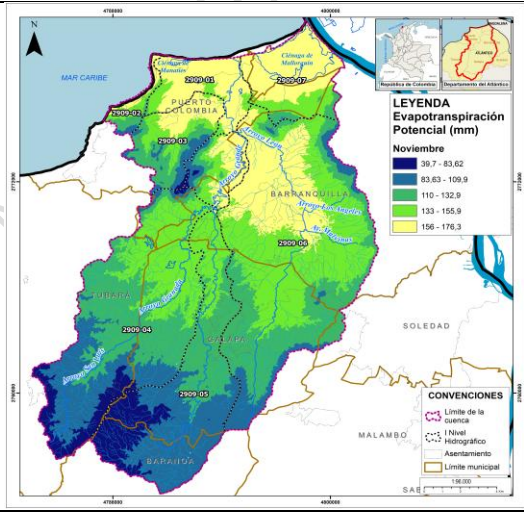
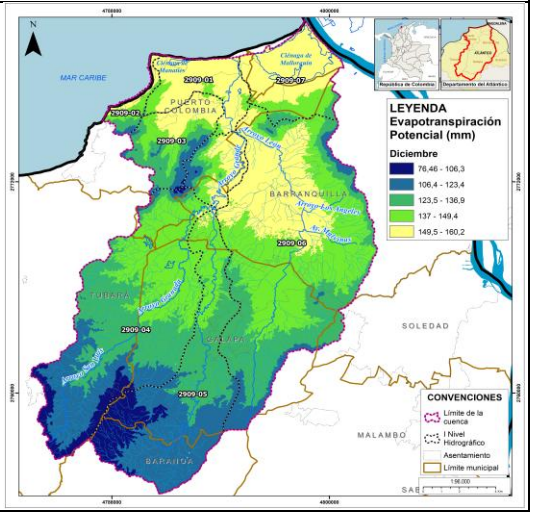
Agosto y septiembre presentan los valores más bajos de todo el año, con rangos entre 34.82 y 190 mm en agosto y entre 20.49 y 190.1 mm en septiembre según se observa en su respectiva Figura 6.49, lo cual refleja la alta nubosidad y la menor disponibilidad energética propia de estos meses. A partir de octubre el sistema atmosférico comienza a transitar nuevamente hacia condiciones más secas, lo que genera un descenso leve en la evapotranspiración potencial, con valores entre 15.68 y 182.3 mm. Este descenso continúa en noviembre, donde se muestran valores entre 39.7 y 176.3 mm, que corresponden al fin de la temporada de lluvias y a una mayor disponibilidad de energía. Finalmente, en diciembre se evidencia un aumento más marcado, con rangos entre 76.46 y 160.2 mm, lo que indica el inicio del periodo seco y el retorno a valores altos que luego se consolidan en enero del siguiente año.

De forma conjunta, la comparación del mapa anual con el mosaico mensual confirma que la mayor contribución a los valores anuales proviene del periodo seco de diciembre a marzo, mientras que los meses de menor aporte corresponden al tramo lluvioso de mayo a septiembre. La alta evapotranspiración en la zona costera y norte a lo largo del año indica una mayor vulnerabilidad a procesos de déficit hídrico, especialmente en ecosistemas como la Ciénaga de Mallorquín, donde el balance hídrico depende de la relación entre los aportes fluviales, el intercambio mareal y la demanda atmosférica.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.49. Mosaico evapotranspiración potencial mensual.**



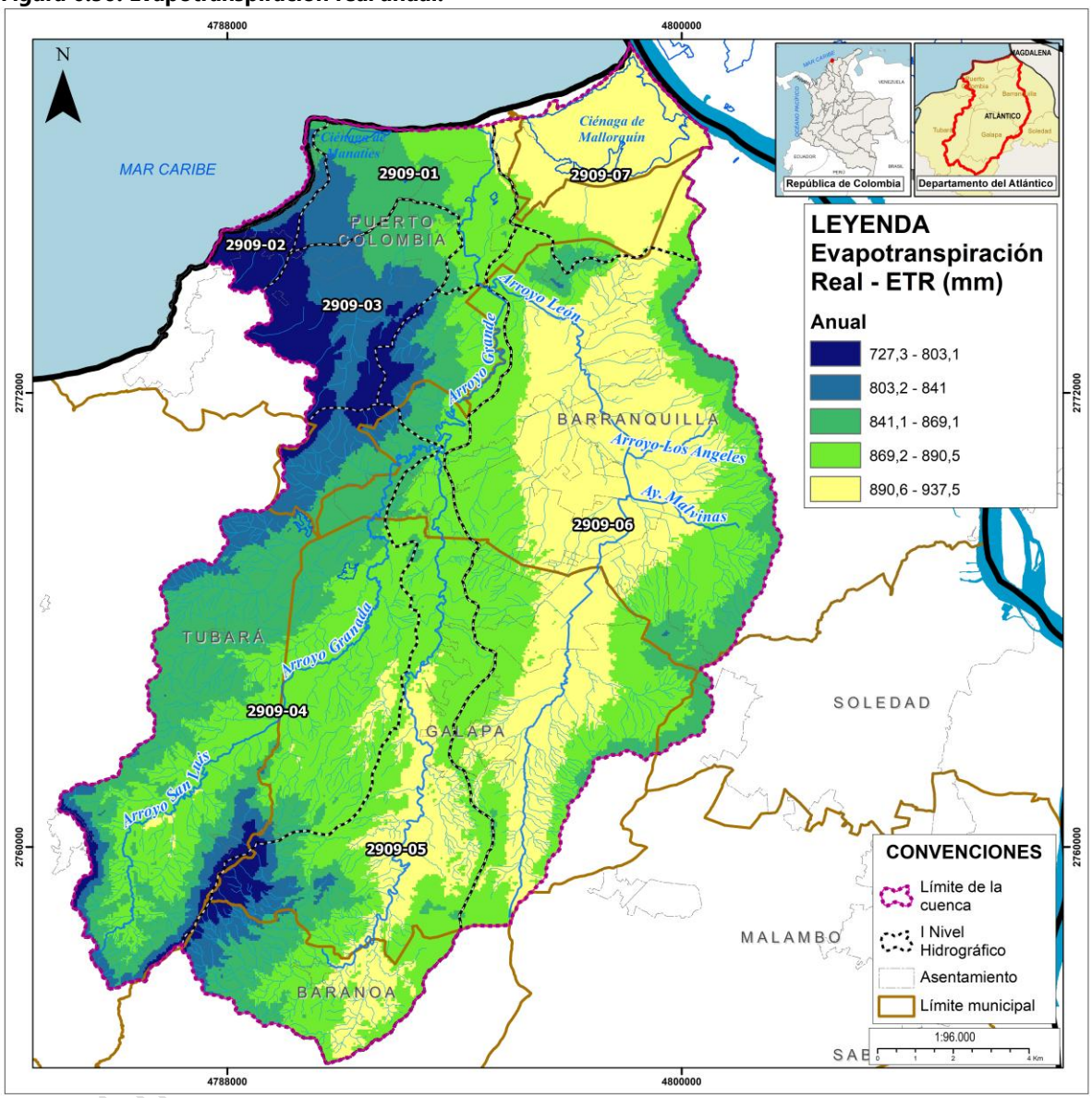
| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |

### 6.2.3.2. *Evapotranspiración real*

La evapotranspiración real en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León refleja de manera clara la interacción entre la disponibilidad hídrica, la cobertura vegetal, el relieve y las condiciones climáticas del departamento del Atlántico. En el mapa anual se identifica un comportamiento espacial definido por un gradiente desde los sectores altos y más húmedos hacia la zona costera, donde los valores más elevados se concentran en el centro y suroccidente de la cuenca, alcanzando valores entre 890.6 y 937.5 mm anuales, como se aprecia en la Figura 6.50 correspondiente al mapa anual. Estas áreas presentan mayor humedad edáfica, mayor cobertura vegetal y topografía ondulada, lo que favorece que una mayor proporción del agua disponible efectivamente se convierta en evapotranspiración real. En contraste, la zona noroccidental, que comprende la franja costera cercana al mar Caribe y parte del municipio de Puerto Colombia, registra valores entre 727.3 y 803.1 mm anuales, evidenciando una menor disponibilidad efectiva de agua para satisfacer la demanda atmosférica debido a su mayor exposición a la radiación, a la influencia del viento y a los suelos más delgados y drenados, tal como se observa en la Figura 6.50 del mapa anual.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 6.50. Evapotranspiración real anual.**




Al revisar el mosaico mensual, la distribución de la evapotranspiración real muestra una fuerte relación con la estacionalidad climática. En enero, los valores son prácticamente nulos en toda la parte norte y central de la cuenca, como se observa en la Figura 6.51 de enero, lo cual indica que la oferta hídrica del suelo es insuficiente para satisfacer la demanda evaporativa del periodo seco. En febrero se mantiene esta situación, con amplias zonas de evapotranspiración real igual a cero, reforzando la limitación hídrica típica de la estación seca del Caribe. En marzo se observa un cambio parcial, con la aparición de valores bajos entre 0 y 17.8 mm, especialmente hacia el sur, donde la humedad edáfica comienza a

recuperarse. En abril ocurre un aumento más marcado, con valores entre 20.9 y 63.7 mm, señalando el inicio efectivo de la temporada lluviosa y el incremento de la disponibilidad de agua en el suelo.

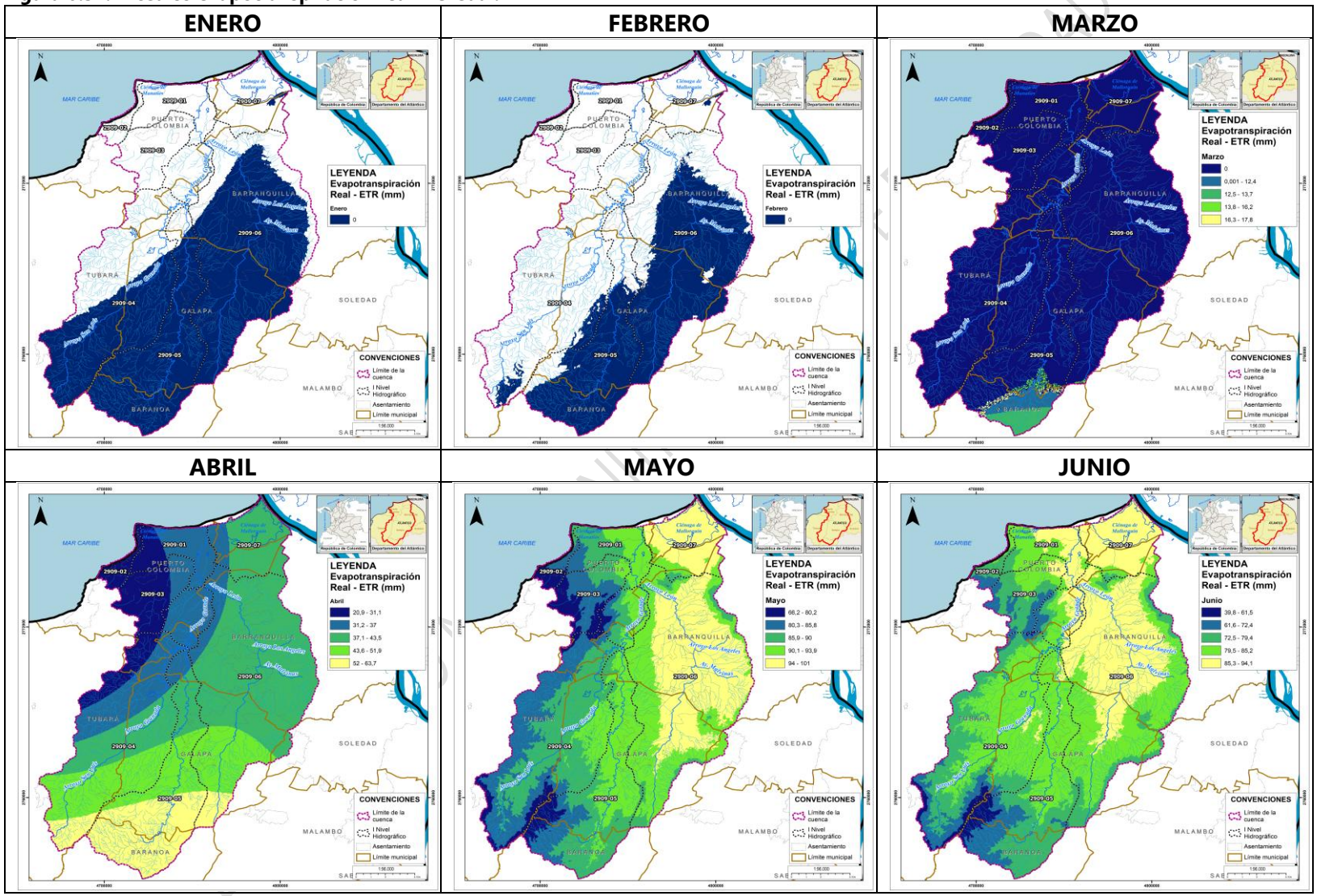
En mayo la evapotranspiración real continúa en aumento y se distribuye de manera más uniforme, alcanzando entre 66.2 y 101 mm según la Figura 6.51 de mayo, lo que refleja un periodo con mayor humedad del suelo y mayor actividad vegetal. En junio la distribución muestra valores entre 39.8 y 94.1 mm, manteniéndose la oferta hídrica elevada, aunque con ligeras diferencias entre el sur y el noreste de la cuenca. En julio los valores se estabilizan en rangos entre 54.03 y 84,78 mm, lo que concuerda con la persistencia del régimen lluvioso y la capacidad del suelo para sostener la evapotranspiración real. En agosto se mantiene una distribución similar, con valores entre 33.2 y 109 mm, destacándose nuevamente el comportamiento más alto hacia el norte y centro de la cuenca.

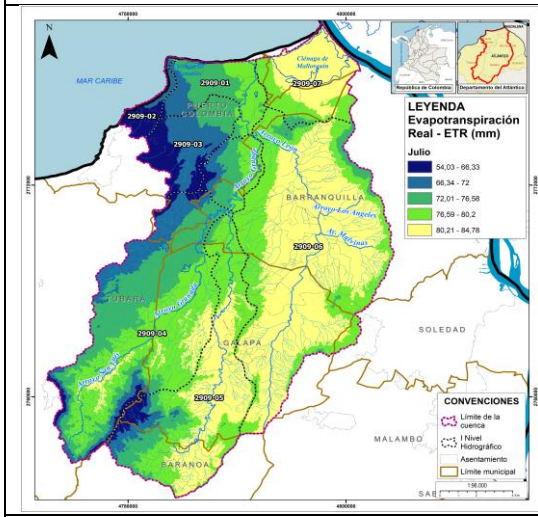
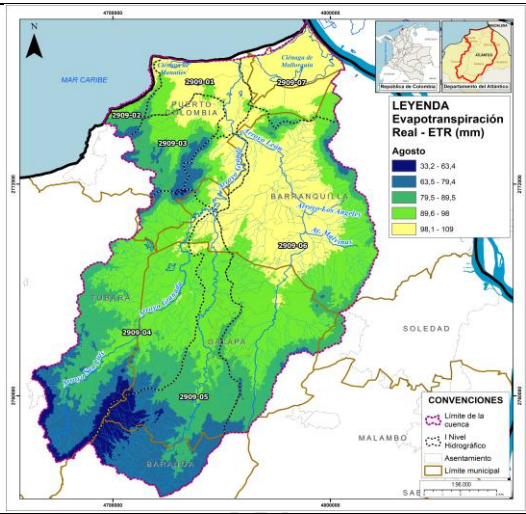
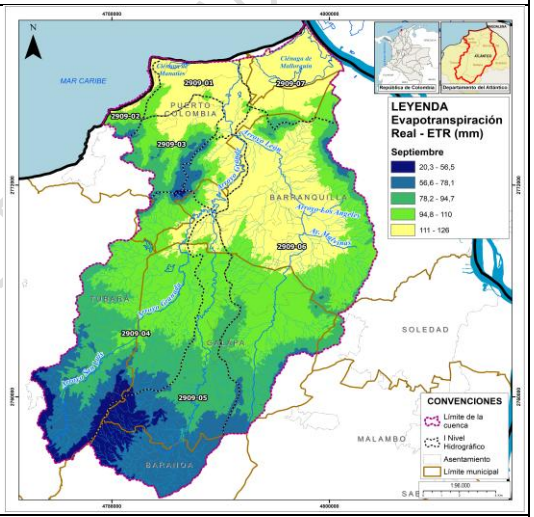
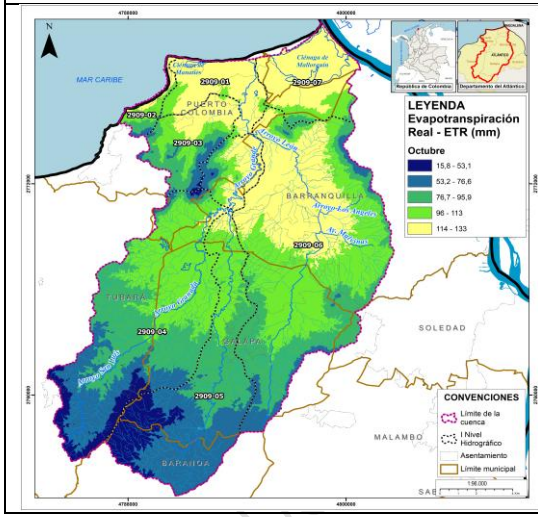
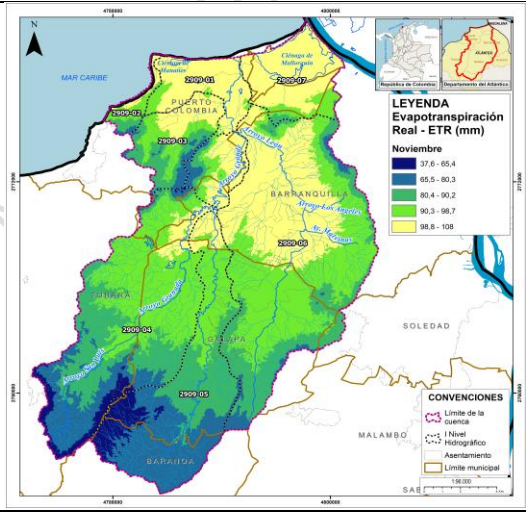
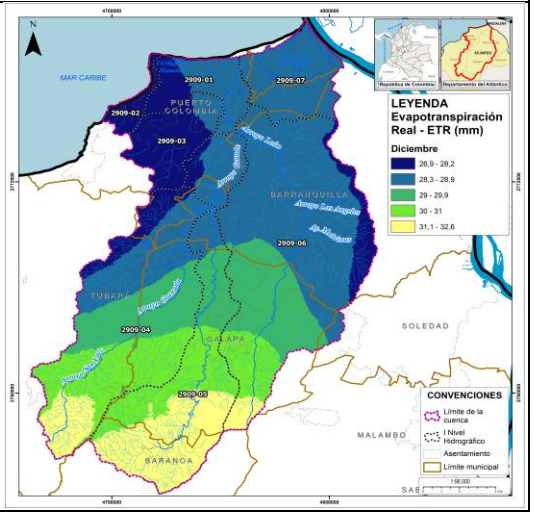
En septiembre los valores se mantienen entre 20.3 y 126 mm, según la Figura 6.51 correspondiente, lo que representa el punto en el que la humedad del suelo sigue siendo suficiente para mantener niveles moderados a altos de evapotranspiración real en la mayor parte de la cuenca. En octubre se observa una disminución progresiva hacia valores entre 15.8 y 133 mm, mostrando el inicio del periodo de transición hacia condiciones más secas. En noviembre esta tendencia continúa, con valores entre 37.6 y 108 mm, reflejando una oferta hídrica aún presente, pero en descenso. Finalmente, en diciembre la evapotranspiración real cae de manera notable, con valores entre 26.9 y 32.6 mm en la mayor parte de la cuenca, lo que coincide con el retorno a la estación seca y la reducción marcada de la humedad edáfica disponible.

En conjunto, la comparación entre el mapa anual y las figuras mensuales evidencia que la evapotranspiración real está fuertemente controlada por la disponibilidad de agua en el suelo, más que por la demanda atmosférica. Mientras que la evapotranspiración potencial alcanza sus valores más altos entre diciembre y marzo, la evapotranspiración real se ve limitada en ese mismo periodo debido al déficit hídrico. Los valores más altos de evapotranspiración real ocurren durante la temporada lluviosa, entre mayo y septiembre, cuando la humedad edáfica es suficiente para satisfacer la demanda evaporativa.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.51. Mosaico evapotranspiración real mensual.**



| JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **OCTUBRE** | **NOVIEMBRE** | **DICIEMBRE** |
|  |  |  |

#### 6.2.3.3. *Resultado índice de aridez*

- A partir de la información disponible sobre evapotranspiración potencial y evapotranspiración real, se procedió al cálculo del Índice de Aridez utilizando la herramienta Raster Calculator ingresando la siguiente ecuación:

$$\frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial total anual.
ETR: Evapotranspiración real anual.

El índice de aridez de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y de los arroyos Grande y León sintetiza de manera directa la relación entre la evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real y la disponibilidad hídrica del territorio. En el mapa correspondiente al índice de aridez, se observa que la mayor parte del sector suroccidental y central de la cuenca presenta condiciones altamente deficitarias de agua, con valores superiores a 0.60, lo cual se identifica en la Figura 6.52 del índice de aridez. Estas áreas coinciden con las zonas donde la evapotranspiración potencial anual alcanza valores elevados y donde la evapotranspiración real es limitada durante gran parte del año, especialmente en la temporada seca. Este comportamiento refleja que la demanda atmosférica supera ampliamente la disponibilidad de humedad en el suelo, lo que genera un balance hídrico negativo que afecta tanto la vegetación natural como los sistemas agrícolas y los procesos de recarga superficial.

En la franja centro-oriental de la cuenca, que incluye sectores de Galapa, Barranquilla y parte del corredor del arroyo León, predominan las condiciones deficitarias de agua en rangos entre 0.50 y 0.59, tal como se aprecia en la Figura 6.52 del índice. En estas zonas la demanda evaporativa continúa siendo alta, pero la disponibilidad hídrica temporalmente aumenta durante los meses lluviosos, lo que permite que el déficit no sea tan extremo como en el suroccidente. Sin embargo, estas áreas siguen mostrando vulnerabilidad hídrica significativa, especialmente por la presión urbana, la compactación de suelos y la reducción de coberturas vegetales que favorecen una menor retención de humedad.

La zona norte de la cuenca, que incluye la Ciénaga de Mallorquín, Puerto Colombia y la franja costera, presenta condiciones moderadamente deficitarias de agua con valores entre 0.40 y 0.49, tal como se indica en la Figura 6.52 del índice de aridez. Aunque esta región es altamente demandante desde el punto de vista evaporativo, la proximidad al sistema costero, la influencia de cuerpos de agua como la ciénaga y la presencia de suelos con mayor disponibilidad de humedad superficial contribuyen a mitigar parcialmente el déficit. En esta

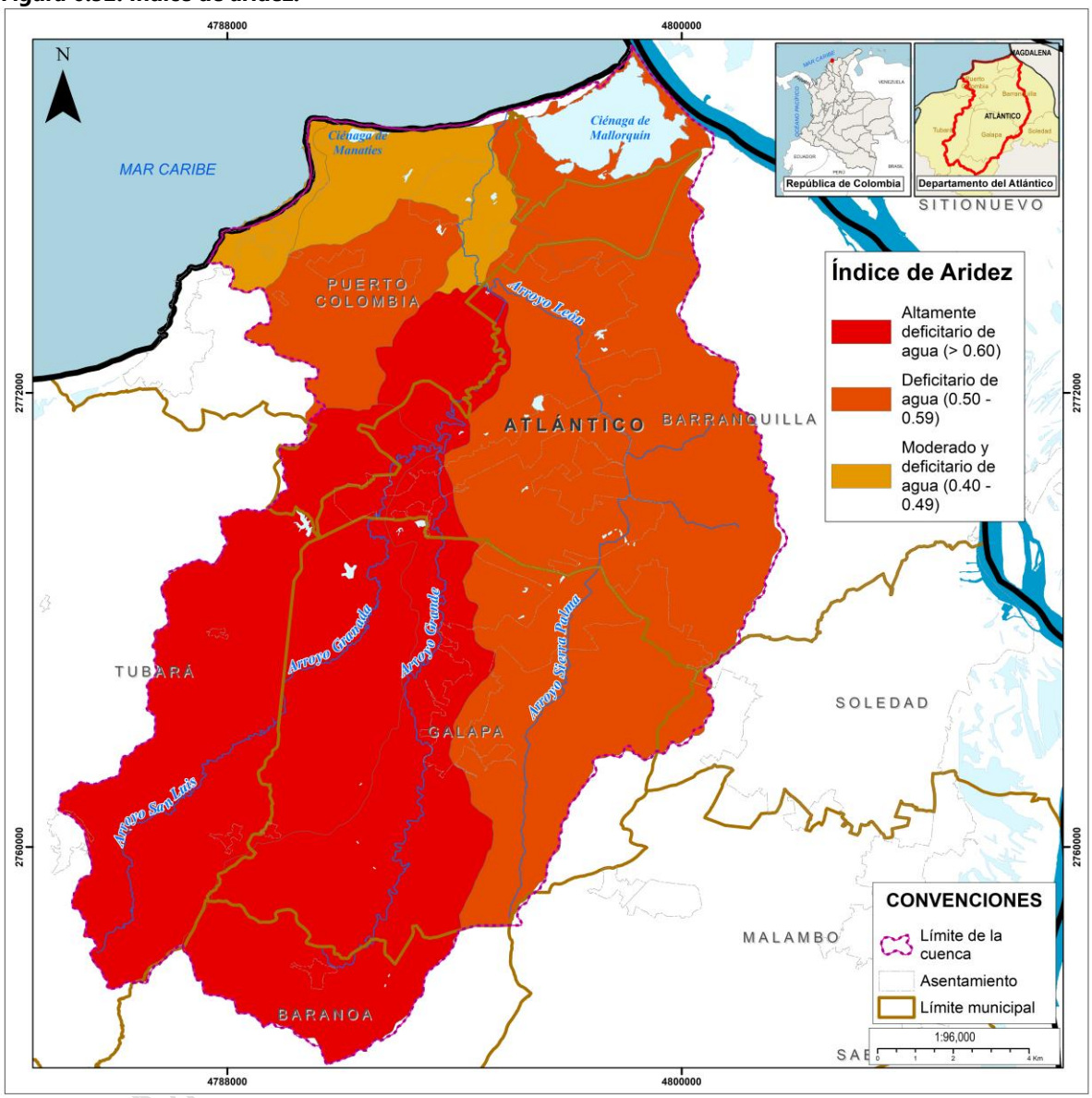
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

misma zona, la evapotranspiración real mostró valores relativamente más altos durante la temporada lluviosa, lo cual está en concordancia con un índice de aridez menos severo que en el interior de la cuenca.

En conjunto, el patrón espacial del índice de aridez refleja una cuenca con predominio de condiciones deficitarias y altamente deficitarias de agua, lo cual es coherente con los valores de evapotranspiración potencial y evapotranspiración real previamente analizados. Esta condición implica que la mayor parte del territorio enfrenta limitaciones en la disponibilidad hídrica que afectan la funcionalidad de los ecosistemas, la capacidad de recarga de acuíferos someros y la estabilidad de los flujos base en los arroyos intermitentes. El índice de aridez también permite comprender la vulnerabilidad hídrica frente a escenarios de variabilidad climática, reforzando la necesidad de medidas de adaptación basadas en ecosistemas y acciones de ordenamiento ambiental que reduzcan el déficit estructural que caracteriza a la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 6.52. Índice de aridez.**




## *6.3. ANEXOS*

Anexo No. 1 - Modelo Digital de Terreno.
Anexo No. 2 - Información Hidroclimatológica.
Anexo No. 3 - Selección Periodo de Registro.
Anexo No. 4 - Complementación Datos.
Anexo No. 5 - Análisis de Dobles Masas.
Anexo No. 6 - Análisis de Tendencias.

Anexo No. 7 - Datos Corregidos.
Anexo No. 8 - Análisis de Datos Atípicos.
Anexo No. 9 - Análisis variabilidad climática.
Anexo No. 10 - Histogramas de Precipitación.
Anexo No. 11 - Histogramas de Parámetros Clima.
Anexo No. 12 - Distribuciones Probabilísticas.
Anexo No. 13 – Curvas IDF.
Anexo No. 14 – Mapas.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 7. HIDROLOGÍA

El presente capitulo describe la información original utilizada para el resto del estudio, así como su calidad, tratamiento y algunos análisis que describen o caracterizan la información utilizada. Entre los análisis mencionados se encuentran la identificación de datos anómalos, el análisis de consistencia, la estimación de datos faltantes, análisis de homogeneidad y finalmente una caracterización probabilística.

La caracterización hidrológica presente permitió identificar aspectos relacionados con la oferta hídrica consolidados en la generación de índices importantes para la gestión del recurso hídrico. En toda temática de ordenamiento del territorio, el recurso hídrico por supuesto es un eje fundamental.

Una de las mayores restricciones en la elaboración de este documento es la disponibilidad de información a la escala espacial y resolución temporal que exige este tipo de estudios, pues se pretende caracterizar unidades de nivel I de acuerdo con el IDEAM soportándose básicamente en la red nacional de monitoreo que cumple otro tipo de propósitos, pero que sin duda aporta información valiosa para la zona de estudio.

## *7.1. Generalidades*

El comportamiento hidrológico de las corrientes que componen el sistema hídrico en la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (Código 2909) y sus unidades hidrográficas de nivel I, está claramente determinados, tanto espacial como temporalmente, por el uso y tipo del suelo, la cobertura vegetal, la morfometría y, básicamente, por la ocurrencia de la precipitación a lo largo de su territorio.

### 7.1.1. Inventario de infraestructuras hidráulicas

El inventario de infraestructuras es el conocimiento detallado de las obras hidráulicas dentro de la cuenca, referido a su ubicación, usos, funcionamiento y estado actual y grado de afectación en la cuenca. La cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (código 2909) cuenta actualmente con una ciénaga en la parte baja de la cuenca y desemboca en el Mar Caribe, específicamente en las Bocas de Ceniza, que es el punto de entrada del río Magdalena a este mar. Además, localizada en el extremo norte de la ciudad de Barranquilla, sobre la margen occidental de dicha desembocadura.

DOCUMENTO N2 DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

La infraestructura utilizada en las concesiones está relacionada con captaciones de diferentes tipos de bocatomas otorgadas por la corporación a los diferentes usuarios privados con personería jurídica y la ciénaga identificada en la de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (código 2909), se presenta en la Tabla 7.1.

**Tabla 7.1. Concesiones por unidades hidrográficas de nivel I.**

| Unidades hidrográficas Nivel I | Concesiones |
|---|---|
| Arroyo Granada | 4 |
| Arroyo Grande | 27 |
| Arroyo León | 14 |
| Ciénaga Mallorquín | 12 |
| Cisne | 14 |
| Plano Costero | 5 |
| **Total** | **76** |

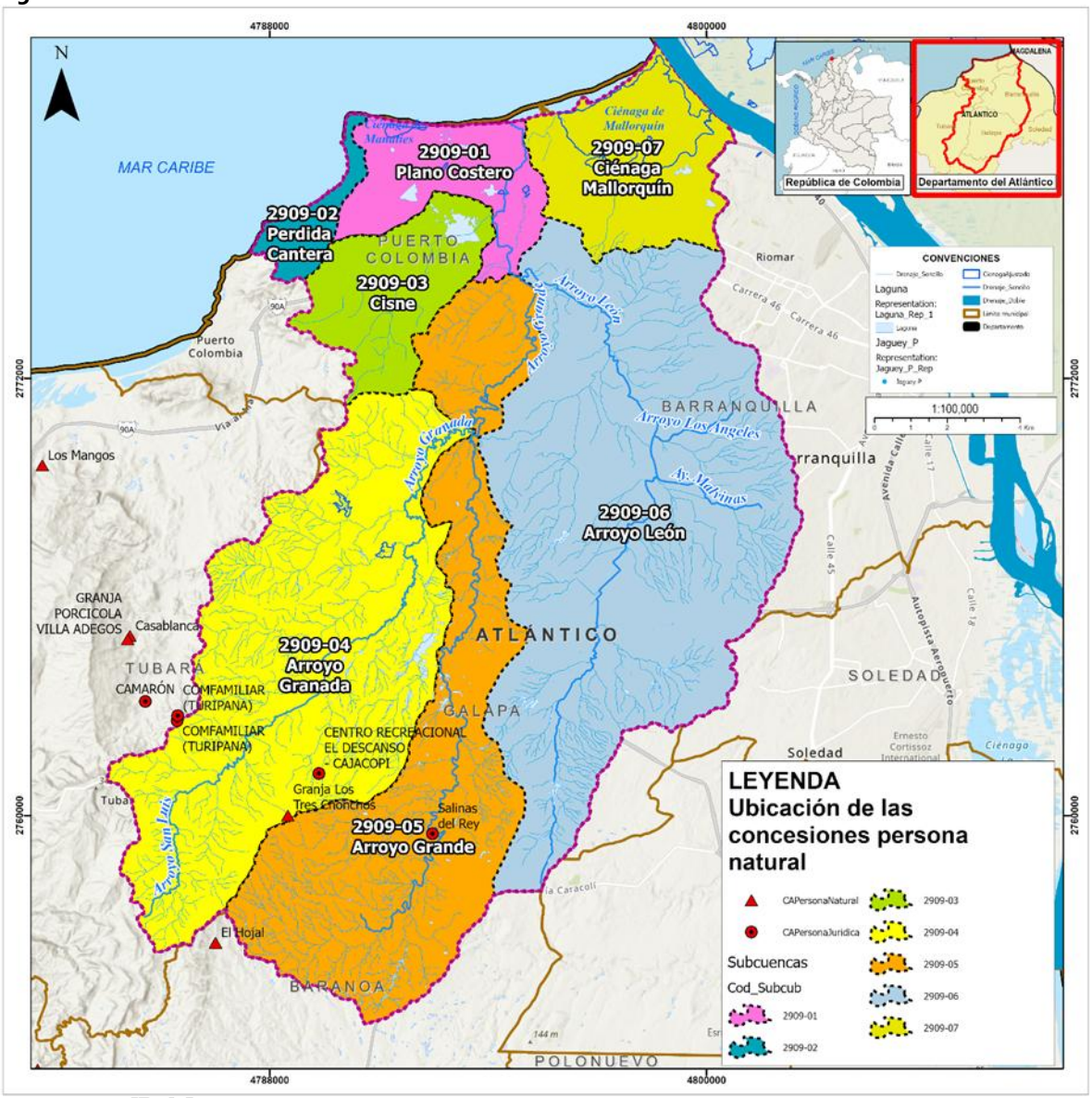
De acuerdo con la información de las concesiones entregado por las corporaciones se puede mencionar que la unidad hidrográfica Nivel I con mayor concesiones es Arroyo Grande con 27 captaciones, lo correspondiente al 35.52%, seguido de la unidad de Arroyo León y Cisne con 14 concesiones equivalente al 18.42%, el cual entre las tres suman un 72.36% de las concesiones otorgadas en la cuenca.

**Tabla 7.2. Vertimientos por unidades hidrográficas de nivel I.**

| Unidades hidrográficas Nivel I | Vertimiento |
|---|---|
| Arroyo Granada | 3 |
| Arroyo Grande | 10 |
| Arroyo León | 10 |
| Ciénaga Mallorquín | 8 |
| Cisne | 3 |
| Perdida Cantera | 6 |
| Plano Costero | 3 |
| **Total** | **43** |

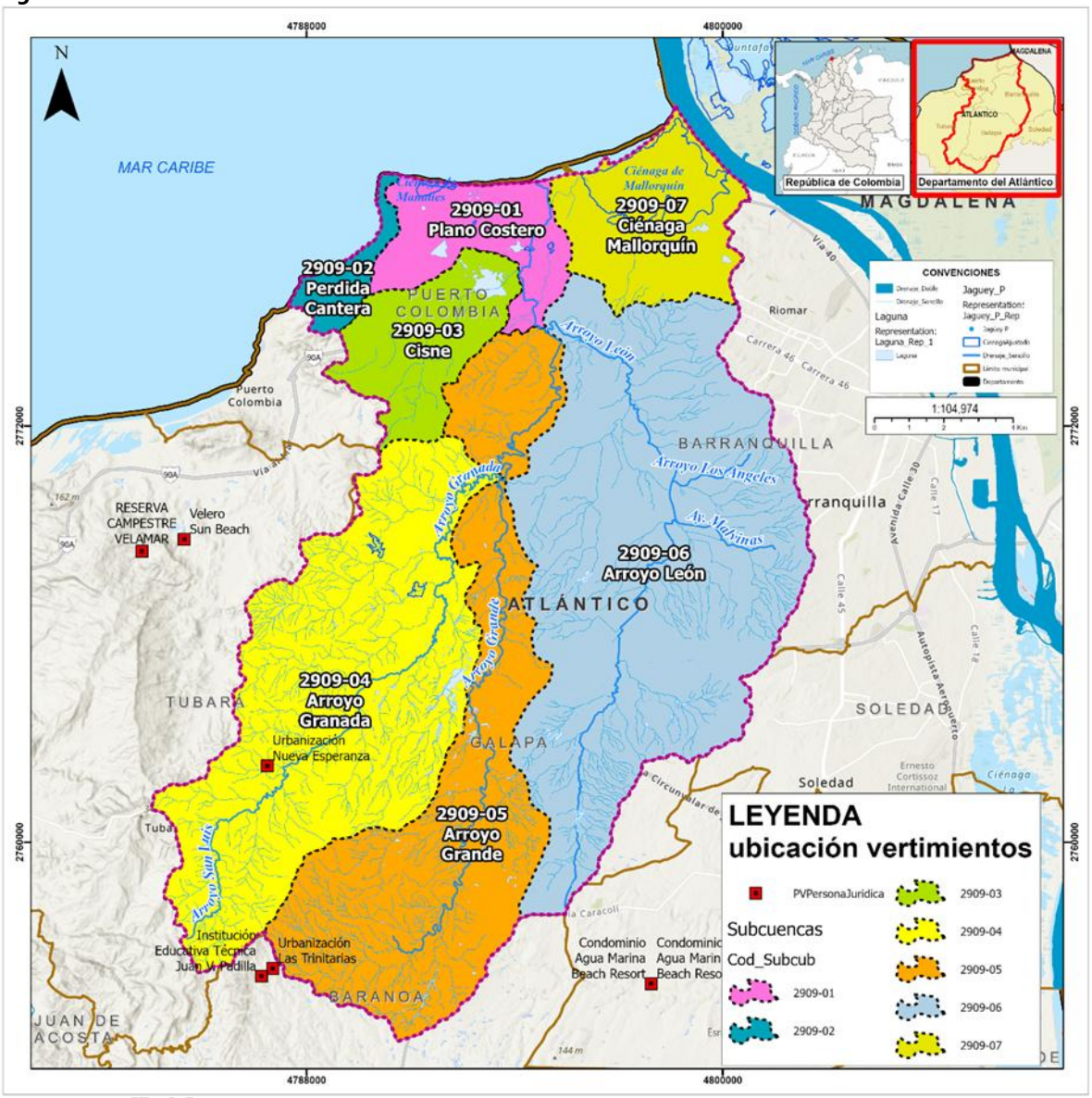
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 7.1. Ubicación de las concesiones en la cuenca.**




En la Tabla 7.2 se muestran la cantidad de permisos vertimientos por unidades hidrográficas de nivel I de acuerdo con la información suministrada por la corporación en la zona de estudio. En el Anexo No. 1, se encuentra cada una de ellas con su respectivo caudal otorgado y de qué tipo de vertimiento. La unidad hidrográfica Arroyo Grande y León son la que presentan mayor número de vertimientos con un total de 20 para un porcentaje del 46.51%, seguido de la Ciénaga Mallorquín con 8 descargas.

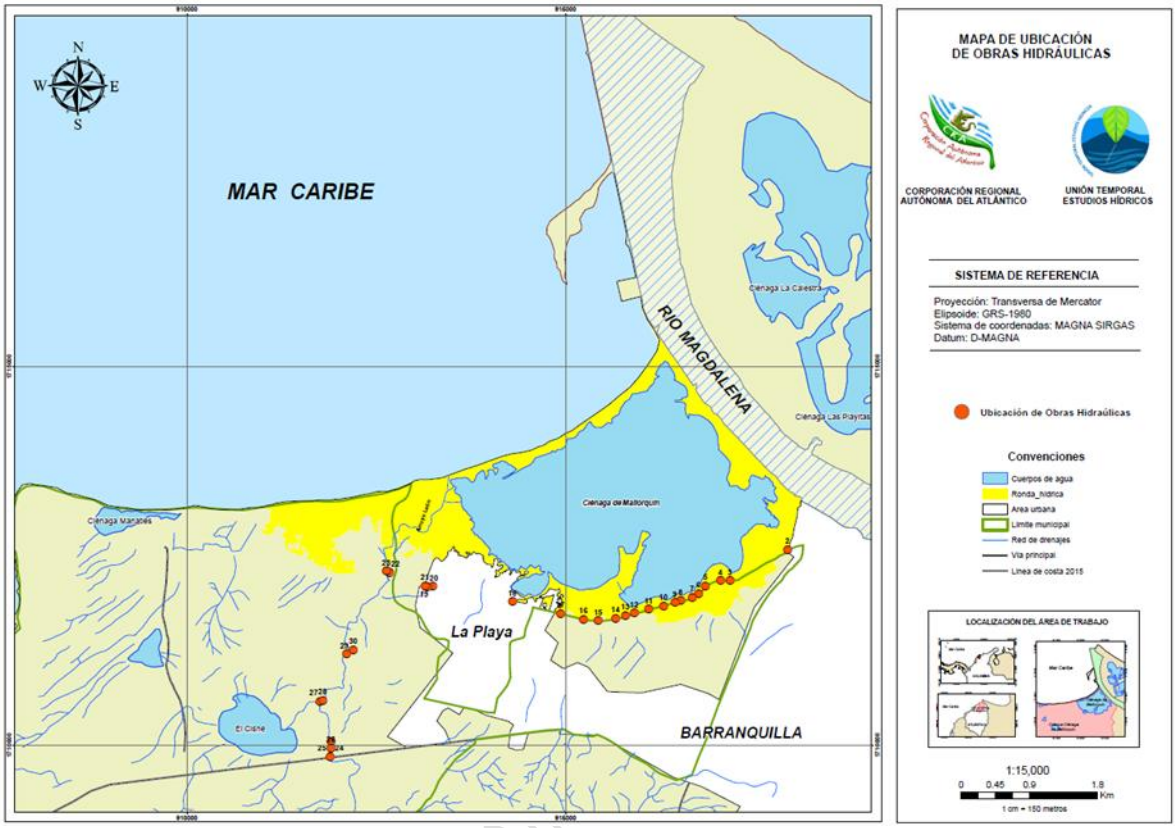
**Figura 7.2. Ubicación de los vertimientos en la cuenca.**




En el área de estudio de la Ciénaga de Mallorquín, se han identificado diferentes estructuras hidráulicas, entre naturales y secciones de concreto.

Según el PORH del 2015, a lo largo de la Vía a la Playa se identificaron 16 box-culverts de secciones rectangulares en concreto de dimensiones variadas y en buen estado general. Además, se observan algunas de estas estructuras, de las cuales la mayoría se encuentran sin residuos sólidos ni sedimentos por esta vía. Sin embargo, las que se encuentran más cerca a los barrios Las Flores y La Playa muestran presencia de basuras, sedimentos y hasta conexiones erradas de las viviendas en los alrededores.

**Figura 7.3. Ubicación de estructuras hidráulicas.**




Fuente: PORH Ciénaga Mallorquín, 2015.

### 7.1.2. Sistemas lénticos naturales

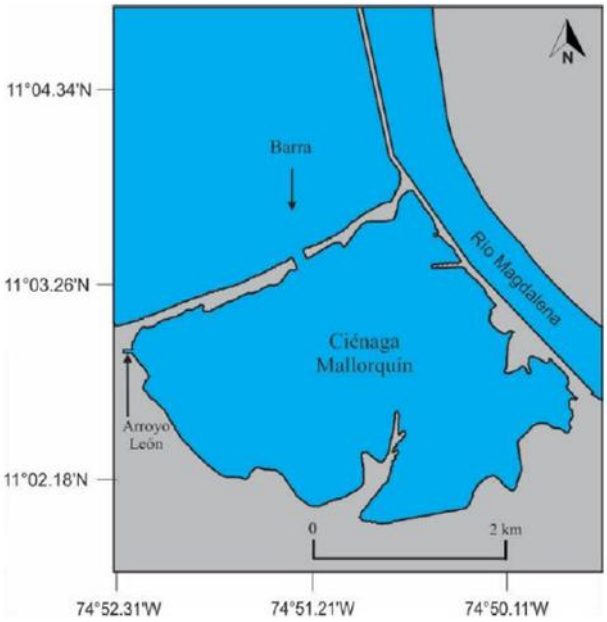
Los sistemas lénticos son cuerpos de agua cerrados que permanecen estancadas en un mismo lugar sin ningún flujo de corriente como los lagos, las lagunas, humedales, los esteros y los pantanos.

La Ciénaga de Mallorquín se encuentra ubicada en la parte noroccidental de la ciudad de Barranquilla, cubriendo un área de aproximada de 9 km2, con una profundidad media y máxima de 0.9 y 1.8 m, respectivamente. Este cuerpo de agua se encuentra separado del rio Magdalena en Bocas de Ceniza a través del tajamar occidental. Además, presenta una barra de arena que la separa del mar Caribe (Figura 7.4). Sin embargo, esta barra se fractura frecuentemente en época de lluvia, ya que el incremento del caudal proveniente del arroyo León de acuerdo con la nueva estructura construida y por las mismas precipitaciones sobre la Ciénaga, aumentan su nivel hasta que se produce el fracturamiento de la barra, produciendo el vaciado hacia el mar de estos volúmenes excedentes; permitiendo la interacción entre el mar y la Ciénaga en estas condiciones. Cuando cesan las lluvias (época seca), y por ende por el cierre de caudales medios y mínimos en los aportes del arroyo León, se disminuye el nivel de agua en la Ciénaga, mientras que el aporte de sedimento del rio

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

Magdalena, la alta energía del oleaje debido a la intensificación de los vientos alisios, generan las condiciones para un intenso transporte litoral de sedimentos que cierran nuevamente la barra. Por tanto, la comunicación entre Ciénaga y mar es cíclica, siempre que se presenten las condiciones propicias (Universidad del Norte & INDERENA, 1993).

**Figura 7.4. Ciénaga de Mallorquín; se muestra la ubicación de la barra de arena y la desembocadura del arroyo León.**




Fuente: PORH Ciénaga Mallorquín, 2015.

De acuerdo con el estudio planteado en el PORH Ciénaga Mallorquín en el 2015, se realizó una modelación hidrodinámica del sistema lentico y su interacción con el mar, proyectando los siguientes resultados:

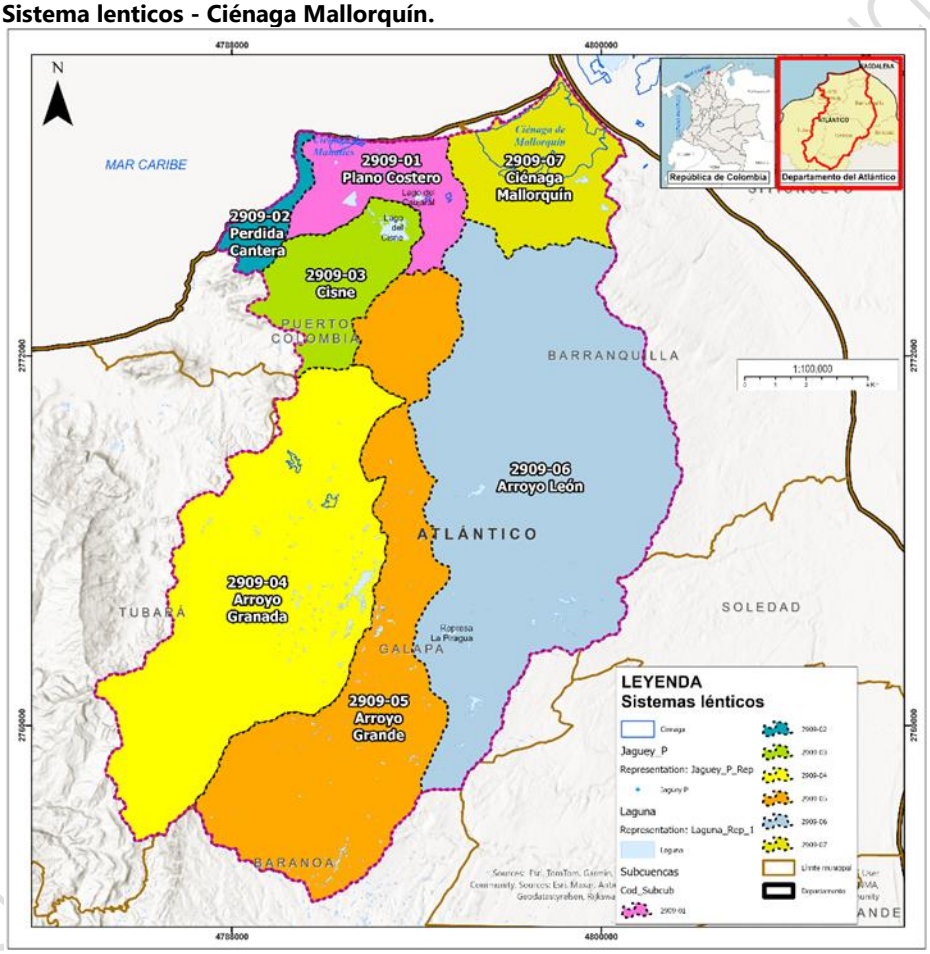
- El patrón de circulación en la Ciénaga de Mallorquín depende fundamentalmente de la dirección del viento, donde los vientos provenientes del cuadrante NE generan corrientes que van de este a oeste y convergen en la proximidad de la desembocadura del arroyo León donde adquiere una dirección de oeste a este, dando lugar a una circulación cíclica en la parte norte y otra en la parte sur de la Ciénaga. Sin embargo, este patrón de circulación cambia de sentido en condiciones típicas de la época lluviosa para vientos provienen del cuadrante SW y NW.
- La hidrodinámica de la Ciénaga de Mallorquín está fuertemente influenciada por la acción del viento, presentado corrientes de mayor magnitud durante la época seca (< 0.12 m/s), debido a la intensificación de los vientos alisios. Sin embargo, durante la época lluviosa se debilitan los vientos y por ende disminuye la intensidad de las corrientes (< 0.07 m/s). Durante esta época la descarga del arroyo León y la acción

DOCUMENTO NO DEFINITIVO, SOLO PARA CONSULTA PÚBLICA

de la marea (flujo y reflujo) alteran el patrón de circulación de la Ciénaga, generando las mayores intensidades de las corrientes en el sector de la desembocadura del arroyo León y en el sector de la bocana.

- La dinámica en la bocana de conexión entre la Ciénaga y el mar está gobernada esencialmente por la variación del nivel del mar. Sin embargo, en este sector la mayor pleamar del día sufre un disminución del 24% de su amplitud. Por otra parte, la onda de marea que ingresa a la Ciénaga experimenta atenuación y distorsión, presentando un rango de aproximado de 20 cm y un desfase de 3 horas.

**Figura 7.5. Sistema lenticos - Ciénaga Mallorquín.**



### 7.1.3. Información utilizada

Aun cuando la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (código 2909), NO se encuentran estaciones hidrológicas en la zona de estudio, las estaciones más cercanas se encuentran sobre el río Magdalena. Es importante señalar que las estaciones hidrológicas situadas sobre el río Magdalena no se incluyen en el Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) de la Ciénaga de Mallorquín. Esto se debe a que el régimen de caudales del Magdalena difiere significativamente del de la zona de estudio, lo que puede generar datos no representativos para el análisis hidrológico específico de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y sus arroyos asociados.

### 7.1.4. Análisis de frecuencia de máximos de las estaciones

Es importante destacar que no se realizó un análisis de frecuencia de los caudales máximos de las estaciones hidrológicas en la zona de estudio, debido a que el régimen de caudales de estas estaciones ubicadas sobre el río Magdalena ya que no es representativo en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y sus arroyos. Este régimen de caudales difería significativamente del régimen de la zona de estudio, lo que afectaba la precisión y relevancia del análisis hidrológico específico para la región. Por lo tanto, se optó por omitir este análisis en favor de enfoques más adecuados para la comprensión de la dinámica hidrológica de la cuenca.

### 7.1.5. Análisis de frecuencia de mínimos de las estaciones

Es relevante mencionar que no se llevó a cabo un análisis de frecuencia de mínimos de las estaciones hidrológicas ubicadas sobre el río Magdalena, ya que el régimen de caudales de dichas estaciones no representa adecuadamente el régimen hidrológico específico de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y sus arroyos asociados. La significativa diferencia entre los caudales del río Magdalena y los de la zona de estudio afecta la precisión del análisis, por lo que se optó por emplear enfoques más adecuados para comprender la dinámica hidrológica de la cuenca.

### 7.1.6. Sedimentos

En la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, no se cuentan con estaciones hidrológicas que cuenten con programas de sedimentos implementado por el IDEAM.

## *7.2. Balance Hídrico*

El balance entre la demanda y oferta del recurso hídrico permite identificar posibles soluciones frente a situaciones de déficit y/o excesos de agua, planificar, manejar y distribuir este recurso de manera adecuada en la zona estudio.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

El balance se lleva a cabo entre la demanda total de agua, equivalente al resultado obtenido en el análisis de demanda real, y la oferta neta representada por el aporte de agua superficial.

Balance = Oferta de agua – Demanda total de agua

En la Tabla 7.3, se presenta el caudal obtenido por medio del balance hídrico de largo plazo para la cuenca hidrográfica de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León que lo conforman.

**Tabla 7.3. Caudal medio de largo plazo para la cuenca y las subcuencas.**

| Código | Nombre | Oferta ($m^3/s$) | Demanda ($m^3/s$) | Balance (m3/s) |
|---|---|---|---|---|
| 2909 | Ciénaga Mallorquín y los arroyos Grande y León | 2.034 | 0.536 | 1.498 |
| 2909-01 | Plano Costero | 0.088 | 0.000 | 0.088 |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 0.023 | 0.007 | 0.016 |
| 2909-03 | Cisne | 0.093 | 0.000 | 0.093 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 0.533 | 0.015 | 0.518 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 0.471 | 0.329 | 0.142 |
| 2909-06 | Arroyo León | 0.684 | 0.179 | 0.505 |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 0.140 | 0.006 | 0.134 |

## *7.3. Caracterización del Régimen Hidrológico*

En este numeral se presenta la metodología y los resultados de la estimación de caudales medios diarios, caudales máximos y caudales mínimos, para diferentes períodos de retorno. En la primera parte se explica la metodología del cálculo de caudales medios diarios para cada una de las subcuencas establecidas en el presente estudio, se indica la forma de estimación de los caudales máximos y finalmente se muestra cómo se calcularon los caudales mínimos.

Con el fin de estimar la oferta en cada una de las unidades hidrográficas de la cuenca en estudio, se hace necesario tener una serie de caudales en cada una de las corrientes principales en las unidades; sin embargo, esto no es posible ya que no se cuenta con estaciones de registro de caudal en estas.

Para este estudio se opta por utilizar el modelo GR4J ensamblado y calibrado para las subcuencas de las cuencas hidrográficas de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (código 2909).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 7.3.1. Descripción conceptual del modelo GR4J

A continuación, se presenta la descripción conceptual del modelo GR4J utilizado para la determinación del modelo hidrológico diario:

La siguiente descripción del modelo GR4J construido por Charles Perrin, Claude Michel, Vazken Andréassian, es basado en el artículo "Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation" del año 2003.

- **Determinación de la precipitación y evapotranspiración potencial neta.**

La primera operación consiste en restar la evapotranspiración potencial de la precipitación, con el fin de determinar una precipitación neta "Pn" o una evapotranspiración neta "En". En el modelo GR4J, esta operación es calculada como si la capacidad de intercepción fuera cero (Perrin, 2003):

$$Si\ P\ \geq E, entonces\ \square_n\ = P - E\ y\ E_n = 0$$
$$Si\ P\ < E, entonces\ P_n\ = 0\ \ y\ E_n = E - P$$

- **Almacenamiento de producción**

En el caso en que "Pn" no es cero, una parte "Ps" de "Pn", entra al tanque de producción (Perrin, 2003).

$$P_s\ = \frac{x_1\left(1 - \left(\frac{S}{x_1}\right)^2\right)\tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}{1 + \frac{S}{x_1}\tanh\left(\frac{P_n}{x_1}\right)}$$

"Ps" es determinado como una función del nivel "S" en el tanque, donde $x_1$ (mm) es la máxima capacidad del tanque de producción (Perrin, 2003):

En la Figura 7.6, se muestra un esquema del modelo GR4J.

Cuando "$E_n$" no es cero, una tasa real de evaporación es determinada como una función del nivel en el almacenamiento de producción con el fin de calcular la cantidad "$E_s$" de agua que se evaporará del tanque (Perrin, 2003).

$$E_s\ = \frac{S\left(2 - \frac{S}{x_1}\right)\tanh\left(\frac{E_n}{x_1}\right)}{1 + \left(1 - \frac{S}{x_1}\right)\tanh\left(\frac{E_n}{x_1}\right)}$$

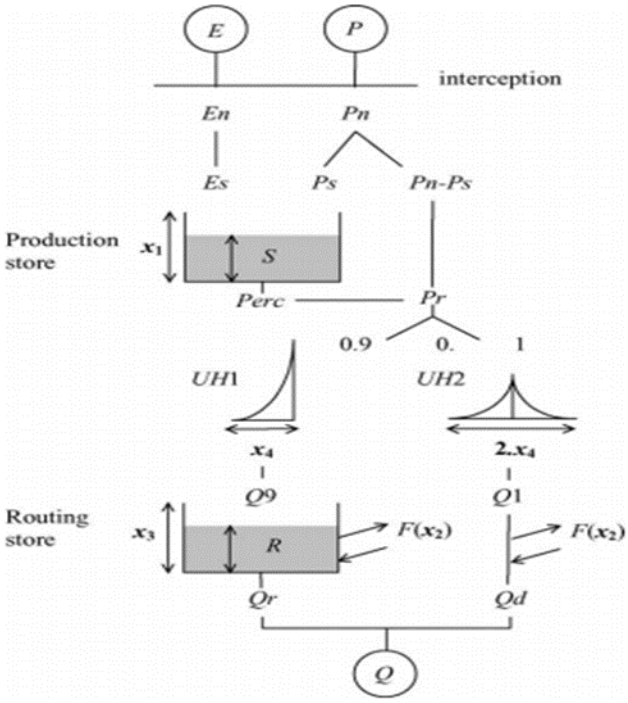
De esta forma, el contenido de agua en el tanque de producción se actualiza como (Perrin, 2003):

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

$$S = S - E_s + P_s$$

Es importante resaltar que "S" nunca puede exceder a $x_1$ (Perrin, 2003):

**Figura 7.6. Diagrama del Modelo GR4J.**




Fuente: Perrin, 2003.

Una cantidad "Perc" se escapa como percolación del almacenamiento de producción. Este valor se calcula de la siguiente manera (Perrin, 2003):

$$Perc = S\left\{1 - \left[1 + \left(\frac{4}{9}\frac{S}{x_1}\right)\right]^4\right\}^{-\frac{1}{4}}$$

De la expresión anterior se concluye que la percolación no contribuye mucho al caudal, por esta razón es importante principalmente para la simulación de eventos mínimos. El valor de "Perc" es siempre menor que "S" (Perrin, 2003):

El nuevo nivel en el tanque queda definido como (Perrin, 2003):

$$S = S - erc$$

DOCUMENTO TIPO DE PUBLICIDAD

- **Distribución lineal con hidrógrafas unitarias**

La cantidad total de agua "Pr" que alcanza las funciones de distribución está dada por:

$$P_r = Perc + (P_n - P_s)$$

El valor de "Pr" se divide en dos componentes de flujo: el 90% de "Pr" se distribuye por medio de una hidrógrafa unitaria UH1 y luego por un tanque de distribución no lineal. El 10% restante de Pr es distribuido por medio de una hidrógrafa unitaria UH2. Con UH1 y UH2, se puede simular el tiempo de rezago entre el evento de lluvia y el caudal pico resultante. Las ordenadas de ambas hidrógrafas son usadas en el modelo para distribuir la lluvia efectiva sobre varios intervalos de tiempo sucesivos. UH1 y UH2 dependen del mismo parámetro $x_4$ expresado en días, sin embargo, UH1 tiene un tiempo base de $x_4$ días, mientras que UH2 tiene un tiempo base de 2 veces $x_4$ días. El parámetro $x_4$ puede tomar valores reales y debe ser mayo de 0.5 días (Perrin, 2003):

En su forma discreta, las hidrógrafas unitarias UH1 y UH2 tienen n y m ordenadas respectivamente, donde n y m son los enteros más pequeños que exceden $x_4$ y 2 veces $x_4$ respectivamente. Las ordenadas de ambas hidrógrafas se derivan de las curvas-S correspondientes (proporción acumulada de la entrada con el tiempo) denotadas por SH1 y SH2 respectivamente. SH1 está definida a lo largo del intervalo de tiempo t de la siguiente forma (Perrin, 2003):

Para, $t \leq 0$ , $SH1(t) = 0$

Para, $0 < t \leq x_4$ , $SH1(t) = \left(\frac{t}{x_4}\right)^{\frac{5}{2}}$

Para, $t \geq x_4$ , $SH1(t) = 1$

SH2 se definida similarmente:

Para, $t \leq 0$ , $SH2(t) = 0$

Para, $0 < t \leq x_4$ , $SH2(t) = \frac{1}{2}\left(\frac{t}{x_4}\right)^{\frac{5}{2}}$

Para, $0 < t \leq 2x_4$ , $SH2(t) = 1 - \frac{1}{2}\left(2 - \frac{t}{x_4}\right)^{\frac{5}{2}}$

Para, $t \geq 2x_4$ , $SH2(t) = 1$

Finalmente, las ordenadas de UH1 y UH2 se calculan como:

$$UH1(j) = SH1(j) - SH1(j-1)$$
$$UH2(j) = SH2(j) - SH2(j-1)$$

Donde j es un entero.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

- **Intercambio de agua en la cuenca**

Posteriormente se calcula un término "F" que actúa en ambas componentes de flujo, el cual indica el intercambio de agua subterránea (Perrin, 2003):

$$F = x_2 \left(\frac{R}{x_3}\right)^{\frac{7}{2}}$$

"R" es el nivel en el tanque de distribución, $x_3$ es la capacidad de referencia y $x_2$ es el coeficiente de intercambio. El parámetro $x_2$ puede ser positivo en el caso en que se importa agua, negativo en el caso en que hay pérdidas, o cero cuando no hay intercambio de agua. Entre más alto el nivel en el tanque de distribución mayor es el intercambio. En valor absoluto, "F" no puede ser mayor que $x_2$, puesto que el coeficiente de intercambio representa la máxima cantidad de agua que puede ser adicionada (o liberada) a (de) cada componente de flujo, cuando el nivel en el tanque de distribución es igual a $x_3$ (Perrin, 2003):

- **Almacenamiento de distribución no lineal**

El valor de "R" se actualiza adicionando el término "F" y la salida "Q9" proveniente de UH1 (Perrin, 2003):

$$R = \max(0; R + Q9 + F)$$

El caudal de salida del tanque "Qr", se calcula entonces como (Perrin, 2003):

$$Q_r = R\left\{1 - \left[1 + \left(\frac{R}{x_3}\right)^4\right]^{-\frac{1}{4}}\right\}$$

"Qr" siempre es menor que "R".

El nuevo nivel en el almacenamiento es (Perrin, C, 2003):

$$R = R - Q_r$$

Aunque al comienzo de un intervalo de tiempo el tanque puede recibir una cantidad de agua mayor que el déficit de saturación $x_3 - R$, el nivel en el tanque nunca puede exceder la capacidad $x_3$ al final del intervalo de tiempo. Por esta razón, la capacidad $x_3$ es llamada la capacidad máxima diaria. Este tanque de distribución está en la capacidad de simular recesiones cuando sea necesario (Perrin, 2003):

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

- **Caudal total**

La salida "Q1" proveniente de UH2, también está sujeta al intercambio de agua "F", de esta forma la componente "Qd" queda definida de la siguiente forma (Perrin, 2003):

$$Q_d = \max(0; Q1 + F)$$

Finalmente, el caudal total se calcula como:

$$Q = Q_r + Q_d$$

En la Tabla 7.4, se presentan los parámetros del modelo que deben ser optimizados:

**Tabla 7.4. Parámetros del modelo GR4J.**

| Parámetro | Definición |
|---|---|
| $X_1$ (mm) | Máxima capacidad del tanque de producción |
| $X_2$ (mm) | Coeficiente de intercambio de aguas subterráneas |
| $X_3$ (mm) | Máxima capacidad diaria del tanque de distribución |
| $X_4$ (días) | Tiempo base de hidrograma unitario UH1 |

Fuente: Perrin, 2003.

### 7.3.2. Datos de entrada al modelo GR4J

Para la modelación hidrológica de la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León se utilizó el modelo GR4J, los cuales tienen un conjunto de 4 parámetros y otros parámetros de calibración con los cuales se simulan los fenómenos asociados a la hidrología, este modelo se encuentra dentro del RS-MINERVE como un submodelo GR4J.

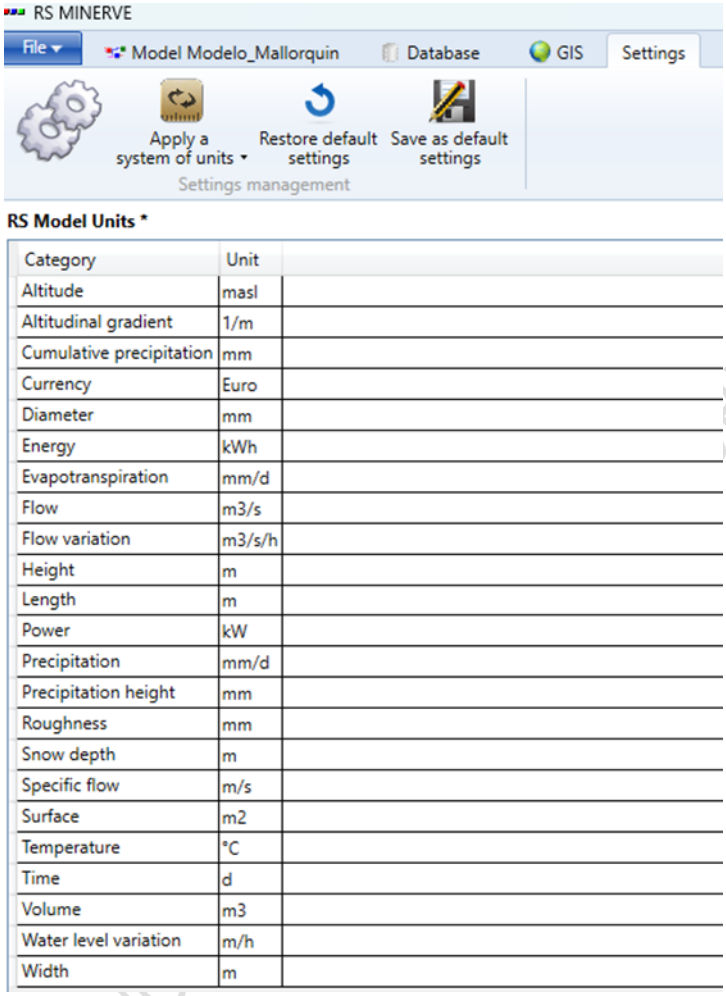
#### 7.3.2.1. *Preparación del entorno de trabajo de la modelación*

**Modelación con RS MINERVE**

Primeramente, se configuro las unidades del programa para poder cargar los datos correctamente. En la Figura 7.7 se seleccionó la configuración adecuada para el modelamiento, unidades de precipitación, forma de evapotranspiración, caudales, superficie, etc.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - PARA PUBLICIDAD

**Figura 7.7. Configuración de los datos de entrada al RS MINERVE.**




**RS Model Units ***

| Category | Unit |
|---|---|
| Altitude | masl |
| Altitudinal gradient | 1/m |
| Cumulative precipitation | mm |
| Currency | Euro |
| Diameter | mm |
| Energy | kWh |
| Evapotranspiration | mm/d |
| Flow | m3/s |
| Flow variation | m3/s/h |
| Height | m |
| Length | m |
| Power | kW |
| Precipitation | mm/d |
| Precipitation height | mm |
| Roughness | mm |
| Snow depth | m |
| Specific flow | m/s |
| Surface | m2 |
| Temperature | °C |
| Time | d |
| Volume | m3 |
| Water level variation | m/h |
| Width | m |

Posteriormente se definió la cuenca representándose de forma esquemática, caracterizando su morfología y así facilitar el modelado teniendo de referencia la imagen de la cuenca de estudio. En la Figura 7.8 se definió la estructura del modelo de la cuenca incorporándose los elementos hidrológicos tales como red de drenaje, estaciones de precipitación y temperatura, cuenca GR4J, simulado del rio por el método de Onda Cinemática y unión de este, conectándose estos desde aguas arriba hacia aguas abajo comparándolos con los elementos de comparador y caudales de referencia.

DOCUMENTO NO
BLICIDAD

**Figura 7.8. Esquematización con RS Minerve de la cuenca.**

Cabe mencionar que para modelar la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León fue representada la cuenca con el submodelo GR4J incorporado al RS MINERVE con 4 parámetros de control, también con el método de onda cinemática para simular en tránsito de caudales por los ríos, así mismo se colocó estación dentro de las subcuencas una estación virtual para representar la precipitación y la evapotranspiración. Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó dentro RS MINERVE la ecuación de Turc.

### 7.3.2.2. *Introducción de los datos para modelar el periodo (1993-2023)*

En la Figura 7.9 se muestra database de precipitación y de temperatura y que ha sido cargada al programa, los cuales son los registros diarios de precipitación y temperatura representadas diariamente en un intervalo de tiempo en el periodo 1993-2023.

Para comenzar con la construcción de la topología del modelo GR4J se introdujeron los parámetros mínimos recomendados por el programa y también los datos obtenidos anteriormente sobre las características de la cuenca y de los arroyos, ver Figura 7.9.

Para cada una de las subcuencas se debe introducir los valores de los 4 parámetros del modelo GR4J $X_1$ (mm) que es la Máxima capacidad del tanque de producción, $X_2$ (mm) el Coeficiente de intercambio de aguas subterráneas, $X_3$ (mm) la Máxima capacidad diaria del tanque de distribución y $X_4$ (días) el Tiempo base de hidrograma unitario UH1. Adicionalmente, el área en metros cuadrados y el centroide del área representado en la estación virtual con las coordenadas X, Y Z.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FA

**Figura 7.9. Hietogramas de precipitación y temperatura cargado en el database de RS MINERVE.**

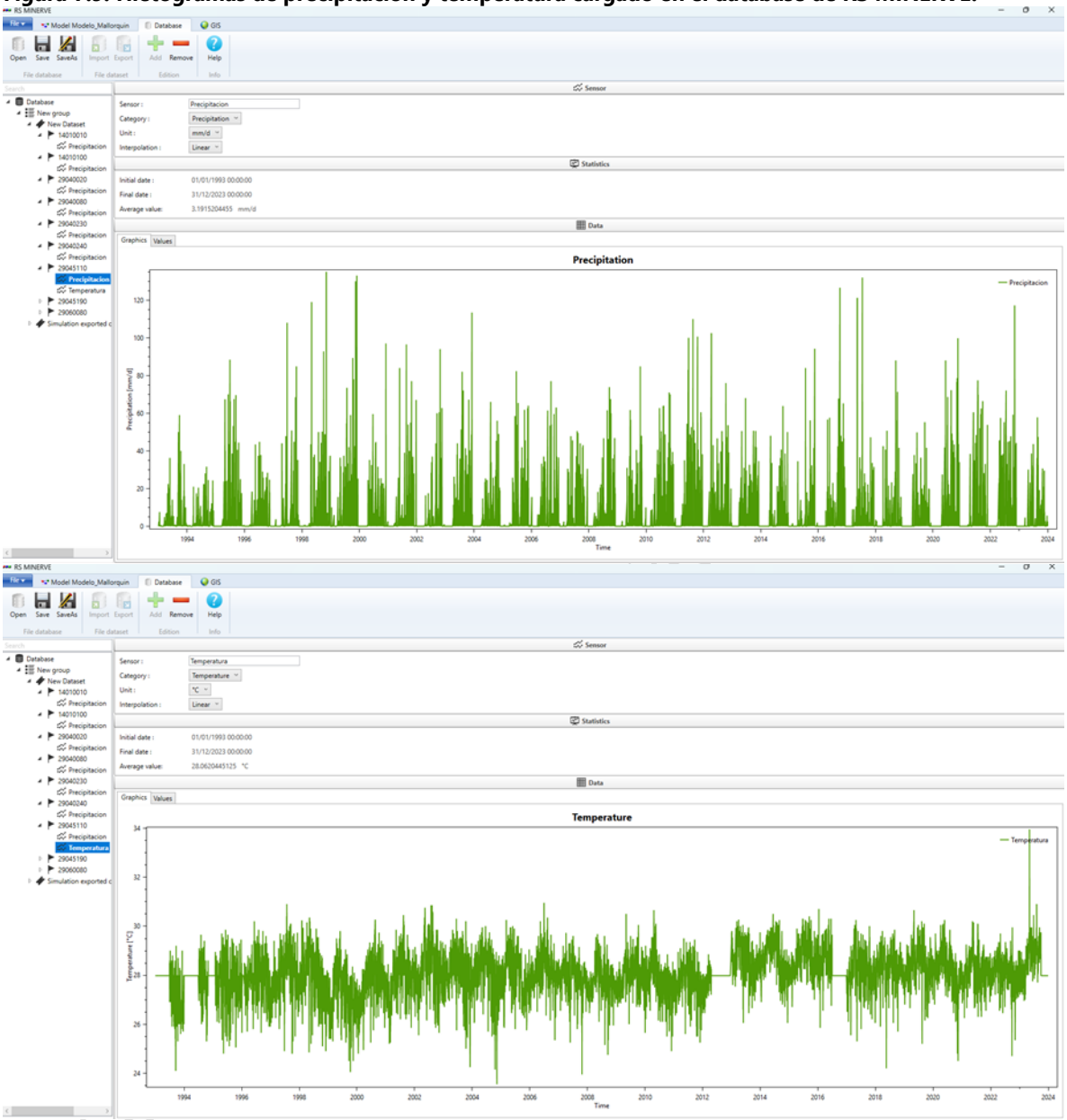


**Figura 7.10. Parámetros cargados en el modelo en RS MINERVE (Onda Cinemática y GR4J).**

Modelo_Mallorquin

GR4J

Arroyo Grande

Zone: A

Inputs: Precipitation - P (mm/d) / ETP - ETP (mm/d)

Outputs: Flow - Qtot (m3/s) / Flow - Qr (m3/s) / Flow - Qd (m3/s) / ETP - ETR (mm/d)

Parameters

| Name | Value | Unit |
|---|---|---|
| A | 63184952.5417239 | m2 |
| X1 | 1.145 | m |
| X2 | -0.0000001 | m/s |
| X3 | 0.4998322 | m |
| X4 | 1.4093581 | d |

Modelo_Mallorquin

Kinematic Wave

Kinematic Wave 1

Zone: A

Inputs: Flow - QUp (m3/s)

Outputs: Flow - QDown (m3/s)

Parameters

| Name | Value | Unit |
|---|---|---|
| L | 2240.39 | m |
| B0 | 15 | m |
| m | 1 | - |
| J0 | 0.0014 | - |
| K | 30 | m1/3/s |
| N | 1 | - |

### 7.3.3. Calibración del modelo

Para la calibración del modelo GR4J, se tomó como referencia los parámetros calibrados de la estación Desaguadero ubicada sobre el río Cesar y se ajustan los parámetros de acuerdo con los rendimientos establecidos en el Estudio Nacional del Agua 2022 en su Anexo 1. Oferta_demanda_calidad_zonas inundables (Ver Anexo No. 2), donde se establecen las ofertas hídricas totales y se estimaron los rendimientos. La OHTS multianual corresponde a un cálculo promedio o de largo plazo en una base anual, cuyo periodo de actualización corresponde a 1991 – 2020.

**Tabla 7.5. Rendimientos de la calibración.**

| Cuenca | Área (km2) | Rendimiento Año húmedo (l/s/km2) | Rendimiento Año medio (l/s/km2) | Rendimiento Año seco (l/s/km2) | Estudio |
|---|---|---|---|---|---|
| Ciénaga de Mallorquín | 269.80 | 12.49 | 4.50 | 1.49 | ENA 2022 |
| Ciénaga de Mallorquín | 269.80 | 10.48 | 4.73 | 3.56 | Modelo hidrológico |
| Cuenca total | 295.28 | 10.41 | 4.63 | 3.54 | Modelo hidrológico |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

En la Tabla 7.6, se presentan los parámetros óptimos obtenidos de acuerdo con los rendimientos estipulados en el Estudio Nacional del Agua 2022 elaborado por el IDEAM en el 2023.

**Tabla 7.6. Parámetros óptimos obtenidos para las unidades hidrográficas.**

| Cuenca | $X_1$ (m) | $X_2$ (m) | $X_3$ (m) | $X_4$ (Días) |
|---|---|---|---|---|
| Ciénaga de Mallorquín y sus arroyos | 1.145 | -0.0000001 | 0.4998322 | 1.4093581 |

### 7.3.4. Simulación de caudales medios diarios

A partir de los parámetros calibrados, se simulan los caudales medios diarios en las unidades hidrográficas de nivel I de la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (código 2909). En la Tabla 7.7, se presentan los caudales medios mensuales. En el Anexo No. 3, se muestran los modelos hidrológicos correspondientes.

De acuerdo con la simulación de los caudales medios diarios se puede mencionar que el régimen hidrológico para las unidades hidrográficas de nivel I es monomodal con un periodo de caudales altos y un periodo de caudales bajos. Estas variaciones de caudal permiten definir el régimen hidrológico en la zona de estudio, donde los mayores caudales se presentan en los meses de octubre y noviembre para la temporada de lluvias.

**Tabla 7.7. Caudales medios mensuales para la cuenca hidrográfica y las unidades hidrográficas de nivel I (caudal $m^3/s$).**

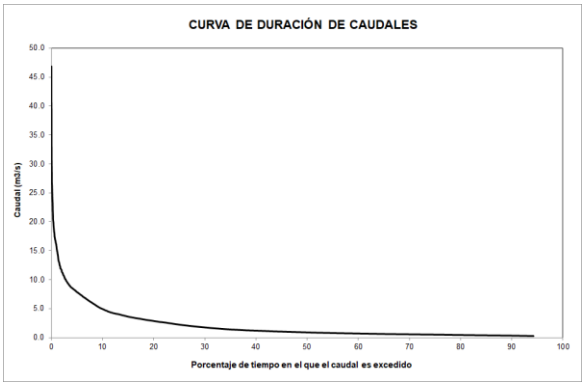
| Código | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2909 | 1.427 | 0.886 | 0.625 | 0.484 | 0.501 | 0.685 | 1.024 | 1.996 | 3.686 | 5.035 | 5.125 | 2.931 | 2.034 |
| 2909-01 | 0.065 | 0.041 | 0.029 | 0.023 | 0.022 | 0.029 | 0.039 | 0.073 | 0.147 | 0.217 | 0.238 | 0.134 | 0.088 |
| 2909-02 | 0.018 | 0.011 | 0.008 | 0.006 | 0.006 | 0.007 | 0.009 | 0.017 | 0.036 | 0.057 | 0.067 | 0.036 | 0.023 |
| 2909-03 | 0.070 | 0.044 | 0.032 | 0.025 | 0.024 | 0.030 | 0.039 | 0.072 | 0.150 | 0.229 | 0.260 | 0.144 | 0.093 |
| 2909-04 | 0.372 | 0.230 | 0.162 | 0.125 | 0.126 | 0.171 | 0.259 | 0.507 | 0.955 | 1.332 | 1.384 | 0.780 | 0.533 |
| 2909-05 | 0.320 | 0.198 | 0.139 | 0.108 | 0.114 | 0.159 | 0.251 | 0.499 | 0.885 | 1.162 | 1.155 | 0.660 | 0.471 |
| 2909-06 | 0.480 | 0.300 | 0.211 | 0.164 | 0.173 | 0.239 | 0.357 | 0.696 | 1.263 | 1.687 | 1.670 | 0.972 | 0.684 |
| 2909-07 | 0.099 | 0.062 | 0.044 | 0.034 | 0.036 | 0.050 | 0.070 | 0.133 | 0.251 | 0.351 | 0.352 | 0.203 | 0.140 |

A continuación, se presentar las curvas de duración de caudales para las unidades hidrográficas de nivel I estimadas con el modelo hidrológico GR4J.

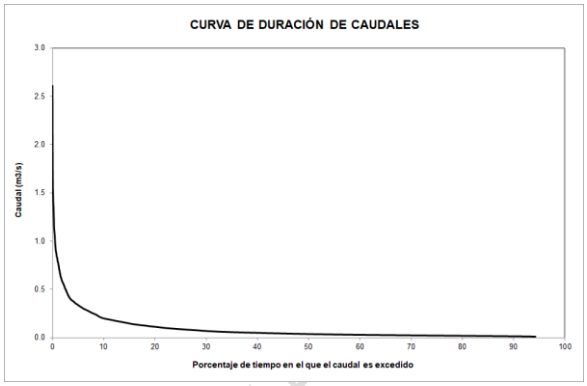
DOCUMENTO DE CARÁCTER INFORMATIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 7.11. Curva de duración de caudales para la cuenca hidrográfica y las unidades hidrográficas de nivel I (caudal $m^3/s$).**

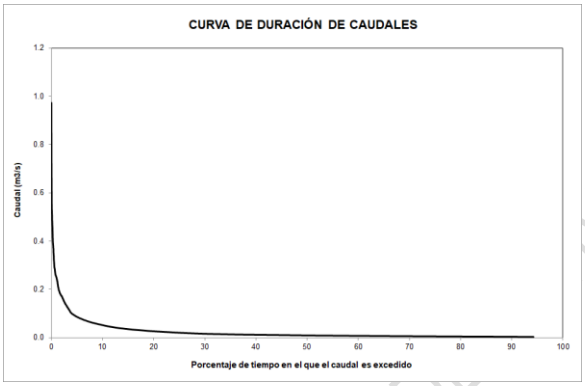
**2909**



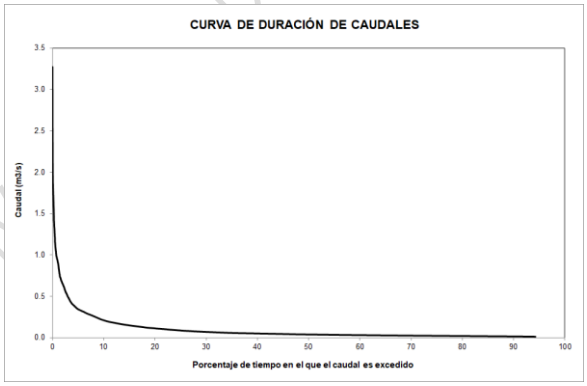

**2909-01**



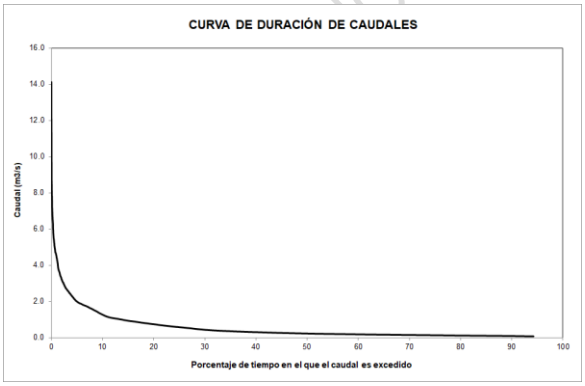

**2909-02**



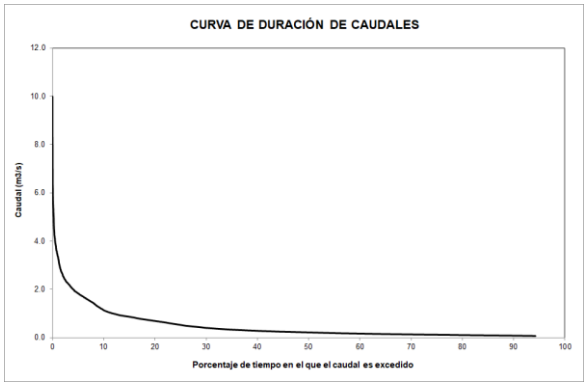

**2909-03**




**2909-04**




**2909-05**




**2909-06**

**2909-07**

### 7.3.5. Cálculo de caudales mínimos

Con los resultados obtenidos mediante el modelo de GR4J para para la cuenca hidrográfica y cada una de las unidades hidrográficas de nivel I, se extraen los caudales mínimos para cada año y se realiza el análisis de frecuencia para estos, encontrándose para todos los casos, la función que ofrece el mejor ajuste aplicando la prueba de bondad Chi Cuadrado.

En la Tabla 7.8, se muestran los caudales mínimos para diferentes períodos de retorno en para la cuenca y las unidades hidrográficas de nivel I.

**Tabla 7.8. Caudales mínimos para diferentes períodos de retorno para la cuenca hidrográfica y las unidades hidrográficas de nivel I (Caudal $m^3/s$).**

| Código | Tr (Caudales mínimos)-m3/s | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 50 | 100 | 500 |
| 2909 | 0.4084 | 0.2844 | 0.2245 | 0.1968 | 0.1796 | 0.1674 | 0.1581 | 0.1352 | 0.1099 | 0.0696 |
| 2909-01 | 0.0181 | 0.0119 | 0.0090 | 0.0078 | 0.0070 | 0.0064 | 0.0060 | 0.0050 | 0.0039 | 0.0023 |
| 2909-02 | 0.0045 | 0.0029 | 0.0022 | 0.0018 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0014 | 0.0011 | 0.0008 | 0.0002 |
| 2909-03 | 0.0190 | 0.0122 | 0.0092 | 0.0078 | 0.0070 | 0.0065 | 0.0061 | 0.0051 | 0.0041 | 0.0026 |
| 2909-04 | 0.1038 | 0.0720 | 0.0573 | 0.0507 | 0.0467 | 0.0438 | 0.0417 | 0.0365 | 0.0310 | 0.0226 |
| 2909-05 | 0.0923 | 0.0656 | 0.0531 | 0.0475 | 0.0441 | 0.0417 | 0.0399 | 0.0355 | 0.0308 | 0.0236 |
| 2909-06 | 0.1377 | 0.0965 | 0.0758 | 0.0659 | 0.0597 | 0.0553 | 0.0519 | 0.0433 | 0.0336 | 0.0175 |
| 2909-07 | 0.0279 | 0.0190 | 0.0148 | 0.0128 | 0.0116 | 0.0107 | 0.0101 | 0.0085 | 0.0068 | 0.0040 |

### 7.3.6. Cálculo de caudales máximos

Las crecientes se calcularon por medio del programa HEC- HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) de los Estados Unidos de América, el cual posee un gran número de aplicaciones, además de la mencionada.

Para construir de manera sintética los hidrogramas de las crecientes en la cuenca se aplica un modelo lluvia-caudal con el método del Soil Conservation Service de los Estados Unidos de Norteamérica. Este modelo determina la escorrentía producida por un aguacero considerando la condición de humedad antecedente y el complejo suelo-cobertura.

Todos los procedimientos orientados a calcular el hidrograma de una creciente mediante modelos lluvia-caudal requieren convertir la lluvia original en lluvia efectiva, que es la que realmente produce la creciente, descontando las pérdidas, es decir, las abstracciones por diferentes conceptos. Por lo anterior, se presenta aquí el procedimiento usual para evaluar la lluvia efectiva, antes de explicar la metodología para calcular la creciente propiamente dicha.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - EN SOCIALIZACIÓN

La lluvia efectiva es el escurrimiento directo e inmediato que produce una lluvia sobre una determinada cuenca y resultan igual a la lluvia total menos las pérdidas de agua. Estas pérdidas poseen tres componentes:

- Interceptación por parte de la vegetación.
- Detención superficial.
- Infiltración.

Para una determinada lluvia, la relación entre la precipitación, la escorrentía y la retención (precipitación que no se convierte en escorrentía) es:

$$\frac{F}{S'} = \frac{Q}{P_e}$$

Donde:
F: es la retención real.
Q: es la escorrentía real.
S': es la máxima retención potencial.
Pe: es la máxima escorrentía potencial.

Si se acepta que: $F = Pe - Q$ , entonces, $\frac{Pe - Q}{S'} = \frac{Q}{P_e}$ y despejando S' se obtiene:

$$S' = \frac{(P_e)^2}{Q} - P_e$$

Sabiendo que: $S = S' + Ia$ ; donde $Ia$ son las abstracciones iniciales; se tiene que:

$$F = (P - Ia) - Q$$

El valor de S para una determinada condición de frontera ha sido propuesto por el Soil Conservation Service igual a 0,2 Pe; por tanto: $Ia = 0,2S$ . Efectuando reemplazos se obtiene la expresión para determinar la escorrentía acumulada en función de la lluvia total y de la infiltración potencial.

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

La cual, en el sistema internacional (SI) se transforma en la siguiente:

$$Q = \frac{(P - 5{,}08S)^2}{P + 20{,}32S}$$

Donde:
Q: lluvia efectiva o escorrentía acumulada, en mm.
P: precipitación total del evento, en mm.
S: infiltración potencial, en mm.

En esta fórmula la precipitación total del evento es conocida, dado que se determina de antemano y el valor de la infiltración potencial "S" se puede calcular a partir de un cierto valor CN, denominado Curva Número, con la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

La selección del valor CN en cada caso, se realiza considerando los siguientes cuatro parámetros (en el numeral 9, se explica el procedimiento de cálculo):

- Tipo de suelo hidrológico.
- Uso y tratamiento del suelo.
- Combinaciones hidrológicas de suelo y vegetación.
- Condiciones de humedad antecedente a la lluvia de diseño.

En general, el cálculo del hidrograma de la creciente posee un carácter aproximado. Por tratarse de un modelo lluvia-caudal, inicialmente se determina el valor de la lluvia de diseño, su duración y su distribución en el tiempo y en el espacio. A partir de ella se calcula la lluvia efectiva y, por último, se construye el hidrograma de la creciente producida, considerando las características de la cuenca y aplicando las propiedades del hidrograma unitario.

En detalle, el procedimiento utilizado para construir el hidrograma de las crecientes es el siguiente.

1. Se calcula el área de las unidades hidrográficas de nivel I su determinación se efectuó por medio del programa ArcGIS en el capítulo de morfometría, como se muestra en la Tabla 7.9.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.9. Cálculo de las áreas.**

| Nombre | Código | Área ($km^2$) |
|---|---|---|
| Plano Costero | 2909-01 | 14.96 |
| Perdida Cantera | 2909-02 | 4.50 |
| Cisne | 2909-03 | 16.78 |
| Arroyo Granada | 2909-04 | 75.36 |
| Arroyo Grande | 2909-05 | 63.18 |
| Arroyo León | 2909-06 | 99.52 |
| Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | 20.97 |

2. Se utiliza como insumo el valor de las lluvias máximas en 24 horas con diferentes períodos de retorno tal como se muestra en la Tabla 7.10.

**Tabla 7.10. Lluvias máximas para distintos periodos de retorno.**

| Código | Tr (años) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 | 300 | 500 |
| 14010010 | 79.51 | 112.42 | 137.11 | 169.58 | 194.05 | 218.45 | 242.80 | 257.01 | 274.91 |
| 14010100 | 93.48 | 121.80 | 140.54 | 164.23 | 181.80 | 199.25 | 216.63 | 226.78 | 239.56 |
| 29040020 | 84.29 | 100.62 | 109.16 | 118.27 | 124.15 | 129.44 | 134.28 | 136.95 | 140.15 |
| 29040070 | 84.37 | 110.76 | 125.11 | 140.61 | 150.69 | 159.76 | 168.08 | 172.64 | 178.14 |
| 29040080 | 86.96 | 110.01 | 122.07 | 134.93 | 143.24 | 150.71 | 157.54 | 161.30 | 165.83 |
| 29040230 | 84.67 | 111.27 | 128.89 | 151.15 | 167.67 | 184.06 | 200.39 | 209.93 | 221.94 |
| 29040240 | 78.52 | 101.57 | 117.29 | 137.74 | 153.41 | 169.49 | 186.11 | 196.13 | 209.08 |
| 29045110 | 84.75 | 113.52 | 132.58 | 156.65 | 174.50 | 192.23 | 209.89 | 220.21 | 233.19 |
| 29045190 | 71.06 | 98.81 | 117.18 | 140.39 | 157.61 | 174.70 | 191.73 | 201.68 | 214.20 |
| 29060080 | 117.01 | 211.66 | 289.55 | 405.41 | 504.53 | 614.77 | 737.19 | 814.87 | 919.54 |

3. La duración de la lluvia de diseño, se adopta una lluvia con una duración de 9.0 horas por ser cuencas rurales.
4. Debido a que la distribución temporal de los aguaceros en cualquier estación es aleatoria, se adopta la curva recomendada en la Norma NS-085 en su versión 4.2 y mostrada en la Tabla 7.11 para una duración del evento de precipitación de 9.0 horas. Adicionalmente, se define la distribución del evento con intervalos de 10 minutos.

DOCUMENTO NO PARA USO O DIFUSIÓN PÚBLICA

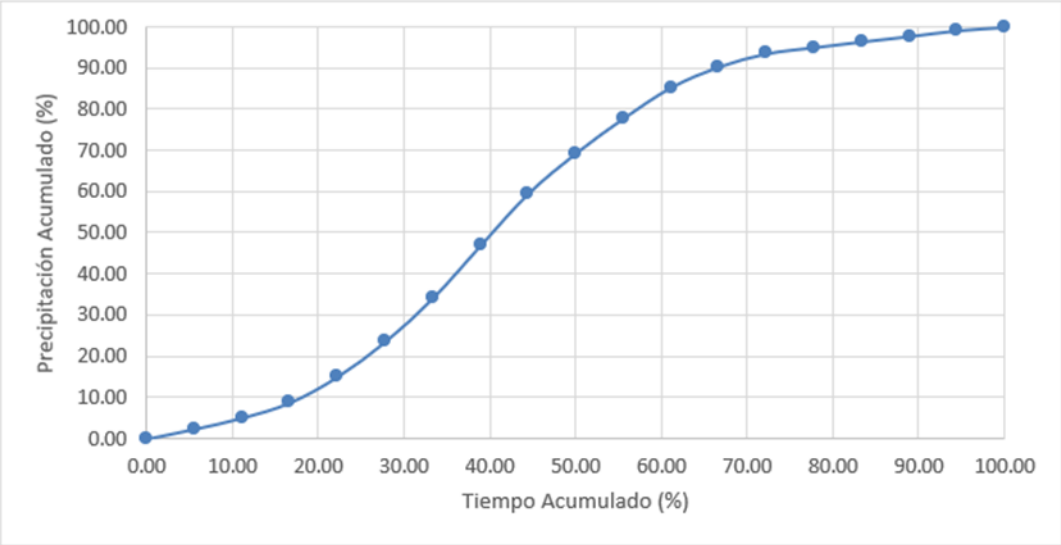
**Tabla 7.11. Distribución del Hietograma de Diseño.**

| Tiempo Acumulado | | Precipitación | Tiempo Acumulado | | Precipitación |
|---|---|---|---|---|---|
| (Minutos) | (%) | Acumulada (%) | (Minutos) | (%) | Acumulada (%) |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 280 | 0.726 | 72.59 |
| 10 | 0.007 | 0.74 | 290 | 0.752 | 75.19 |
| 20 | 0.015 | 1.48 | 300 | 0.778 | 77.78 |
| 30 | 0.022 | 2.22 | 310 | 0.804 | 80.37 |
| 40 | 0.030 | 2.96 | 320 | 0.830 | 82.96 |
| 50 | 0.042 | 4.21 | 330 | 0.849 | 84.89 |
| 60 | 0.050 | 5.00 | 340 | 0.864 | 86.37 |
| 70 | 0.067 | 6.67 | 350 | 0.879 | 87.85 |
| 80 | 0.083 | 8.33 | 360 | 0.893 | 89.33 |
| 90 | 0.100 | 10.00 | 370 | 0.908 | 90.81 |
| 100 | 0.117 | 11.67 | 380 | 0.922 | 92.19 |
| 110 | 0.136 | 13.56 | 390 | 0.931 | 93.11 |
| 120 | 0.163 | 16.33 | 400 | 0.940 | 94.04 |
| 130 | 0.191 | 19.11 | 410 | 0.950 | 94.96 |
| 140 | 0.219 | 21.89 | 420 | 0.959 | 95.89 |
| 150 | 0.247 | 24.67 | 430 | 0.968 | 96.81 |
| 160 | 0.274 | 27.44 | 440 | 0.974 | 97.37 |
| 170 | 0.311 | 31.11 | 450 | 0.978 | 97.83 |
| 180 | 0.350 | 35.00 | 460 | 0.983 | 98.30 |
| 190 | 0.389 | 38.89 | 470 | 0.988 | 98.76 |
| 200 | 0.428 | 42.78 | 480 | 0.992 | 99.22 |
| 210 | 0.467 | 46.67 | 490 | 0.995 | 99.54 |
| 220 | 0.506 | 50.56 | 500 | 0.996 | 99.63 |
| 230 | 0.544 | 54.44 | 510 | 0.997 | 99.72 |
| 240 | 0.583 | 58.33 | 520 | 0.998 | 99.81 |
| 250 | 0.622 | 62.22 | 530 | 0.999 | 99.91 |
| 260 | 0.661 | 66.11 | 540 | 1.00 | 100.00 |
| 270 | 0.700 | 70.00 | | | |

Fuente: NS-085, 2023 y Adaptado por la consultoría, 2025.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 7.12. Distribución Hietograma de Diseño – NS-085.**




Fuente: NS-085, 2023.

5. Se selecciona el intervalo "D" para todo el período del aguacero menor a la quinta parte del tiempo de concentración, Así, la lluvia anteriormente seleccionada se divide en 10 intervalos de tiempo de duración "D" cada uno.
6. Se definen los valores secuenciales del aguacero de diseño. Inicialmente se seleccionan los incrementos de tiempo "D", en horas; se registran los porcentajes de cada incremento respecto a la duración de la lluvia total, se escriben los incrementos de la lluvia frente a cada incremento de tiempo, en mm y se calculan los valores acumulados de la lluvia, en mm. El cálculo se realizó aplicando el programa HEC-HMS como se muestra en el Anexo No. 3.
7. Para la ponderación de la influencia de las distintas estaciones de precipitación sobre las diferentes cuencas del modelo hidrológico se implementó los polígonos de Thiessen, los cuales se estimaron los diferentes pesos de cada una de las estaciones por cada unidad hidrográfica de nivel I.

DOCUMENTO PRELIMINAR FASE

**Tabla 7.12. Ponderación de las estaciones.**

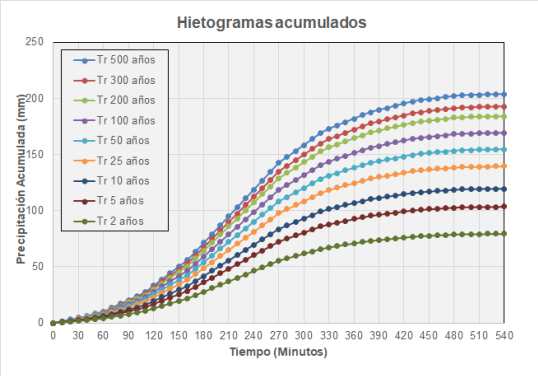
| Unidad hidrográfica | La Pintada | Polonuevo | Puerto Colombia | Juan De Acosta | Aeropuerto E. Cortissoz - Aut |
|---|---|---|---|---|---|
| | 14010100 | 29040080 | 29040230 | 29045110 | 29045190 |
| Arroyo Granada | 0.57 | 0.00 | 0.30 | 0.12 | 0.00 |
| Arroyo Grande | 0.06 | 0.52 | 0.31 | 0.04 | 0.07 |
| Arroyo León | 0.00 | 0.04 | 0.13 | 0.00 | 0.83 |
| Ciénaga Mallorquín | 0.00 | 0.00 | 0.65 | 0.00 | 0.35 |
| Cisne | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| Perdida Cantera | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| Plano Costero | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |

8. Teniendo estimado la duración de la lluvia, el factor de reducción por área, la ponderación de las estaciones aplicado con los polígonos de Thiessen y la lluvia para diferentes periodos de retorno se estima los hietogramas para cada una de las estaciones del presente estudio. A continuación, se presenta la Figura 7.13 con los hietogramas acumulados de las estaciones para los diferentes periodos de retorno que se implementó en el modelo hidrológico.

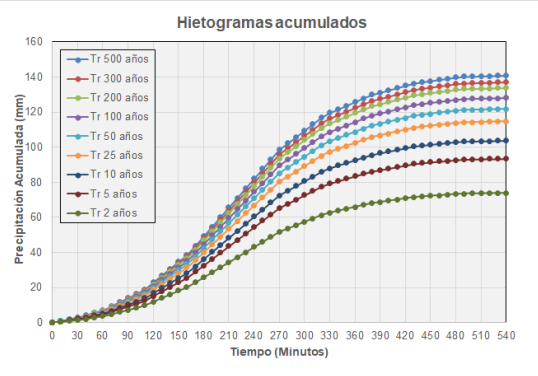
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 7.13. Hietogramas acumulados de las estaciones.**

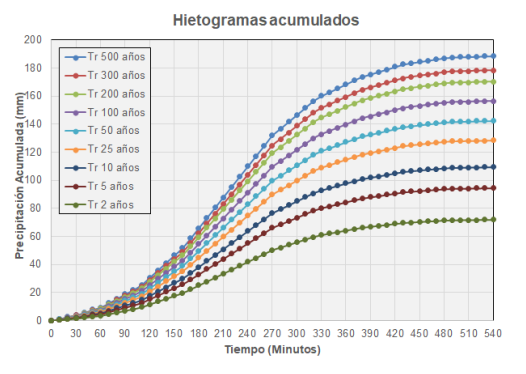
14010100



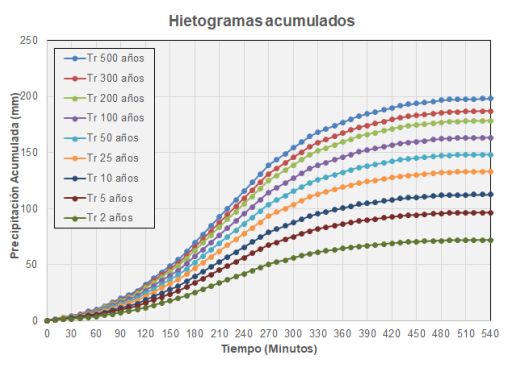

29040080



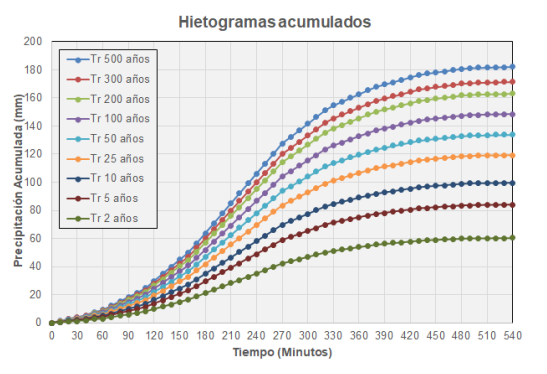

29040230




29045110




29045190




9. Se caracteriza la cobertura vegetal de la cuenca hasta el sitio de estudio y el tipo de suelos superficiales de la cuenca hasta esta sección para evaluar el parámetro CN. La información de la cobertura vegetal es la elaborada en el presente POMCA.
   La clasificación de los suelos en grupos hidrológicos principales se puede realizar tomando como base el tipo hidrológico a partir de planos de suelos agrícolas. Si no se dispone de esos planos, se debe hacer uso de un buen criterio. Usualmente en

una misma cuenca se reportan diferentes tipos de suelos. En ese caso se pueden considerar por separado, indicando el área ocupada por cada uno de ellos y determinar el valor CN individualmente para luego ponderarlos y obtener un CN representativo.

Para efectuar una buena clasificación y definir la respuesta hidrológica de los diferentes suelos, en el documento original del S.C.S. se presenta una lista extensa de suelos agrológicos pertenecientes a los diferentes grupos hidrológicos. En nuestro medio se deben utilizar criterios más generales, dado que aún no se han elaborados listas de este tipo.

La clasificación utiliza la premisa de que los suelos con perfiles semejantes en lo que se refiere a su espesor, textura, estructura, contenido de materia orgánica y expansividad por saturación, producen una respuesta semejante ante un aguacero de duración considerable. En la comparación se supone que los suelos están desnudos y que ya han presentado el máximo cambio de volumen por humedad y que la lluvia es superior a la infiltración potencial.

La siguiente tabla se utiliza para determinar los valores de CN en función de las prácticas agrícolas y condición hidrológica promedia (condición III), para la condición de saturación del suelo y a partir de la cual se presentan los caudales máximos en las cuencas de acuerdo con la NS-085.

**Tabla 7.13. Número de curva de escurrimiento (CN) para grupos hidrológicos en cuencas condición III.**

| Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | | Grupo hidrológico del suelo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | A | B | C | D |
| ÁREAS URBANAS | Residencial (1) | | | | | | |
| | Tamaño promedio del lote | | % promedio de impermeabilidad (2) | | | | |
| | 0,05 ha a menor | | 65 | 89 | 94 | 96 | 97 |
| | 0,10 ha | | 38 | 61 | 75 | 93 | 95 |
| | 0,13 ha | | 30 | 75 | 72 | 92 | 94 |
| | 0,20 ha | | 25 | 73 | 70 | 91 | 94 |
| | 0,40 ha | | 20 | 70 | 68 | 91 | 93 |
| | Parqueaderos pavimentados, techos, garajes, etc. | | | 99 | 99 | 99 | 99 |
| | Calles y carreteras: | | | | | | |
| | Pavimentadas con sardineles y drenajes de aguas lluvias (3) | | | 99 | 99 | 99 | 99 |
| | Zanjas o diques pavimentados | | | 93 | 96 | 97 | 98 |
| | Zona cubierta de grava | | | 89 | 94 | 96 | 97 |

DOCUMENTO NO OFICIAL - FASE DE PUBLICIDAD

| Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | | Grupo hidrológico del suelo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | A | B | C | D |
| | Zona cubierta de arenas o polvo (En tierra sin afirmar) | | | 86 | 92 | 95 | 96 |
| | Zonas comerciales y de negocios | | 85% de impermeabilidad | 96 | 97 | 98 | 98 |
| | Zonas industriales | | 72% de impermeabilidad | 92 | 95 | 97 | 98 |
| | Espacios abiertos, prados, parques, campos de golf, cementerios, etc. | | | | | | |
| | Buenas condiciones: cobertura de pasto en más del 75% de área. | | | 59 | 78 | 88 | 91 |
| | Cobertura parcial: cobertura de pasto entre el 50% y 75% del área. | | | 69 | 84 | 91 | 93 |
| | Cobertura pobre (cobertura de pastos < 50%) | | | 84 | 91 | 94 | 96 |
| ÁREAS NO URBANAS | Barbecho | Hileras rectas | Mala | 89 | 94 | 97 | 98 |
| | Cultivo en hileras | Hileras rectas | Mala | 86 | 92 | 95 | 97 |
| | | Hileras rectas | Buena | 83 | 90 | 94 | 96 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 85 | 81 | 93 | 95 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 82 | 88 | 92 | 94 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 82 | 88 | 91 | 92 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 79 | 86 | 90 | 92 |
| | Cereales | Hileras rectas | Mala | 82 | 89 | 93 | 95 |
| | | Hileras rectas | Buena | 80 | 88 | 93 | 95 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 80 | 88 | 92 | 94 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | | Grupo hidrológico del suelo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | A | B | C | D |
| | | Líneas de nivel | Buena | 78 | 87 | 92 | 93 |
| | | Hileras rectas | Buena | 80 | 88 | 93 | 95 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 80 | 88 | 92 | 94 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 78 | 87 | 92 | 93 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 78 | 86 | 91 | 92 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 77 | 85 | 90 | 92 |
| | Leguminosas o praderas con rotación *** | Hileras rectas | Mala | 82 | 89 | 94 | 96 |
| | | Hileras rectas | Buena | 76 | 86 | 92 | 94 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 81 | 88 | 93 | 94 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 74 | 84 | 90 | 93 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 80 | 87 | 91 | 93 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 70 | 83 | 89 | 91 |
| ÁREAS NO URBANAS | Pastizales | - | Mala | 84 | 91 | 94 | 96 |
| | | - | Regular | 69 | 84 | 91 | 93 |
| | | - | Buena | 59 | 78 | 88 | 91 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 67 | 83 | 92 | 95 |
| | | Líneas de nivel | Regular | 43 | 77 | 88 | 93 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 13 | 55 | 85 | 91 |
| | Pradera permanente | -- | - | 50 | 76 | 86 | 90 |
| | Bosques naturales | -- | Mala | 65 | 82 | 89 | 93 |
| | | -- | Regular | 56 | 78 | 87 | 91 |
| | | -- | Buena | 43 | 74 | 85 | 89 |
| | Hacienda | -- | -- | 77 | 88 | 92 | 94 |
| | Los números de curva son calculados asumiendo que la escorrentía desde la casa y el garaje es dirigida hacia la calle con un mínimo de agua del techo dirigida hacia el prado donde puede ocurrir infiltración. | | | | | | |

Fuente: Adaptado a Condición III con base en: Urban Stormwater Hydrology, Kibler, 1982.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO / FASE DE PUBLICIDAD

De acuerdo con lo anterior, se estimó un valor de CN para las unidades hidrográficas de nivel I. Con los datos anteriores se selecciona el número de curva CN que representa el complejo hidrológico suelo-cubierta vegetal de la cuenca, de acuerdo con el procedimiento mostrado. El valor de curva número CN para la condición de humedad antecedente III se determinó en función del tipo de suelo, cobertura vegetal y relieve.

**Tabla 7.14. Determinación del valor CN en la cuenca.**

| Unidad hidrográfica/Cobertura | Área (km2) | Porcentaje (%) | CN | Pond. del CN | Valor CN |
|---|---|---|---|---|---|
| **2909-01** | 13.61 | | | | |
| Arbustal | 3.00 | 0.22 | 87 | 19.18 | 82.8 |
| Bosque abierto | 0.07 | 0.00 | 70 | 0.34 | |
| Bosque de galería y/o ripario | 0.68 | 0.05 | 70 | 3.50 | |
| Bosque denso | 0.62 | 0.05 | 70 | 3.21 | |
| Canales | 0.10 | 0.01 | 95 | 0.69 | |
| Cuerpos de agua artificiales | 0.12 | 0.01 | 95 | 0.83 | |
| Herbazal | 3.33 | 0.24 | 74 | 18.11 | |
| Instalaciones recreativas | 0.79 | 0.06 | 95 | 5.50 | |
| Lagunas costeras | 0.17 | 0.01 | 95 | 1.16 | |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 0.19 | 0.01 | 95 | 1.35 | |
| Mares y océanos | 0.34 | 0.02 | 95 | 2.35 | |
| Pantanos costeros | 0.39 | 0.03 | 80 | 2.31 | |
| Pastos limpios | 0.31 | 0.02 | 74 | 1.70 | |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 0.33 | 0.02 | 95 | 2.33 | |
| Tejido urbano continuo | 0.20 | 0.01 | 87 | 1.28 | |
| Tejido urbano discontinuo | 1.69 | 0.12 | 87 | 10.80 | |
| Zonas arenosas naturales | 0.17 | 0.01 | 87 | 1.07 | |
| Zonas de disposición de residuos | 0.03 | 0.00 | 87 | 0.16 | |
| Zonas de extracción minera | 0.26 | 0.02 | 87 | 1.66 | |
| Zonas industriales o comerciales | 0.77 | 0.06 | 87 | 4.89 | |
| Zonas quemadas | 0.04 | 0.00 | 87 | 0.26 | |
| Zonas verdes urbanas | 0.01 | 0.00 | 87 | 0.10 | |
| **2909-02** | 4.50 | | | | |
| Arbustal | 0.21 | 0.05 | 87 | 4.07 | 85.80 |
| Herbazal | 0.83 | 0.19 | 74 | 13.70 | |
| Instalaciones recreativas | 0.35 | 0.08 | 95 | 7.37 | |
| Mares y océanos | 0.29 | 0.07 | 95 | 6.20 | |
| Pastos limpios | 0.00 | 0.00 | 74 | 0.05 | |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 0.04 | 0.01 | 95 | 0.89 | |
| Tejido urbano continuo | 0.72 | 0.16 | 87 | 13.91 | |
| Tejido urbano discontinuo | 1.00 | 0.22 | 87 | 19.30 | |
| Vegetación secundaria o en transición | 0.64 | 0.14 | 87 | 12.40 | |
| Zonas arenosas naturales | 0.17 | 0.04 | 87 | 3.31 | |
| Zonas de extracción minera | 0.04 | 0.01 | 87 | 0.76 | |
| Zonas industriales o comerciales | 0.16 | 0.04 | 87 | 3.16 | |
| Zonas verdes urbanas | 0.03 | 0.01 | 87 | 0.67 | |
| **2909-03** | 16.53 | | | | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

| Unidad hidrográfica/Cobertura | Área (km2) | Porcentaje (%) | CN | Pond. del CN | Valor CN |
|---|---|---|---|---|---|
| Arbustal | 6.27 | 0.38 | 87 | 32.99 | |
| Bosque abierto | 0.48 | 0.03 | 70 | 2.02 | |
| Bosque de galería y/o ripario | 0.00 | 0.00 | 70 | 0.00 | |
| Bosque denso | 0.09 | 0.01 | 70 | 0.36 | |
| Canales | 0.01 | 0.00 | 95 | 0.07 | |
| Cuerpos de agua artificiales | 0.04 | 0.00 | 95 | 0.26 | |
| Herbazal | 3.56 | 0.22 | 74 | 15.95 | |
| Instalaciones recreativas | 0.70 | 0.04 | 95 | 4.02 | |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 0.53 | 0.03 | 95 | 3.04 | |
| Mosaico de cultivos | 0.32 | 0.02 | 86 | 1.66 | |
| Mosaico de cultivos y espacios naturales | 0.38 | 0.02 | 86 | 1.97 | |
| Otros cultivos transitorios | 0.03 | 0.00 | 86 | 0.16 | 84.04 |
| Pastos limpios | 0.36 | 0.02 | 74 | 1.63 | |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 0.27 | 0.02 | 95 | 1.54 | |
| Tejido urbano continuo | 0.26 | 0.02 | 87 | 1.34 | |
| Tejido urbano discontinuo | 0.66 | 0.04 | 87 | 3.49 | |
| Tubérculos | 0.09 | 0.01 | 87 | 0.48 | |
| Vegetación secundaria o en transición | 0.24 | 0.01 | 87 | 1.27 | |
| Zonas de extracción minera | 1.24 | 0.08 | 87 | 6.53 | |
| Zonas industriales o comerciales | 0.61 | 0.04 | 87 | 3.22 | |
| Zonas pantanosas | 0.27 | 0.02 | 87 | 1.43 | |
| Zonas quemadas | 0.11 | 0.01 | 87 | 0.60 | |
| **2909-04** | 75.36 | | | | |
| Aeropuertos | 0.01 | 0.00 | 95 | 0.02 | |
| Arbustal | 21.65 | 0.29 | 87 | 24.99 | |
| Bosque abierto | 2.10 | 0.03 | 70 | 1.95 | |
| Bosque de galería y/o ripario | 2.00 | 0.03 | 70 | 1.86 | |
| Bosque fragmentado | 4.38 | 0.06 | 70 | 4.06 | |
| Cuerpos de agua artificiales | 0.92 | 0.01 | 95 | 1.16 | |
| Cultivos permanentes arbóreos | 0.02 | 0.00 | 86 | 0.02 | |
| Herbazal | 10.40 | 0.14 | 74 | 10.21 | |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 0.23 | 0.00 | 95 | 0.30 | |
| Mosaico de cultivos | 0.43 | 0.01 | 86 | 0.50 | |
| Mosaico de cultivos y espacios naturales | 1.20 | 0.02 | 86 | 1.37 | |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 2.40 | 0.03 | 86 | 2.74 | 80.56 |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 1.05 | 0.01 | 86 | 1.19 | |
| Otros cultivos transitorios | 0.05 | 0.00 | 86 | 0.05 | |
| Pastos arbolados | 2.59 | 0.03 | 80 | 2.75 | |
| Pastos enmalezados | 3.09 | 0.04 | 87 | 3.56 | |
| Pastos limpios | 14.52 | 0.19 | 74 | 14.26 | |
| Plantación forestal | 0.73 | 0.01 | 74 | 0.72 | |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 0.64 | 0.01 | 95 | 0.81 | |
| Ríos (50 m) | 0.15 | 0.00 | 95 | 0.18 | |
| Tejido urbano continuo | 0.20 | 0.00 | 87 | 0.24 | |
| Tejido urbano discontinuo | 0.49 | 0.01 | 87 | 0.56 | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Unidad hidrográfica/Cobertura | Área (km2) | Porcentaje (%) | CN | Pond. del CN | Valor CN |
|---|---|---|---|---|---|
| Tierras desnudas y degradadas | 0.29 | 0.00 | 87 | 0.33 | |
| Vegetación secundaria o en transición | 2.78 | 0.04 | 87 | 3.21 | |
| Zonas de disposición de residuos | 0.99 | 0.01 | 87 | 1.14 | |
| Zonas de extracción minera | 0.29 | 0.00 | 87 | 0.33 | |
| Zonas industriales o comerciales | 1.62 | 0.02 | 87 | 1.87 | |
| Zonas quemadas | 0.15 | 0.00 | 87 | 0.17 | |
| Zonas verdes urbanas | 0.01 | 0.00 | 87 | 0.01 | |
| **2909-05** | 63.18 | | | | |
| Arbustal | 16.80 | 0.27 | 87 | 23.13 | |
| Bosque abierto | 0.00 | 0.00 | 70 | 0.00 | |
| Bosque de galería y/o ripario | 4.13 | 0.07 | 70 | 4.58 | |
| Bosque fragmentado | 0.81 | 0.01 | 70 | 0.90 | |
| Canales | 0.00 | 0.00 | 95 | 0.00 | |
| Cuerpos de agua artificiales | 0.19 | 0.00 | 95 | 0.29 | |
| Cultivos permanentes herbáceos | 0.01 | 0.00 | 86 | 0.02 | |
| Herbazal | 10.73 | 0.17 | 74 | 12.57 | |
| Instalaciones recreativas | 0.08 | 0.00 | 95 | 0.12 | |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 0.17 | 0.00 | 95 | 0.26 | |
| Mosaico de cultivos | 0.86 | 0.01 | 86 | 1.18 | |
| Mosaico de cultivos y espacios naturales | 1.09 | 0.02 | 86 | 1.48 | |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 0.78 | 0.01 | 86 | 1.06 | |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 3.29 | 0.05 | 86 | 4.47 | |
| Mosaico de pastos y cultivos | 0.07 | 0.00 | 86 | 0.10 | |
| Otros cultivos transitorios | 0.46 | 0.01 | 86 | 0.62 | |
| Pastos arbolados | 3.15 | 0.05 | 80 | 3.98 | 82.05 |
| Pastos enmalezados | 1.06 | 0.02 | 87 | 1.46 | |
| Pastos limpios | 5.06 | 0.08 | 74 | 5.92 | |
| Plantación forestal | 0.62 | 0.01 | 74 | 0.72 | |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 1.11 | 0.02 | 95 | 1.67 | |
| Ríos (50 m) | 0.09 | 0.00 | 95 | 0.14 | |
| Tejido urbano continuo | 2.31 | 0.04 | 87 | 3.19 | |
| Tejido urbano discontinuo | 0.20 | 0.00 | 87 | 0.28 | |
| Tierras desnudas y degradadas | 0.42 | 0.01 | 87 | 0.58 | |
| Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | 0.09 | 0.00 | 87 | 0.12 | |
| Vegetación secundaria o en transición | 5.89 | 0.09 | 87 | 8.11 | |
| Zonas de disposición de residuos | 0.07 | 0.00 | 87 | 0.10 | |
| Zonas de extracción minera | 0.98 | 0.02 | 87 | 1.35 | |
| Zonas industriales o comerciales | 2.26 | 0.04 | 87 | 3.11 | |
| Zonas pantanosas | 0.01 | 0.00 | 87 | 0.01 | |
| Zonas quemadas | 0.38 | 0.01 | 87 | 0.52 | |
| Zonas verdes urbanas | 0.02 | 0.00 | 87 | 0.02 | |
| **2909-06** | 99.52 | | | | |
| Arbustal | 16.06 | 0.16 | 87 | 14.04 | 82.87 |
| Bosque abierto | 0.02 | 0.00 | 70 | 0.02 | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Unidad hidrográfica/Cobertura | Área (km2) | Porcentaje (%) | CN | Pond. del CN | Valor CN |
|---|---|---|---|---|---|
| Bosque de galería y/o ripario | 2.76 | 0.03 | 70 | 1.94 | |
| Canales | 0.26 | 0.00 | 95 | 0.25 | |
| Cuerpos de agua artificiales | 1.24 | 0.01 | 95 | 1.18 | |
| Cultivos permanentes arbóreos | 0.13 | 0.00 | 86 | 0.11 | |
| Herbazal | 25.11 | 0.25 | 74 | 18.67 | |
| Instalaciones recreativas | 0.16 | 0.00 | 95 | 0.16 | |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 0.02 | 0.00 | 95 | 0.02 | |
| Mosaico de cultivos | 0.46 | 0.00 | 86 | 0.39 | |
| Mosaico de cultivos y espacios naturales | 1.13 | 0.01 | 86 | 0.98 | |
| Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 0.66 | 0.01 | 86 | 0.57 | |
| Mosaico de pastos con espacios naturales | 2.05 | 0.02 | 86 | 1.77 | |
| Obras hidráulicas | 0.09 | 0.00 | 95 | 0.09 | |
| Oleaginosas y leguminosas | 0.15 | 0.00 | 86 | 0.13 | |
| Otros cultivos transitorios | 0.61 | 0.01 | 86 | 0.53 | |
| Pastos arbolados | 0.92 | 0.01 | 80 | 0.74 | |
| Pastos enmalezados | 1.86 | 0.02 | 87 | 1.63 | |
| Pastos limpios | 4.23 | 0.04 | 74 | 3.14 | |
| Plantación forestal | 0.07 | 0.00 | 74 | 0.05 | |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 1.92 | 0.02 | 95 | 1.83 | |
| Ríos (50 m) | 0.06 | 0.00 | 95 | 0.06 | |
| Tejido urbano continuo | 26.74 | 0.27 | 87 | 23.37 | |
| Tejido urbano discontinuo | 1.72 | 0.02 | 87 | 1.50 | |
| Tierras desnudas y degradadas | 0.94 | 0.01 | 87 | 0.82 | |
| Vegetación secundaria o en transición | 0.97 | 0.01 | 87 | 0.85 | |
| Zonas arenosas naturales | 0.03 | 0.00 | 87 | 0.02 | |
| Zonas de disposición de residuos | 0.52 | 0.01 | 87 | 0.45 | |
| Zonas de extracción minera | 0.40 | 0.00 | 87 | 0.35 | |
| Zonas industriales o comerciales | 7.01 | 0.07 | 87 | 6.12 | |
| Zonas quemadas | 0.62 | 0.01 | 87 | 0.54 | |
| Zonas verdes urbanas | 0.61 | 0.01 | 87 | 0.54 | |
| **2909-07** | 20.97 | | | | |
| Arbustal | 0.90 | 0.04 | 87 | 3.72 | 87.08 |
| Bosque de galería y/o ripario | 0.09 | 0.00 | 70 | 0.32 | |
| Bosque denso | 1.68 | 0.08 | 70 | 5.61 | |
| Canales | 0.04 | 0.00 | 95 | 0.19 | |
| Cuerpos de agua artificiales | 0.05 | 0.00 | 95 | 0.24 | |
| Herbazal | 2.21 | 0.11 | 74 | 7.79 | |
| Instalaciones recreativas | 0.06 | 0.00 | 95 | 0.28 | |
| Lagunas costeras | 6.85 | 0.33 | 95 | 31.01 | |
| Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 0.11 | 0.01 | 95 | 0.52 | |
| Mares y océanos | 0.17 | 0.01 | 95 | 0.79 | |
| Pastos limpios | 0.16 | 0.01 | 74 | 0.55 | |
| Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 0.53 | 0.03 | 95 | 2.41 | |
| Salitral | 0.17 | 0.01 | 87 | 0.69 | |
| Sedimentos expuestos en bajamar | 0.09 | 0.00 | 87 | 0.37 | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Unidad hidrográfica/Cobertura | Área (km2) | Porcentaje (%) | CN | Pond. del CN | Valor CN |
|---|---|---|---|---|---|
| Tejido urbano continuo | 5.83 | 0.28 | 87 | 24.18 | |
| Zonas arenosas naturales | 0.09 | 0.00 | 87 | 0.38 | |
| Zonas de disposición de residuos | 0.06 | 0.00 | 87 | 0.24 | |
| Zonas industriales o comerciales | 1.53 | 0.07 | 87 | 6.36 | |
| Zonas pantanosas | 0.15 | 0.01 | 87 | 0.62 | |
| Zonas verdes urbanas | 0.19 | 0.01 | 87 | 0.80 | |

10. Para efectuar este cálculo por intervalos, se analizan los incrementos de tiempo "D" (en horas) y los incrementos de la lluvia frente a cada incremento de tiempo, en mm; se determinan los valores acumulados de la lluvia, en mm; se indican los valores acumulados de la lluvia efectiva (escurrimiento) en mm, como se muestra al inicio de este numeral.
    Se consignan los incrementos de la lluvia efectiva (escurrimiento) en mm, para cada intervalo de tiempo y se tabulan los incrementos de las pérdidas en mm. El modelo hidrológico con el programa HEC-HMS se muestra en el Anexo No. 3.
11. Se calcula la longitud del cauce principal (cauce más largo) desde su nacimiento hasta el extremo inferior de cada cuenca, la pendiente longitudinal media y el desnivel de la corriente entre su nacimiento y la sección mencionada.
12. Se determina el tiempo de concentración estimados en el producto de morfometría.

**Tabla 7.15. Resultados del tiempo de concentración.**

| Nombre | Código | Tiempo de concentración (horas) |
|---|---|---|
| Plano Costero | 2909-01 | 8.10 |
| Perdida Cantera | 2909-02 | 0.70 |
| Cisne | 2909-03 | 4.85 |
| Arroyo Granada | 2909-04 | 13.90 |
| Arroyo Grande | 2909-05 | 18.38 |
| Arroyo León | 2909-06 | 17.02 |
| Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | 0.93 |

13. El Hidrograma unitario sintético del SCS es el adimensional desarrollado por Mockus en 1950. Este Hidrograma fue estudiado con base en el análisis de un gran número de hidrogramas unitarios naturales de un amplio rango de tamaños de cuencas hidrográficas y sitios geográficos. El método del SCS, usa una relación del tiempo base y el tiempo al pico, $T_b/T_p = 5$. Adicionalmente, configura una función adimensional del hidrograma para proveer un Hidrograma unitario con forma típica (Monsalve Sáenz, 1999). Esta metodología estima un caudal pico del hidrograma $Qp$ para 1 $mm$ de precipitación efectiva.

$$t_p = \frac{t_r}{2} + t_l$$

DOCUMENTO DE CONSULTIVO FASE DE PUBLICIDAD

$$\frac{t_r}{t_c} = \frac{2}{15}$$

Donde,
$t_p$: Tiempo al pico del hidrograma.
$t_r$:: Tiempo de duración de la lluvia.
$t_l$:: Tiempo de desfase.

En general, el tiempo de desfase se centraliza por encima del 50% del tiempo de Concentración ($t_c$) de la cuenca hidrográfica, fluctuando entre diferentes propuestas metodológicas como la sugerida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos donde se sugiere utilizar

$$t_l = (3/5) * t_c$$

$$Q_p = \frac{0.208A}{t_p}$$

Donde:
$Q_p$: Caudal pico del hidrograma.
$A$: Área de drenaje.
$t_p$: Tiempo al pico del hidrograma.

14. Se determinan los caudales pico o máximos de los hidrogramas para cada incremento de escurrimiento. Estos máximos se obtienen multiplicando el caudal máximo de 1 mm de escurrimiento (calculado en el paso anterior) por el incremento de lluvia efectiva (escurrimiento). Se parte de los incrementos de tiempo "D" (en horas) definidos anteriormente y de los incrementos de la lluvia efectiva (escurrimiento) en mm. Se consideran los valores de los caudales máximos (caudales pico) de cada uno de los hidrogramas unitarios en $m^3/s/mm$, es decir, caudales producidos por 1 mm de lluvia efectiva, determinados de manera idéntica para cada intervalo de tiempo.

    Se tabulan los caudales pico producidos por cada incremento de lluvia efectiva en $m^3/s$ multiplicando los incrementos de la lluvia efectiva por sus caudales. Se indica la hora en la cual se inicia cada uno de los hidrogramas incrementales, en horas. Se inicia con la hora cero y, posteriormente, se va sumando el incremento de tiempo "D". También se anota la hora en la cual se presenta el caudal pico de cada uno de los hidrogramas incrementales, lo cual se hace sumando a la hora inicial el tiempo al pico en horas. Se registra la hora en la cual termina cada uno de los hidrogramas incrementales, para lo cual se suma a los tiempos iniciales el tiempo base en horas.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

En el Anexo No. 3, se muestran los cálculos de los hidrogramas utilizando el programa HEC-HMS.

15. Se construye el hidrograma final de la creciente resultante de la cuenca, con el siguiente procedimiento:
    - Se dibujan los hidrogramas con los incrementos. El programa HEC-HMS efectúa esta operación.
    - Se suman las ordenadas de los hidrogramas en varias verticales para obtener diferentes puntos que, unidos, originan el hidrograma final. En muchos casos, sólo es necesario sumar las ordenadas en las horas que representan el principio, el máximo y el final de cada hidrograma de los incrementos.

**Tabla 7.16. Resultados de los caudales máximos (Caudal $m^3/s$).**

| Unidad hidrográfica | Tr 2 | Tr 5 | Tr 10 | Tr 25 | Tr 50 | Tr 100 | Tr 200 | Tr 300 | Tr 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Perdida Cantera | 14.47 | 21.27 | 25.85 | 31.66 | 35.96 | 40.21 | 44.44 | 46.92 | 50.01 |
| Ciénaga Mallorquín | 63.35 | 95.23 | 116.71 | 143.92 | 164.08 | 184.02 | 203.86 | 215.43 | 229.94 |
| Arroyo Granada | 45.28 | 71.29 | 89.49 | 113.24 | 131.27 | 149.42 | 167.71 | 178.48 | 192.1 |
| Arroyo Grande | 48.44 | 74.04 | 90.07 | 109.52 | 123.49 | 137.08 | 150.38 | 158.07 | 167.65 |
| Arroyo León | 50.74 | 86.85 | 112.2 | 145.28 | 170.35 | 195.57 | 220.94 | 235.86 | 254.73 |
| Cisne | 29.73 | 45.44 | 56.27 | 70.25 | 80.77 | 91.29 | 101.86 | 108.05 | 115.87 |
| Plano Costero | 18.19 | 28.25 | 35.24 | 44.32 | 51.17 | 58.06 | 64.98 | 69.04 | 74.18 |
| A - Unión Arroyo Granada y Grande | 90.53 | 140.45 | 173.58 | 215.41 | 246.4 | 277.16 | 307.79 | 325.67 | 348.18 |
| B - Unión Arroyo Granada, Grande y León | 140.89 | 226.76 | 285.16 | 359.99 | 416 | 471.92 | 527.88 | 560.67 | 602.01 |
| C1 - Unión Arroyo Granada, Grande, León y Cisne | 142.75 | 229.62 | 288.72 | 364.43 | 421.11 | 477.71 | 534.33 | 567.5 | 609.34 |
| C - Unión Arroyo Granada, Grande, León, Cisne y Plano Costero | 150.29 | 241.27 | 303.2 | 382.55 | 441.99 | 501.34 | 560.74 | 595.54 | 639.44 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - PENDIENTE PUBLICIDAD

### 7.3.7. Rendimiento hídrico para condiciones hidrológicas medias, secas y húmedas

El rendimiento de una cuenca expresa la cantidad de agua por unidad de área que produce dicha zona. Para la cuenca hidrográficas de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (código 2909), se calcularon los rendimientos para las condiciones hidrológicas medias, secas y húmedas (Ver Tabla 7.17 a la Tabla 7.19).

El rendimiento para condiciones medias en la cuenca hidrográficas de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León (código 2909) es de aproximadamente 4.63 L/s-$km^2$. En general la cuenca presenta muy bajos rendimientos, que son consecuencia directa de la baja disponibilidad de agua proveniente de las precipitaciones. Los medios máximos rendimientos se localizan en las unidades hidrográficas del Arroyo Granada y Arroyo Grande

con valores de alrededor de los 4.73 y 5.15 L/s-km$^2$. El rendimiento medio mínimo se localiza en la unidad hidrográfica de Plano Costero y ocurre en los meses de abril y mayo con un valor de alrededor de 1.26 L/s-km$^2$.

Estos resultados se convierten en una importante estrategia para las autoridades ambientales en cuanto a la gestión integral del recurso hídrico, y se pueden generar propuestas como modificar las concesiones de agua acorde a los períodos climáticos o limitar el uso para determinadas actividades.

De igual forma estos resultados podrían ser articulados por los entes territoriales para definir cuales subcuencas son adecuadas para desarrollar determinadas actividades en función de la disponibilidad hídrica.

**Tabla 7.17. Rendimiento hídrico para condiciones medias (L/s/km$^2$).**

| Código | RENDIMIENTO CONDICION MEDIA (L/s/km$^2$) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
| 2909 | 4.06 | 2.88 | 2.02 | 1.55 | 1.67 | 2.23 | 2.58 | 3.92 | 7.09 | 11.01 | 8.67 | 7.91 | 4.63 |
| 2909-01 | 3.61 | 2.68 | 1.87 | 1.42 | 1.45 | 1.81 | 1.89 | 2.77 | 4.76 | 7.99 | 7.36 | 7.13 | 3.73 |
| 2909-02 | 3.21 | 2.47 | 1.70 | 1.28 | 1.24 | 1.47 | 1.44 | 1.93 | 3.24 | 5.88 | 6.17 | 6.14 | 3.01 |
| 2909-03 | 3.45 | 2.59 | 1.79 | 1.36 | 1.34 | 1.63 | 1.65 | 2.30 | 3.93 | 6.95 | 6.77 | 6.70 | 3.37 |
| 2909-04 | 4.20 | 2.95 | 2.05 | 1.57 | 1.64 | 2.17 | 2.48 | 3.69 | 6.75 | 11.82 | 8.91 | 8.47 | 4.73 |
| 2909-05 | 4.24 | 2.98 | 2.08 | 1.63 | 1.77 | 2.44 | 2.98 | 4.57 | 8.51 | 12.99 | 9.30 | 8.28 | 5.15 |
| 2909-06 | 3.99 | 2.86 | 2.02 | 1.56 | 1.72 | 2.30 | 2.70 | 4.15 | 7.47 | 10.60 | 8.70 | 7.66 | 4.65 |
| 2909-07 | 3.87 | 2.83 | 2.01 | 1.52 | 1.74 | 2.36 | 2.60 | 4.18 | 7.27 | 10.58 | 8.79 | 7.89 | 4.64 |

**Tabla 7.18. Rendimiento hídrico para condiciones secas (L/s/km$^2$).**

| Código | RENDIMIENTO CONDICION SECAS (L/s/km2) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
| 2909 | 2.78 | 1.80 | 1.26 | 1.04 | 1.37 | 1.78 | 2.77 | 3.36 | 5.69 | 7.66 | 8.00 | 5.03 | 3.54 |
| 2909-01 | 2.23 | 1.42 | 0.97 | 0.86 | 1.23 | 1.60 | 2.44 | 2.80 | 4.32 | 6.08 | 6.44 | 4.15 | 2.88 |
| 2909-02 | 1.73 | 1.13 | 0.81 | 0.74 | 1.15 | 1.49 | 2.22 | 2.45 | 3.35 | 4.86 | 5.23 | 3.37 | 2.38 |
| 2909-03 | 1.96 | 1.27 | 0.90 | 0.80 | 1.19 | 1.55 | 2.34 | 2.63 | 3.79 | 5.40 | 5.76 | 3.73 | 2.61 |
| 2909-04 | 2.70 | 1.76 | 1.27 | 1.01 | 1.34 | 1.81 | 2.82 | 3.44 | 5.32 | 7.18 | 7.50 | 4.83 | 3.42 |
| 2909-05 | 3.06 | 1.99 | 1.42 | 1.12 | 1.43 | 1.90 | 3.00 | 3.78 | 6.29 | 8.14 | 8.57 | 5.42 | 3.84 |
| 2909-06 | 2.93 | 1.88 | 1.29 | 1.11 | 1.41 | 1.77 | 2.73 | 3.30 | 6.17 | 8.32 | 8.64 | 5.30 | 3.74 |
| 2909-07 | 2.86 | 1.76 | 1.15 | 1.03 | 1.33 | 1.76 | 2.74 | 3.23 | 5.98 | 8.30 | 8.62 | 5.29 | 3.67 |

PUBLICACIÓN DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.19. Rendimiento hídrico para condiciones húmedas (L/s/km²)**

| Código | RENDIMIENTO CONDICION HUMEDAS (L/s/km2) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
| 2909 | 6.79 | 3.92 | 2.71 | 2.14 | 2.07 | 2.87 | 6.35 | 12.24 | 23.43 | 29.41 | 28.38 | 14.43 | 11.23 |
| 2909-01 | 6.37 | 3.70 | 2.60 | 2.06 | 1.87 | 2.39 | 4.62 | 8.68 | 19.36 | 26.44 | 26.89 | 13.34 | 9.86 |
| 2909-02 | 5.94 | 3.45 | 2.46 | 2.00 | 1.78 | 2.12 | 3.69 | 6.78 | 16.59 | 24.22 | 26.13 | 12.44 | 8.97 |
| 2909-03 | 6.20 | 3.60 | 2.55 | 2.03 | 1.83 | 2.25 | 4.17 | 7.78 | 18.15 | 25.50 | 26.77 | 13.00 | 9.48 |
| 2909-04 | 6.99 | 4.00 | 2.75 | 2.16 | 2.07 | 2.77 | 6.40 | 12.37 | 24.62 | 30.82 | 30.85 | 15.23 | 11.75 |
| 2909-05 | 7.04 | 4.05 | 2.79 | 2.22 | 2.25 | 3.09 | 7.33 | 14.38 | 25.80 | 30.97 | 29.70 | 15.13 | 12.06 |
| 2909-06 | 6.72 | 3.90 | 2.71 | 2.12 | 2.08 | 3.04 | 6.57 | 12.63 | 23.24 | 28.91 | 26.63 | 14.02 | 11.05 |
| 2909-07 | 6.61 | 3.85 | 2.68 | 2.10 | 1.91 | 2.79 | 5.68 | 10.72 | 21.51 | 28.35 | 26.60 | 13.75 | 10.55 |

## *7.4. Caudales Ambientales*

De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, se define como: "Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas".

Para la estimación del caudal ambiental se emplean las tres metodologías presentadas en el documento "Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso Hídrico", elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014. Estas metodologías se presentan a continuación.

### 7.4.1. Métodos para la estimación de caudales ambientales

- **Metodología 1: Resolución 865 de 2004**

La primera de ellas es según lo dispuesto en la Resolución 865 de 2004, la cual propone considerar como caudal ambiental el valor máximo de caudal ecológico obtenido mediante la aplicación de los siguientes tres métodos:

- ✓ Mínimo histórico: corresponde al caudal promedio multianual que permanece el 97.5% del tiempo, obtenido de la curva de duración de la serie de caudales medios diarios, para el periodo de análisis, por medio de la aplicación del percentil 0.975.
- ✓ Porcentaje de descuento: este representa el 25% del caudal mensual multianual más bajo de la corriente de estudio (IDEAM, 2010).
- ✓ Reducción por caudal ambiental: esta aproximación corresponde al 25% del caudal medio multianual en condiciones de oferta media.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

- **Metodología 2: Método basado en el índice de retención y regulación hídrica**

La segunda metodología para la determinación del caudal ambiental, según el Estudio Nacional del Agua -ENA (IDEAM, 2019), corresponde al 85% o 75% según el valor del Índice de Retención Hidráulica –IRH, obtenido de la curva de duración de caudales medios y su intersección con la recta de caudal promedio multianual. Cuando el IRH obtenido sea inferior a 0,7, el caudal ambiental será el 75% del caudal medio diario multianual, pero para valores de IRH superiores a 0,7 el caudal ambiental será el 85% del caudal medio diario multianual.

- **Metodología 3: Método MADS & IDEAM, 2019**

En el año 2010, teniendo en cuenta la adopción de la Política Nacional para gestión integral del recurso hídrico, se identifica la necesidad de mantener los caudales mínimos para el funcionamiento de los procesos hidrológicos y ecológicos, garantizando la oferta hídrica del país en los diferentes ecosistemas acuáticos (MADS & (IDEAM, 2019)), lo cual, a su vez hace parte de la formulación de la guía técnica de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) (MADS, 2014), en el cual se identifica la necesidad del desarrollo de una metodología para estimar CAUDAL AMBIENTAL con un análisis a escala regional, situación que se implementa en la actual guía técnica para la formulación de los PORH continental superficial considerando el caudal ambiental desde un enfoque holístico (MADS, 2018), como base para construir la guía metodológica para estimar caudal ambiental a nivel nacional (IDEAM & MADS, 2019), de manera paralela, es importante mencionar que a través de la Resolución No. 2130 de 2019 se expidió la 'Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en el Río Bogotá' (IDEAM, 2019), que se cita como uso en los términos de referencia del contrato.

Estas metodologías establecen, "un enfoque metodológico y los criterios mínimos para la estimación y evaluación de caudales ambientales" (IDEAM & MADS, 2019), permitiendo calcular la oferta hídrica disponible a escala regional, teniendo en cuenta el funcionamiento ecológico y los servicios ecosistémicos que deben permanecer y mantenerse ante diferentes escenarios de caudal en las fuentes hídricas estudiadas, garantizando el beneficio que diversos actores sociales obtienen de estos.

A continuación, se toma en consideración la definición de caudal ambiental.
El Decreto 3930 de la Política Nacional del Recurso Hídrico define el caudal ambiental como: Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas debajo de la fuente de la cual dependen los ecosistemas (IDEAM & MADS, 2019).

Este término es un concepto clave en el manejo de los regímenes del flujo de agua en cuencas hidrográficas y, por ende, tiene una fuerte relación con la provisión de servicios ecosistémicos hidrológicos y es por ello, que de acuerdo con lo que profesa la declaración de Brisbane de 2018, estipula que este caudal ambiental se define como:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

La cantidad, el momento de entrega y la calidad de los flujos y niveles de agua dulce necesarios para mantener los ecosistemas acuáticos que, a su vez, apoyan las culturas humanas, las economías, los medios de vida sostenibles y el bienestar (Arthington, 2018).

Reconociendo su importancia no solamente para mantener los ecosistemas acuáticos, sino también el bienestar de las personas que dependen de estos.

Es importante destacar que esta aproximación no implica mantener un volumen o nivel de agua específico (mínimo), sino más bien:

Un régimen de caudales o niveles con sus respectivos atributos ecológicamente relevantes, requeridos para soportar y/o regular los procesos físicos, químicos y biológicos que sostienen la biodiversidad y su prestación de servicios ecosistémicos (IDEAM & MADS, 2019).

La Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en Colombia (denominada 'Metodología' de ahora en adelante), distingue un objetivo ambiental relacionado con el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos existentes, donde la conservación de ciertas especies de flora y/o fauna son lo más importante, junto con la prestación de servicios ecosistémicos, lo que refiere al aprovechamiento por parte de los diferentes usuarios. Esto quiere decir, que el primer objetivo prioriza las funciones y procesos de los ecosistemas y los servicios de regulación, lo que implica que el caudal ambiental esté relacionado al mantenimiento o la restauración de un régimen natural de flujo del agua, que se compone de cinco elementos esenciales (magnitud, frecuencia de ocurrencia, duración, momento de aplicación y tasa de cambio) (IDEAM & MADS, 2019).

Teniendo en cuenta la metodología propuesta por el Ministerio, para el objeto del contrato se estimará el caudal ambiental, teniendo en consideración la herramienta HeCCA, la cual será descrita a continuación.

Teniendo en cuenta el nuevo concepto de caudal ambiental, en la guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial, detallado en las resoluciones 758/18 y 958/18 (MADS, 2014) se estableció que:

> *"Se debe estimar la oferta hídrica total y disponible a nivel de cuenca, subcuencas, tramos de estudio y puntos de monitoreo, para condiciones de años hidrológicos húmedo, normal y seco, considerando los principales procesos hidrológicos que influyen en el comportamiento del régimen natural de flujo, así como sus principales características (magnitud, duración, frecuencia, tasa de cambio, momento de aplicación), para efectos de la estimación del caudal ambiental desde un enfoque holístico. Para esto, se deben aplicar los lineamientos que establezca el MADS para la estimación de caudales ambientales en Colombia. En línea con lo anterior, el Ministerio*

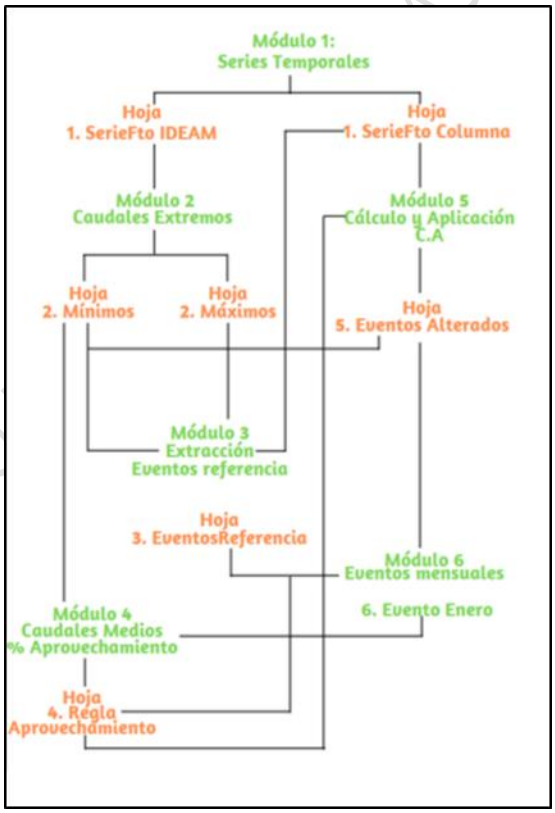
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

*de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha realizado varias consultas públicas de una propuesta de Guía metodológica para la estimación del caudal ambiental en Colombia y en particular para el río Bogotá"* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018) y (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

En la cual se desarrolla un enfoque metodológico similar que involucra aspectos hidrológicos, hidráulicos, geomorfológicos, ecológicos y de servicios ecosistémicos (Universidad Nacional de Colombia, 2019).

A continuación, se presenta una descripción conceptual de la herramienta, los módulos en los cuales se divide y las pestañas asociadas, así como una explicación de los procedimientos realizados para obtener los porcentajes de aprovechamiento mensuales a partir del caudal natural de la quebrada analizado y la estimación del caudal ambiental que debe permanecer en el cuerpo de agua.

**Figura 7.14. Metodología de funcionamiento herramienta para el cálculo de caudal ambiental en Colombia – HeCCA.**




Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

DOCUMENTO FASE DE PUBLICIDAD

**Módulo 1: Series temporales**

En este módulo se encuentra la serie temporal de caudales diarios del río a analizar y se trabajan a partir de las siguientes pestañas:

Pestaña "1. SerieFtoIDEAM"
Contiene la serie de datos diarios de caudales observados en formato IDEAM.

Se inserta la serie de datos en el formato que el IDEAM presenta los registros hidrológicos diarios de las estaciones de la red nacional de referencia, esta información debe estar completa, por lo que se debe realizar llenado de datos en caso de ser necesario.

En la Figura 7.15, se presenta dicho formato en el cual se observan las columnas de año, mes, y los valores de caudal para cada uno de los días del mes correspondiente, esta información debe ser suministrada por el usuario.

**Figura 7.15. Información de entrada para la Pestaña "1. SerieFtoIDEAM.**

| | A | B | C | D | E | F | G | AC | AD | AE | AF | AG |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Año | Mes | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 27 | Dia 28 | Dia 29 | Dia 30 | Dia 31 |
| 2 | 1995 | 1 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.4 | 0.36 | 0.59 | 0.59 | 0.51 | 0.25 | 0.29 |
| 3 | 1995 | 2 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.7 | 0.7 | | | |
| 4 | 1995 | 3 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.91 | 0.96 | 0.96 | 0.86 | 0.8 |
| 5 | 1995 | 4 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.75 | 0.7 | 0.96 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | |
| 6 | 1995 | 5 | 0.91 | 0.91 | 0.86 | 0.75 | 0.71 | 0.5 | 0.91 | 0.75 | 0.59 | 0.59 |
| 7 | 1995 | 6 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | |
| 8 | 1995 | 7 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.64 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| 9 | 1995 | 8 | 0.59 | 1.09 | 0.7 | 0.64 | 0.59 | 1.56 | 1.56 | 1.48 | 1.41 | 1.41 |
| 10 | 1995 | 9 | 1.41 | 1.34 | 1.27 | 1.19 | 1.12 | 0.64 | 0.59 | 0.59 | 0.86 | |
| 11 | 1995 | 10 | 0.75 | 0.7 | 0.7 | 0.67 | 0.62 | 0.8 | 0.8 | 0.75 | 0.7 | 0.86 |
| 12 | 1995 | 11 | 0.86 | 0.86 | 0.8 | 0.99 | 0.86 | 0.91 | 0.86 | 0.75 | 0.7 | |
| 13 | 1995 | 12 | 0.64 | 0.59 | 0.64 | 1.79 | 0.96 | 0.91 | 0.86 | 0.8 | 0.91 | 0.8 |
| 182 | 2010 | 1 | 0.35 | 0.33 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 |
| 183 | 2010 | 2 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | | | |
| 184 | 2010 | 3 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 |
| 185 | 2010 | 4 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | |
| 186 | 2010 | 5 | 0.43 | 0.41 | 0.73 | 1.29 | 1.18 | 2.63 | 2.35 | 2.1 | 1.68 | 1.9 |
| 187 | 2010 | 6 | 1.68 | 1.48 | 1.29 | 1.1 | 1 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | |
| 188 | 2010 | 7 | 0.66 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | 1 | 2.23 | 2.23 | 2.23 | 2.23 | 2.19 |
| 189 | 2010 | 8 | 2.14 | 2.1 | 2.02 | 1.67 | 1.32 | 0.9 | 0.83 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| 190 | 2010 | 9 | 0.81 | 0.95 | 0.9 | 0.78 | 0.76 | 0.71 | 1.29 | 1.05 | 1 | |
| 191 | 2010 | 10 | 1.1 | 1.05 | 1 | 0.9 | 1.32 | 0.86 | 1.07 | 0.9 | 1.5 | 0.95 |
| 192 | 2010 | 11 | 0.9 | 0.86 | 1.26 | 0.81 | 0.86 | 3.04 | 2.7 | 2.7 | 4.12 | |
| 193 | 2010 | 12 | 4.31 | 3.94 | 4.65 | 6.62 | 4.06 | 1.48 | 1.32 | 1.39 | 1.26 | 1.23 |

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

Por otro lado, en esta pestaña simultáneamente se encuentran las columnas para los valores de caudales mínimos (min), promedio (prom) y máximos (max) de cada mes registrado, y se encuentran los valores de "Min Rev" (mínimos revisados) y "Prom Rev" (promedios revisados) los cuales están programados a partir de la serie de caudales suministrada inicialmente.

DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

**Figura 7.16. Valores calculados de mínimos, promedios, máximos, y mínimos y máximos revisados.**

| | A | B | AH | AI | AJ | AK | AL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Año | M | Min | Prom | Max | Min Rev | Prom Re |
| 2 | 1995 | 1 | 0.25 | 0.5 | 0.59 | 0.25 | 0.5 |
| 3 | 1995 | 2 | 0.25 | 0.5 | 0.8 | 0.25 | 0.5 |
| 4 | 1995 | 3 | 0.59 | 0.9 | 2.36 | 0.59 | 0.9 |
| 5 | 1995 | 4 | 0.59 | 0.8 | 1.7 | 0.59 | 0.8 |
| 6 | 1995 | 5 | 0.48 | 0.7 | 0.91 | 0.48 | 0.7 |
| 7 | 1995 | 6 | 0.59 | 0.6 | 1.01 | 0.59 | 0.6 |
| 8 | 1995 | 7 | 0.51 | 0.6 | 0.7 | 0.51 | 0.6 |
| 9 | 1995 | 8 | 0.44 | 1.3 | 2.26 | 0.44 | 1.3 |
| 10 | 1995 | 9 | 0.59 | 0.9 | 1.41 | 0.59 | 0.9 |
| 11 | 1995 | 10 | 0.59 | 0.7 | 0.86 | 0.59 | 0.7 |
| 12 | 1995 | 11 | 0.7 | 0.9 | 1.98 | 0.7 | 0.9 |
| 13 | 1995 | 12 | 0.59 | 1.1 | 2.16 | 0.59 | 1.1 |

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

Los "Min Rev" corresponden a un ajuste de los caudales mínimos mensuales revisados, de tal manera que para los casos de eventos extremos en los que el caudal mínimo mensual sea menor al caudal mínimo con periodo de retorno de 10 años, Q TR10 (calculado posteriormente en la pestaña "2. Mínimos"), se debe tomar el primer caudal que supere el Q TR10; los "Prom Rev" corresponden a un ajuste del promedio de los caudales, de tal manera que este solo toma los valores mayores al Caudal mínimo con periodo de retorno de 10 años, Q TR10, y menores al Caudal máximo calculado para el periodo de retorno de 15 años.

Finalmente, se encuentran las columnas QMM, que corresponde al cálculo de los caudales medios mensuales multianuales, QMM rev y Qmin Rev (Figura 7.17) siendo los caudales medios y mínimos mensuales multianuales revisados respectivamente, con los criterios mencionados anteriormente para la ventana de tiempo analizada.

**Figura 7.17. Valores calculados de Caudales medios, mínimos y mínimos revisados mensuales multianuales.**

| AN | AO | AP | AQ |
|---|---|---|---|
| Mes | QMM | QMM Rev | Qmin Rev |
| 1 | 0.686 | 0.688 | 0.21 |
| 2 | 0.737 | 0.742 | 0.21 |
| 3 | 0.925 | 0.925 | 0.24 |
| 4 | 1.126 | 1.126 | 0.21 |
| 5 | 1.214 | 1.214 | 0.28 |
| 6 | 0.871 | 0.871 | 0.29 |
| 7 | 0.924 | 0.924 | 0.29 |
| 8 | 0.855 | 0.855 | 0.28 |
| 9 | 0.859 | 0.859 | 0.28 |
| 10 | 1.246 | 1.170 | 0.28 |
| 11 | 1.460 | 1.460 | 0.28 |
| 12 | 1.118 | 1.118 | 0.36 |

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Pestaña "1. SerieFtoColumna".
Es la serie de datos diarios de caudales organizada automáticamente en formato columna con el fin de facilitar el manejo de la información para cálculos posteriores.

En la Figura 7.18, se puede observar:

- El "# total de celdas matriz" (celda B1) indica la cantidad de valores de entrada registrados en la matriz, incluyendo los espacios en blanco.
- La celda "# Días de la serie" (celda B2) muestra la cantidad de valores de la matriz de entrada sin incluir las celdas vacías, es decir, el número de días para el periodo analizado.
- En la columna "# Celda" se le asigna un número de orden a cada valor, cuando el conteo termina, aparece el texto "Fin de celdas" que indica que se ha llegado al final de la matriz. Y es este punto el que define la longitud hasta donde deben ser llevados los cálculos.
- En la columna B "serie con ceros" aparece el valor correspondiente a cada celda (incluyendo los valores en blanco), si no hay registro o el espacio está vacío, aparece el valor "0".
- La columna C "serie sin ceros" registra los mismos valores de la columna anterior, con la diferencia de que los valores registrados como "0" o no registrados, aparecerán como un espacio en blanco.
- En la columna "Fecha" se encuentra la fecha de la toma de cada uno de los valores de caudal en formato dd/mm/aaaa, cuando se llega al final de las celdas, debe aparecer el texto "Falso".
- Finalmente, en la columna E "serie Qobs" se encuentran organizados los valores de caudal diario sin espacios en blanco ni ceros.

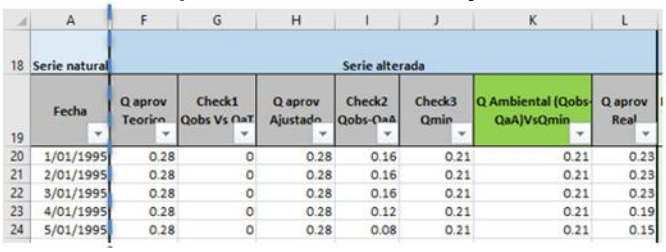
**Cálculo y aplicación del caudal ambiental**
Este módulo tiene como objetivo realizar la extracción de eventos de interés a partir de la serie alterada por la propuesta de aprovechamiento, la cual consta de una única pestaña explicada a continuación:

Pestaña "5. EventosAlterada".
Tiene como objetivo realizar la extracción de eventos de interés desde la serie alterada y los umbrales calculados anteriormente (Qtr15, Qb, Qtq y Q10). Se encuentra estructurada de la misma forma que la Pestaña "3. Eventos Referencia", pero contiene un conjunto de columnas adicionales, las cuales se explica a continuación:

Serie alterada: En estas columnas se realizan una serie de pruebas a partir del valor de la columna "Caudal aprovechable teórico" calculado en el módulo anterior, con el fin de que no se presenten situaciones de caudal ambiental nulo (Figura 7.18).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 7.18. Calculo y verificación del aprovechamiento máximo y caudal ambiental.**



| | A | F | G | H | I | J | K | L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | Serie natural | Serie alterada | | | | | | |
| 19 | Fecha | Q aprov Teorico | Check1 Qobs Vs QaT | Q aprov Ajustado | Check2 Qobs-QaA | Check3 Qmin | Q Ambiental (Qobs-QaA)VsQmin | Q aprov Real |
| 20 | 1/01/1995 | 0.28 | 0 | 0.28 | 0.16 | 0.21 | 0.21 | 0.23 |
| 21 | 2/01/1995 | 0.28 | 0 | 0.28 | 0.16 | 0.21 | 0.21 | 0.23 |
| 22 | 3/01/1995 | 0.28 | 0 | 0.28 | 0.16 | 0.21 | 0.21 | 0.23 |
| 23 | 4/01/1995 | 0.28 | 0 | 0.28 | 0.12 | 0.21 | 0.21 | 0.19 |
| 24 | 5/01/1995 | 0.28 | 0 | 0.28 | 0.08 | 0.21 | 0.21 | 0.15 |

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

**"Check1 Qobs Vs Qat"**: Se prueba si existen días con caudal observado menor al caudal aprovechable teórico y se asigna un valor uno (1) en caso de ser verdadero y cero (0) en caso contrario.

**"Q aprovechable ajustado"**: En caso de que la prueba anterior sea verdadera, el caudal aprovechable ajustado toma un valor de cero (0) si el Qobs < Qmin_rev y en caso contrario toma el valor de la diferencia entre el Qobs y el Qmin_rev.

**"Check2 Qobs-QaA"**: Se realiza la resta entre el Caudal observado y el Caudal aprovechable ajustado.

**"Check3 Qmin_Rev"**: Se llaman los valores de los caudales mínimos revisados para cada mes.

**"Q Ambiental (Qobs-QaA)VsQmin**": Para la obtención de la serie de Caudal Ambiental o la serie alterada, en nuestro caso, se verifican los siguientes aspectos; si el Caudal Observado es menor que el caudal mínimo revisado, el valor de caudal ambiental será el caudal observado, en caso contrario, se verifica que si el caudal obtenido en el "Check2 Qobs-QaA" es menor que el caudal mínimo revisado, el valor de caudal ambiental será el caudal mínimo revisado, en caso contrario el caudal ambiental será el obtenido en el "Check2 Qobs-QaA".

**"Q aprov Real"**: Se calcula como la resta entre el caudal observado y el caudal ambiental. Pueden presentarse días en los cuales no exista caudal aprovechable y el caudal ambiental es igual al caudal observado en dicho día.

**Configuración de la herramienta**

Antes de empezar a utilizar la herramienta, es necesario verificar previamente la configuración de la hoja de cálculo para evitar la generación de errores y hacer más rápidos los cálculos.

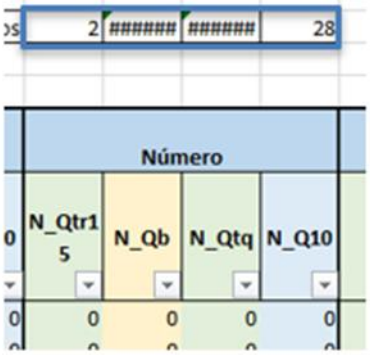
DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Uso de la aplicación Módulo 5: Cálculo y aplicación de caudal ambiental**

Pestaña "5. EventosAlterada
En primer lugar, se debe ejecutar el Proceso 1: Calcular hoja, y posteriormente se debe realizar la revisión de los umbrales de caudales mínimos y máximos de tal manera que correspondan con los calculados en la Pestaña "2.Mínimos" y en la Pestaña "2.Máximos" y verificar las fechas que se encuentran en el primer grupo de columnas "Serie de natural" las cuales deben coincidir con la ventana de tiempo que se encuentra en Pestaña "1.SerieFtoIDEAM" en caso de que se presenten celdas excedentes o faltantes se debe ejecutar el Proceso 2: Ampliar o disminuir rango de celdas formuladas en todas las columnas que hagan parte de la tabla principal y repetir el Proceso 1: Calcular hoja.

PRECAUCIÓN: Si al realizar este proceso, h celdas que aún no se calculan, esto se debe a que las iteraciones generan inconveniente, como se muestra en la Figura 7.19.

**Figura 7.19. Inconvenientes en iteraciones pestaña "5. EventosAlterada".**




Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

Para solucionar esto, se deben seleccionar las primeras celdas de las columnas "N_Qb" y "N_Qtq" (celdas R19 y S19) y ejecutar el Proceso 2: Ampliar o disminuir rango de celdas formuladas. y repetir el Proceso 1: Calcular hoja.

### 7.4.2. Valores de caudales ambientales de acuerdo con cada metodología

Una vez aplicadas todas las metodologías se obtienen los caudales ambientales para la cuenca y las unidades hidrográficas de niel I, los cuales se pueden observar desde la Tabla 7.20 y la Tabla 7.21.

DOCUMENTO NO APTO PARA PUBLICACIÓN

**Tabla 7.20. Caudales ambientales aplicando las metodologías 1 y 2 (Caudal $m^3/s$).**

| Código | Unidad hidrográfica Nivel I | Metodología 1 | Metodología 2 |
|---|---|---|---|
| 2909 | Ciénaga Mallorquín y los arroyos | 0.508 | 0.517 |
| 2909-01 | Plano Costero | 0.022 | 0.021 |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 0.006 | 0.005 |
| 2909-03 | Cisne | 0.023 | 0.022 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 0.133 | 0.131 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 0.118 | 0.119 |
| 2909-06 | Arroyo León | 0.171 | 0.173 |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 0.035 | 0.034 |

Los resultados de la Metodología No. 3, se estimó mediante del modelo hidrológico para la determinación de la oferta hídrica total, y se calculó para la cuenca y las unidades hidrográficas de Nivel I de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León los caudales diarios simulados, que corresponden a una ventana temporal desde (1993 a 2023). Posteriormente, con la ayuda de la herramienta de cálculo HeCCA, cuyo funcionamiento y operación fue descrito anteriormente. En la Tabla 7.21, se presentan los caudales ambientales medios mensuales obtenidos para cada una de la cuenca y las unidades hidrográficas, así mismo, en el Anexo No. 4, se presentan los cálculos del caudal ambiental, mediante la herramienta HeCCA.

**Tabla 7.21. Caudales ambientales medios mensuales aplicando la metodología 3 (Caudal $m^3/s$).**

| Código | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dic | Valor Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2909 | 0.464 | 0.283 | 0.207 | 0.173 | 0.203 | 0.302 | 0.461 | 0.962 | 1.550 | 1.892 | 1.578 | 0.767 | 0.737 |
| 2909-01 | 0.021 | 0.013 | 0.009 | 0.007 | 0.008 | 0.012 | 0.017 | 0.036 | 0.069 | 0.093 | 0.079 | 0.036 | 0.033 |
| 2909-02 | 0.006 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.009 | 0.019 | 0.028 | 0.024 | 0.011 | 0.010 |
| 2909-03 | 0.024 | 0.014 | 0.010 | 0.008 | 0.008 | 0.012 | 0.017 | 0.036 | 0.074 | 0.106 | 0.090 | 0.041 | 0.037 |
| 2909-04 | 0.122 | 0.073 | 0.053 | 0.044 | 0.050 | 0.077 | 0.118 | 0.246 | 0.416 | 0.518 | 0.443 | 0.206 | 0.197 |
| 2909-05 | 0.122 | 0.073 | 0.053 | 0.044 | 0.050 | 0.077 | 0.118 | 0.246 | 0.416 | 0.518 | 0.443 | 0.206 | 0.197 |
| 2909-06 | 0.153 | 0.094 | 0.069 | 0.058 | 0.072 | 0.106 | 0.162 | 0.338 | 0.518 | 0.612 | 0.495 | 0.252 | 0.244 |
| 2909-07 | 0.031 | 0.019 | 0.014 | 0.011 | 0.014 | 0.022 | 0.031 | 0.063 | 0.105 | 0.133 | 0.108 | 0.053 | 0.050 |

De las estimaciones de caudal ambiental se tendrá en cuenta la tercera metodología de las planteadas en el presente documento, teniendo en cuenta que este método arroja resultados de caudales con variación en el tiempo como regímenes de caudales ambientales, para nuestro caso se utilizó caudales ambientales a nivel mensual para estimar la oferta hídrica disponible o aprovechable de acuerdo con la metodología 3.

DOCUMENTO PRELIMINAR - FASE DE PUBLICIDAD

## *7.5. Estimación de la oferta hídrica disponible*

La oferta hídrica disponible, se considera como el máximo volumen de agua que puede ser empleado para el consumo y desarrollo de las actividades productivas de una región, sin involucrar el agua necesaria para el sostenimiento de los ecosistemas naturales. Es calculado como la diferencia entre la oferta hídrica total y el caudal ambiental estimados según su contorno espacial y discretización temporal.

$$Oh = Oh_{Total} - Q_{Amb}$$

Donde,
$Oh$: Oferta hídrica disponible.
$Oh_{Total}$: Oferta hídrica total en la unidad y periodo de análisis.
$QAmb$: Caudal ambiental demandado en la unidad y periodo de análisis.

Para la estimación de la oferta hídrica se calcula para cada condición hidrológica como se muestra en el Estudio Nacional del Agua 2018 IDEAM (2019), para año seco, húmedo y medio. Para el año hidrológico medio se utilizan los caudales medios mensuales multianuales, el año hidrológico húmedo y seco está definido según la clasificación de meses típicos de acuerdo con la NOAA y se seleccionaron los datos de las series de caudales mensuales para las condiciones hidrológicas para las dos condiciones (eventos El Niño y La Niña). En las siguientes tablas, se presenta la oferta para condiciones secas, medias y húmedas respectivamente.

**Tabla 7.22. Oferta disponible para condiciones hidrológicas medias (Caudal en m³/s).**

| Código | OFERTA HIDRICA DISPONIBLE CONDICION MEDIA (m³/s) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
| 2909 | 0.963 | 0.604 | 0.418 | 0.311 | 0.298 | 0.383 | 0.563 | 1.035 | 2.136 | 3.143 | 3.547 | 2.163 | 1.297 |
| 2909-01 | 0.044 | 0.029 | 0.020 | 0.015 | 0.014 | 0.017 | 0.022 | 0.037 | 0.078 | 0.124 | 0.159 | 0.098 | 0.055 |
| 2909-02 | 0.011 | 0.008 | 0.006 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.005 | 0.008 | 0.017 | 0.029 | 0.043 | 0.026 | 0.014 |
| 2909-03 | 0.046 | 0.030 | 0.022 | 0.017 | 0.015 | 0.018 | 0.022 | 0.036 | 0.075 | 0.123 | 0.169 | 0.103 | 0.057 |
| 2909-04 | 0.250 | 0.157 | 0.109 | 0.080 | 0.076 | 0.094 | 0.140 | 0.261 | 0.540 | 0.814 | 0.941 | 0.574 | 0.336 |
| 2909-05 | 0.199 | 0.125 | 0.086 | 0.064 | 0.064 | 0.083 | 0.132 | 0.253 | 0.469 | 0.643 | 0.712 | 0.455 | 0.274 |
| 2909-06 | 0.327 | 0.205 | 0.142 | 0.105 | 0.102 | 0.134 | 0.194 | 0.358 | 0.744 | 1.075 | 1.175 | 0.721 | 0.440 |
| 2909-07 | 0.068 | 0.043 | 0.030 | 0.022 | 0.022 | 0.028 | 0.039 | 0.069 | 0.145 | 0.218 | 0.244 | 0.150 | 0.090 |

DOCUMENTO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.23. Oferta disponible para condiciones hidrológicas secas (Caudal en $m^3/s$).**

| Código | OFERTA HIDRICA DISPONIBLE CONDICION SECA ($m^3/s$) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
| 2909 | 0.358 | 0.248 | 0.165 | 0.135 | 0.200 | 0.224 | 0.356 | 0.030 | 0.131 | 0.369 | 0.785 | 0.717 | 0.310 |
| 2909-01 | 0.012 | 0.009 | 0.006 | 0.006 | 0.010 | 0.012 | 0.020 | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.017 | 0.026 | 0.010 |
| 2909-02 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 0.004 | 0.006 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.001 |
| 2909-03 | 0.009 | 0.007 | 0.005 | 0.006 | 0.012 | 0.014 | 0.022 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.022 | 0.007 |
| 2909-04 | 0.082 | 0.060 | 0.043 | 0.032 | 0.051 | 0.060 | 0.094 | 0.014 | 0.000 | 0.023 | 0.122 | 0.158 | 0.060 |
| 2909-05 | 0.071 | 0.052 | 0.037 | 0.027 | 0.040 | 0.043 | 0.071 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.098 | 0.137 | 0.046 |
| 2909-06 | 0.138 | 0.093 | 0.059 | 0.052 | 0.069 | 0.071 | 0.109 | 0.000 | 0.096 | 0.217 | 0.365 | 0.276 | 0.128 |
| 2909-07 | 0.029 | 0.018 | 0.011 | 0.010 | 0.014 | 0.015 | 0.027 | 0.005 | 0.020 | 0.041 | 0.073 | 0.058 | 0.027 |

**Tabla 7.24. Oferta disponible para condiciones hidrológicas húmedas (Caudal en $m^3/s$).**

| Código | OFERTA HIDRICA DISPONIBLE CONDICION HUMEDA ($m^3/s$) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
| 2909 | 1.541 | 0.875 | 0.595 | 0.459 | 0.408 | 0.546 | 1.413 | 2.652 | 5.368 | 6.791 | 6.801 | 3.493 | 2.579 |
| 2909-01 | 0.074 | 0.043 | 0.030 | 0.024 | 0.020 | 0.024 | 0.052 | 0.094 | 0.221 | 0.302 | 0.323 | 0.163 | 0.114 |
| 2909-02 | 0.020 | 0.012 | 0.009 | 0.007 | 0.006 | 0.007 | 0.012 | 0.022 | 0.056 | 0.081 | 0.093 | 0.045 | 0.031 |
| 2909-03 | 0.080 | 0.046 | 0.033 | 0.026 | 0.023 | 0.026 | 0.053 | 0.095 | 0.230 | 0.322 | 0.359 | 0.177 | 0.122 |
| 2909-04 | 0.405 | 0.228 | 0.154 | 0.119 | 0.105 | 0.132 | 0.364 | 0.687 | 1.440 | 1.804 | 1.882 | 0.942 | 0.689 |
| 2909-05 | 0.323 | 0.182 | 0.123 | 0.096 | 0.091 | 0.119 | 0.344 | 0.663 | 1.215 | 1.439 | 1.434 | 0.750 | 0.565 |
| 2909-06 | 0.515 | 0.294 | 0.200 | 0.153 | 0.136 | 0.196 | 0.492 | 0.919 | 1.794 | 2.265 | 2.156 | 1.144 | 0.855 |
| 2909-07 | 0.107 | 0.062 | 0.043 | 0.033 | 0.026 | 0.037 | 0.089 | 0.162 | 0.346 | 0.462 | 0.450 | 0.235 | 0.171 |

## *7.6. Demanda hídrica superficial*

Conforme a lo estipulado en el Estudio Nacional del Agua 2022, la demanda hídrica "*se entiende como la estimación de la extracción de agua del sistema para ser usado como parte de las actividades productivas, desde el punto de vista económico, y para el uso doméstico. También se entiende a partir de la competencia por el uso que hacen los sectores y, por lo tanto, se asume como la no disponibilidad de agua para otras actividades antrópicas y los ecosistemas en un territorio y por un periodo de tiempo*".

### 7.6.1. Metodología

Los parámetros y lineamientos temáticos para la estimación de la demanda hídrica superficial para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín, Arroyos Grande y León son desarrollados de acuerdo con lo establecidos por el IDEAM en el Estudio Nacional del Agua 2022. Los requerimientos de agua por tipo de usos como los usuarios de la cuenca, en conjunto con diferentes estudios realizados previamente en la jurisdicción de Corporación Autónoma Regional del Atlántico C.R.A, en el marco del proyecto de formulación del POMCA. (Ver Anexo No. 5).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - EN CONSULTA PÚBLICA

La estimación de la demanda hídrica superficial se realiza a partir de los datos estadísticos de diferentes entidades gubernamentales como el ICA, IDEAM, DANE, proyectados para el año 2025, de acuerdo con las tendencias económicas y sociales identificadas por cada una de ellas, junto con los procedimientos y resoluciones actuales para los módulos de consumo doméstico (RAS – 2017), y los estimados por la Corporación. Es de anotar que, dado que existe un gran porcentaje de usuarios que a la fecha no cuentan con permiso de concesión.

#### 7.6.1.1. *Estimación de la demanda hídrica total*

La estimación de la demanda de agua tiene como propósito determinar el comportamiento que los diferentes sectores socioeconómicos establecidos en una determinada zona de estudio. Su importancia recae específicamente en su distribución y proporción de la oferta disponible. La presión ejercida por cada uno de los sectores y su tendencia o proyección futura en la evaluación del crecimiento económico y social, son una base importante para que las autoridades ambientales, tomen las medidas que consideren necesarias para la protección de la oferta hídrica.

La presión ejercida de todos los sectores sobre oferta hídrica guarda una estrecha relación en la evaluación de la vulnerabilidad hídrica, para mantener una buena gestión del agua, y generar alternativas enfocadas en la protección, y preservación en la disponibilidad y oferta futura del recurso.

La demanda hídrica, se planteó de acuerdo con el cálculo de las presiones ejercidas a nivel de las subcuencas establecidas, considerando los sectores socioeconómicos extractivos encontrados durante el censo y aplicando la metodología propuesta por el IDEAM, en el Estudio Nacional del Agua (Ideam, 2022).

Definida como la suma de los volúmenes de agua que los sectores socioeconómicos de forma directa o indirecta realizan del recurso. La suma de la demanda por sector comprende, el consumo de agua básico para la alimentación y desarrollo de las actividades normales de una población; la demanda agrícola como el consumo de agua mínimo requerido para el crecimiento, germinación y cosecha de una determinada plantación, la demanda pecuaria referida al consumo de un animal según su etapa productiva (cría, levante y terminación) y la demanda industrial como la extracción del recurso en la fabricación de productos.

La expresión del cálculo matemático utilizado por los sectores socioeconómicos presentes en cada una de las subcuencas se representa con la siguiente formula.

$$\boldsymbol{DT = DUD + DUP + DUA}$$

Donde:
DT = Demanda Total de agua.
DUD = Demanda de Agua para Uso Doméstico.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

DUP = Demanda de Agua para Uso Pecuario.
DUA = Demanda de agua para el sector agrícola.
DUA = Demanda de agua para el sector Industrial.

### 7.6.2. Módulos de consumo

La estimación de la demanda se realizó teniendo en cuenta los módulos de consumo adoptados por la Corporación en su jurisdicción.

#### 7.6.2.1. *Módulos de consumo uso doméstico*

Los módulos de consumo hídrico en el sector doméstico, se consideró la última resolución del Reglamento Técnico – RAS, para el año 2017 con una dotación máxima neta, en un clima cálido por debajo de los 1000 msnm.

**Tabla 7.25. Dotación máxima neta para poblaciones con clima cálido.**

| Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida | Dotación máxima neta para las poblaciones con clima cálido (l/hab/día) |
|---|---|
| >2000 m.s.n.m | 120 |
| 1000 – 2000 m.s.n.m | 130 |
| <1000 m.s.n.m | 140 |

Fuente: Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2017).

#### 7.6.2.2. *Módulos de consumo agrícola*

Para la estimación del módulo agrícola se realizó la priorización de los cultivos más relevantes del área de estudio con información generada por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico C.R.A.

Para esta fase, se realizó la investigación de los cultivos, verificando las principales producciones por municipio acorde al Anuario Estadístico del Sector Agropecuario del Ministerio de Agricultura y El Censo Nacional Agropecuario realizado por el DANE y la información brindada por las autoridades ambientales, arrojando como resultado los cultivos principales por municipio.

Posteriormente se confronto la información recopilada, se priorizaron los cultivos más representativos e importantes por el número de hectáreas sembradas y su impacto al recurso hídrico. La siguiente tabla presenta los módulos de consumo por tipo de cultivo, en conformidad con lo establecido por la corporación.

#### 7.6.2.3. *Módulos de consumo uso pecuario*

Para este uso se adoptará según especie y los módulos adoptados en el Estudio Nacional del Agua, en el año 2022.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.26. Módulo de consumo uso pecuario – Avícola.**

| Avícola | | | |
|---|---|---|---|
| **Animal** | **Módulo de consumo en fase de cría, levante y terminación** | **Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal** | **Módulo de consumo en fase de sacrificio** |
| | **(L/día-cabeza)** | **(L/cabeza-día)** | **(L/cabeza-día)** |
| Engorde | 0.35 | 20.00 | 26.00 |
| Levante | 0.25 | 20.00 | 26.00 |
| Postura | 0.25 | 20.00 | 26.00 |
| Reproductoras | 0.25 | 20.00 | 26.00 |
| Traspatio | 0.25 | 20.00 | 26.00 |

**Nota**: 17,3 $m^3$/lavado y terminación para lugares de manejo y beneficio ambiental, al no conocer la frecuencia de limpieza de los lugares de alojamiento, ni la relación de animales por dicho modulo, se aplica el módulo de consumo del ENA 2022. Fuente: ENA, 2022.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.27. Módulo de consumo uso pecuario – Porcino.**

| Porcino | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Animal** | **Etapa** | **Módulo de consumo en fase de cría, levante y terminación empleado** | **Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal** | **Módulo de consumo en fase de sacrificio** |
| | | **(L/día-cabeza)** | **(L/día-cabeza)** | **(L/cabeza-día)** |
| Cría | Cerdas madres (hembras cría >240 días) | 18 | 10 | 300 |
| Reemplazo | Cerdas para reposición (hembras reemplazo 120 - 240 días) | 18 | 10 | 300 |
| Engorde | Cerdos en ceba (ceba 121 - 180 días) | 8 | 10 | 300 |
| Traspatio | Cerdos traspatio (cerdos de traspatio 2017) | 8 | 10 | 300 |
| Levante | Cerdos en levante (levante 61 - 120 días) | 5 | 10 | 300 |
| Precebo | Lechones lactantes y precebo (lechones 1-60 días) | 1.8 | 10 | 300 |
| Reproductores | Reproductores (machos reproductores / reemplazo > 180 días) | 16 | 10 | 300 |

Fuente: ENA, 2022.

**Tabla 7.28. Módulo de consumo uso pecuario – Bovinos.**

| Bovinos | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Animal** | **Módulo de consumo en fase de cría, levante y terminación** | **Módulo de consumo en fase de cría, levante y terminación empleado** | **Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal** | **Módulo de consumo en fase de sacrificio** |
| | **(L/día-cabeza) [1]** | **(L/día-cabeza)** | **(L/cabeza-día)** | **(L/cabeza-día)** |
| Machos y hembras de 0-12 meses | 20-30 | 25 | 40 | 500 |
| Machos y hembras de 12-24 meses | 45 | 45 | 40 | 500 |
| Machos y hembras de 24-36 meses | 80-110 | 93 | 40 | 500 |
| Mayor de 36 meses | 80-115 | 98 | 40 | 500 |

Fuente: ENA, 2022.

De igual manera, se complementó al estudio las fases de manejo y beneficio animal, junto con los módulos de sacrificio, presentados por el Estudio Nacional del Agua en los años 2010 y 2014.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

- **Módulos de consumo en fases de lugares de manejo, beneficio y sacrificio animal.**

Para la estimación de la demanda hídrica se aplicaron los módulos de consumo descritos en el Estudio Nacional del Agua (2014), para las diferentes fases de crecimiento por tipo de animal, como los módulos de consumo por sacrificio y lugares de manejo y beneficio, presentados a continuación.

**Tabla 7.29. Módulos de consumo manejo, beneficio y sacrificio animal.**

| Tipo de Animal | Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal | Módulo de consumo en fase de sacrificio |
|---|---|---|
| | (L/cabeza-día) | (L/cabeza-día) |
| Bovinos | 40 | 500 |
| Porcinos | 10 | 300 |
| Avícola | 20 | 26 |

Fuente: IDEAM (2014).

### 7.6.3. Demanda hídrica potencial para uso doméstico

El cálculo de la demanda de agua para uso doméstico se establece a partir de la estimación del consumo que un habitante requiere para satisfacer las necesidades fundamentales. El ejercicio planteado coteja diferentes propuestas frente al umbral mínimo de consumo, dado un nivel de bienestar versus la tendencia real de consumo actual de los hogares acorde con la estratificación, el tamaño medio de los hogares, la caracterización climática y la continuidad del suministro; esta última, en función de la complejidad de los sistemas de abastecimiento.

El volumen calculado de la demanda del sector doméstico se basa en la asignación de la dotación de agua para consumo humano de la Reglamentación Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS (Resolución 0330 de 2017, Articulo 43).

El cálculo del uso del agua en el sector doméstico se aborda desde la definición de dos conceptos:

1. El consumo propio o vital de la población (preparación de alimentos, higiene, lavado de ropa y usos en sistemas sanitarios), y el uso en actividades de mantenimiento y aseo en las viviendas, expresado a nivel per cápita en litros/habitante-día.
2. El agua extraída no consumida, que se explica mediante el cálculo de las pérdidas en la cadena de conducción y suministro en red. Este último, conforme a los estándares establecidos en el Reglamento Sanitario del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2017: 5% por aducción, 5% en plantas de tratamiento, 5% en conducción y pérdidas técnicas conforme al nivel de complejidad del sistema.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE FACTIBILIDAD

La demanda hídrica potencial para el sector doméstico se basa en la asignación en la dotación neta y bruta para consumo humano, tomando en consideración la Reglamentación Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017.

El cálculo de la demanda de agua para consumo humano se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$DUD = Demanda\ per\ cápita\ cabecera\ municipal\ x\ número\ de\ habitantes\ en\ la\ cabecera\ municipal + Demanda\ per\ cápita\ rural\ x\ número\ de\ habitantes\ rurales.$$

Con la altura promedio de municipio en el área de influencia, se obtuvo el consumo por habitante mostrado a continuación.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.30. Dotación doméstica proyectada.**

| Código Departamento | Nombre Municipio | Área en km² | Departamento | Área Real | % Cobertura | Altitud (m.s.n.m) | POBLACIÓN 2025 | | Dotación | | | Centro poblado en el área de influencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Urbana | Rural | CLIMA | DOTACIÓN NETA L/hab/día | DOTACIÓN BRUTA L/hab/día | |
| 433 | BARRANQUILLA | 154.2021 | ATLANTICO | 3313.5 | 4.65% | 18 | 0* | 622 | CÁLIDO | 140 | 186.67 | SI |
| 433 | GALAPA | 97.5131 | ATLANTICO | 3313.5 | 2.94% | 83 | 0 | 63697 | CÁLIDO | 140 | 186.67 | SI |
| 433 | PUERTO COLOMBIA | 70.5671 | ATLANTICO | 3313.5 | 2.13% | 10 | 0 | 48620 | CÁLIDO | 140 | 186.67 | SI |
| 433 | SOLEDAD | 59.3584 | ATLANTICO | 3313.5 | 1.79% | 5 | 0 | 680956 | CÁLIDO | 140 | 186.67 | SI |
| 433 | TUBARÁ | 182.9896 | ATLANTICO | 3313.5 | 5.52% | 203 | 0 | 9787 | CÁLIDO | 140 | 186.67 | SI |
| 433 | BARANOA | 121.3471 | ATLANTICO | 3313.5 | 3.66% | 118 | 0 | 58132 | CÁLIDO | 140 | 186.67 | SI |

**Nota**: Para las zonas urbanas no se tiene en cuenta consumos asociados a las cuencas del estudio, puesto que los centros poblados captan o del río Magdalena o de pozos subterráneos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE FORMULACIÓN

Del análisis de habitantes se identificaron aquellos centros poblacionales que se encuentran por fuera del área de cada una de las subcuencas, para posteriormente calcular según sea el caso el porcentaje de ocupación del municipio dentro de la subcuenca sin tener en cuenta el centro poblacional.

#### 7.6.3.1. *Estimación de las pérdidas técnicas*

Las pérdidas técnicas corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de la(s) planta(s) potabilizadora(s) y el volumen entregado a la población medido en las acometidas domiciliarias del municipio (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). La tabla a continuación describe las perdidas máximas admisibles por nivel de complejidad, considerando la Resolución 2320 de 2009 ajustada al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017.

De acuerdo con lo estipulado por el RAS, el nivel de complejidad del sistema se encuentra en rangos medio y bajo, con un número de habitantes en la población urbana inferior a 12.500 en la cabecera municipal de los municipios el porcentaje de ocupación de la cuenca en el municipio.

**Tabla 7.31. Perdidas máximas admisibles de pérdidas técnicas según el RAS.**

| Nivel de complejidad del sistema | Perdidas máximas permisibles |
|---|---|
| Bajo | 25% |
| Medio | 25% |
| Medio Alto | 25% |
| Alto | 20% |

Fuente: Res 2320 de 2009 adaptado según Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2017).

#### 7.6.3.2. *Estimación de la dotación bruta*

Corresponde a la dotación neta de agua, incluyendo las pérdidas técnicas. Esta fue calculada a partir de la ecuación sugerida por el RAS. "La dotación bruta, es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto".

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

$d_{neta}$ = Demanda neta de agua, corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

$\%p$ = Perdidas técnicas máximas admisibles. El porcentaje de perdidas técnica máximas admisibles en la ecuación anterior no deberá superar el 25%. Este valor fue modificado por la resolución 2320 de 2009, pasando del 30% a 25%.

#### 7.6.3.3. *Estimación de la demanda potencial de agua del sector doméstico*

Corresponde al caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta el nivel de complejidad y las condiciones climáticas determinadas a partir de la altura de cada uno de los municipios y su porcentaje de ocupación en las subcuencas.

$$qmedio = P * \frac{A_{munc}}{A_{micr}} * d_{bruta}$$

Donde
$qmedio$ = Caudal medio diario en L/día.
$P$ = Población proyectada a 2025 en escala de la subcuenca, discriminado por área urbana y rural.
$A_{munc}$ = Área del municipio en la subcuenca.
$A_{micr}$ = Área de la subcuenca.
$d_{bruta}$ = Dotación bruta en L/hab-día.

A continuación, se presenta el número de habitantes identificados en la zona de estudio para el año 2025.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.32. Población por subcuenca.**

| Cód. Subcuenca | Subcuenca | Nombre Municipio | Área Municipio km2 | Área Real km2 | % Intersección | Área Urbana Total en km2 | Área Urbana km2 | % Intersección urbano | Centro Poblado | POBLACIÓN 2025 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | Urbana | Rural |
| 2909-06 | Arroyo León | BARRANQUILLA | 154.202 | 62.7342 | 40.7% | 105.986 | 53.25 | 50.2% | SI | 0 | 254 |
| 2909-06 | Arroyo León | GALAPA | 97.513 | 34.2622 | 35.1% | 10.434 | 9.52 | 91.3% | SI | 0 | 22381 |
| 2909-06 | Arroyo León | PUERTO COLOMBIA | 70.567 | 0.9339 | 1.3% | 17.147 | 7.31 | 42.6% | SI | 0 | 644 |
| 2909-06 | Arroyo León | SOLEDAD | 59.358 | 1.5915 | 2.7% | 37.346 | 4.07 | 10.9% | SI | 0 | 18258 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | BARRANQUILLA | 154.202 | 3.5744 | 2.3% | 105.986 | 3.43 | 3.2% | SI | 0 | 15 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | BARANOA | 121.347 | 0.0552 | 0.0% | 6.782 | 0.00 | 0.0% | SI | 0 | 27 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | GALAPA | 97.513 | 23.8672 | 24.5% | 10.434 | 0.12 | 1.2% | SI | 0 | 15591 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | PUERTO COLOMBIA | 70.567 | 5.6260 | 8.0% | 17.147 | 0.06 | 0.4% | SI | 0 | 3877 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | TUBARÁ | 182.990 | 42.2406 | 23.1% | 4.235 | 1.41 | 33.3% | SI | 0 | 2260 |
| 2909-03 | Cisne | PUERTO COLOMBIA | 70.567 | 16.7763 | 23.8% | 17.147 | 12.14 | 70.8% | SI | 0 | 11559 |
| 2909-03 | Cisne | TUBARÁ | 182.990 | 0.0001 | 0.0% | 4.235 | 0.00 | 0.0% | SI | 0 | 1 |
| 2909-02 | Perdida Cantera | PUERTO COLOMBIA | 70.567 | 4.1238 | 5.8% | 17.147 | 4.74 | 27.6% | SI | 0 | 2842 |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | BARRANQUILLA | 154.202 | 14.0187 | 9.1% | 105.986 | 15.82 | 14.9% | SI | 0 | 57 |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | PUERTO COLOMBIA | 70.567 | 6.9393 | 9.8% | 17.147 | 7.34 | 42.8% | SI | 0 | 4782 |
| 2909-01 | Plano Costero | BARRANQUILLA | 154.202 | 0.0253 | 0.0% | 105.986 | 0.77 | 0.7% | SI | 0 | 1 |
| 2909-01 | Plano Costero | PUERTO COLOMBIA | 70.567 | 14.9150 | 21.1% | 17.147 | 12.89 | 75.2% | SI | 0 | 10277 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | BARRANQUILLA | 154.202 | 6.6332 | 4.3% | 105.986 | 3.43 | 3.2% | SI | 0 | 27 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | BARANOA | 121.347 | 16.0573 | 13.2% | 6.782 | 0.33 | 4.9% | SI | 0 | 7693 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | GALAPA | 97.513 | 33.5386 | 34.4% | 10.434 | 4.85 | 46.4% | SI | 0 | 21908 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | PUERTO COLOMBIA | 70.567 | 6.7573 | 9.6% | 17.147 | 0.00 | 0.0% | SI | 0 | 4656 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | TUBARÁ | 182.990 | 0.1984 | 0.1% | 4.235 | 0.00 | 0.0% | SI | 0 | 11 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE FORMULACIÓN

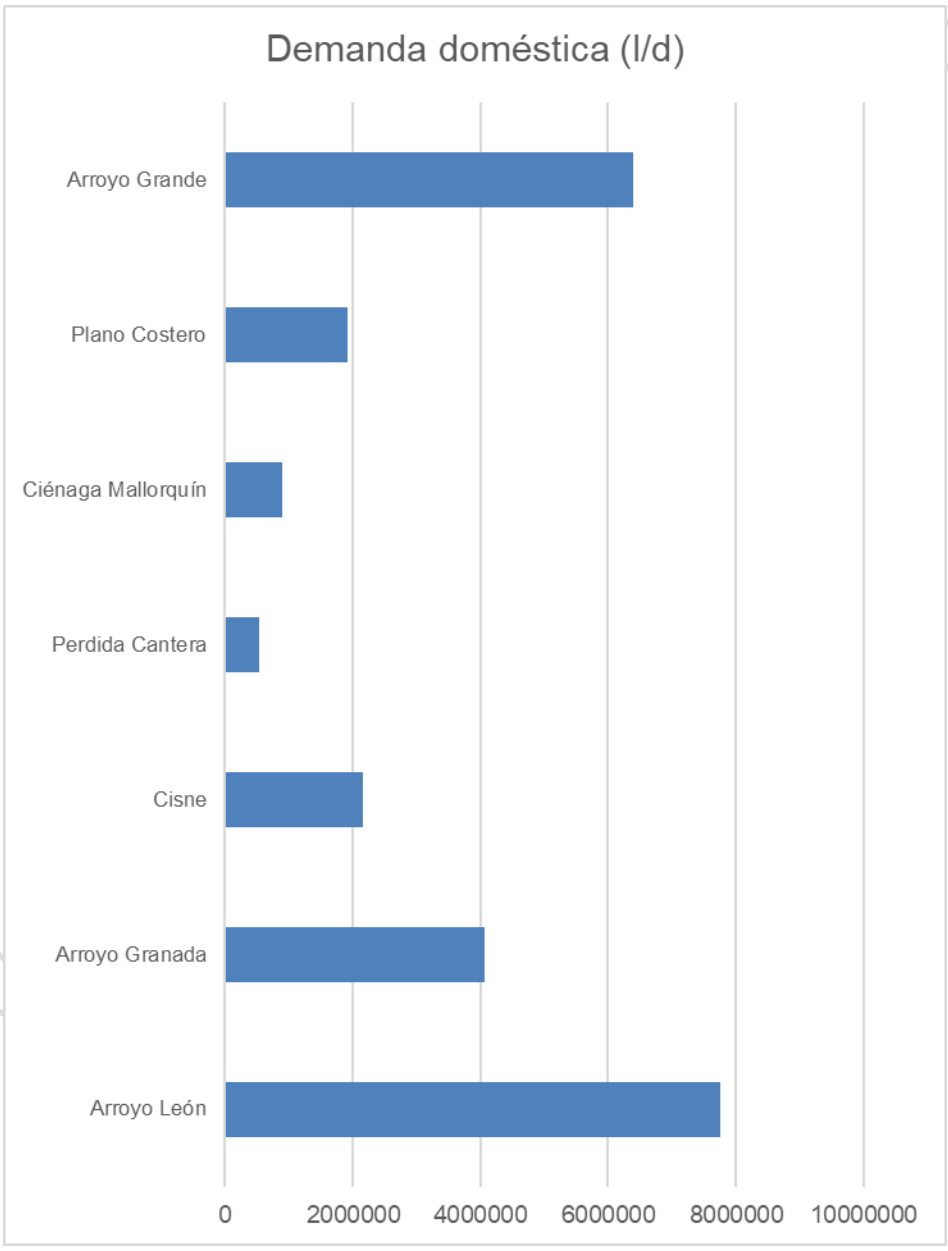
**Tabla 7.33. Demanda doméstica.**

| Concatenar | AH | ZH | SZH | Subzona Hidrográfica | Cód. Subcuenca | Subcuenca | Demanda Doméstica (l/d) | Demanda Doméstica (m3/año) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arroyo León – BARRANQUILLA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-06 | Arroyo León | 47413.33 | 17305.87 |
| Arroyo León – GALAPA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-06 | Arroyo León | 4177786.67 | 1524892.13 |
| Arroyo León - PUERTO COLOMBIA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-06 | Arroyo León | 120213.33 | 43877.87 |
| Arroyo León – SOLEDAD | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-06 | Arroyo León | 3408160.00 | 1243978.40 |
| Arroyo Granada - BARRANQUILLA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-04 | Arroyo Granada | 2800.00 | 1022.00 |
| Arroyo Granada – BARANOA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-04 | Arroyo Granada | 5040.00 | 1839.60 |
| Arroyo Granada – GALAPA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-04 | Arroyo Granada | 2910320.00 | 1062266.80 |
| Arroyo Granada - PUERTO COLOMBIA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-04 | Arroyo Granada | 723706.67 | 264152.93 |
| Arroyo Granada – TUBARÁ | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-04 | Arroyo Granada | 421866.67 | 153981.33 |
| Cisne - PUERTO COLOMBIA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-03 | Cisne | 2157680.00 | 787553.20 |
| Cisne – TUBARÁ | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-03 | Cisne | 186.67 | 68.13 |
| Perdida Cantera - PUERTO COLOMBIA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-02 | Perdida Cantera | 530506.67 | 193634.93 |
| Ciénaga Mallorquín - BARRANQUILLA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 10640.00 | 3883.60 |
| Ciénaga Mallorquín - PUERTO COLOMBIA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 892640.00 | 325813.60 |
| Plano Costero - BARRANQUILLA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-01 | Plano Costero | 186.67 | 68.13 |
| Plano Costero - PUERTO COLOMBIA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-01 | Plano Costero | 1918373.33 | 700206.27 |
| Arroyo Grande - BARRANQUILLA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-05 | Arroyo Grande | 5040.00 | 1839.60 |
| Arroyo Grande – BARANOA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-05 | Arroyo Grande | 1436026.67 | 524149.73 |
| Arroyo Grande – GALAPA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-05 | Arroyo Grande | 4089493.33 | 1492665.07 |
| Arroyo Grande - PUERTO COLOMBIA | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-05 | Arroyo Grande | 869120.00 | 317228.80 |
| Arroyo Grande – TUBARÁ | 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-05 | Arroyo Grande | 2053.33 | 749.47 |
| | | | | | | | **23,729,253.33** | **8,661,177.47** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO PARA USO PÚBLICO

En general, la mayoría de las cuencas presentan consumos pequeños, la baja densidad poblacional y la extensión de los municipios describen un número pequeño de habitantes en la zona, en algunas subcuencas los resultados de presión hídrica tienden a aumentar de manera importante debido a la existencia de algunos centros urbanos, como Barranquilla capta fuera de las cuencas objeto de estudio no se considera su consumo.

**Figura 7.20. Demanda doméstica.**



### 7.6.4. Demanda hídrica potencial para uso agrícola

La estimación de la demanda agrícola analiza la cantidad mínima de agua requerida para suplir la escasez de humedad en el suelo durante la germinación y crecimiento de un determinado cultivo, su valor está condicionado por el tipo de plantación y su zona climatológica.

El cálculo de la demanda agrícola potencial inicia con la revisión de los datos de las hectáreas y tipo de cultivos de cada uno de los municipios a partir del Censo Nacional Agropecuario realizado en el año 2025 por el DANE, para aproximar el número de hectáreas reales cultivadas en el año 2025, se utilizaron los valores de crecimiento promedio por tipo de cultivo obtenidos del Anuario Estadístico del Sector Agropecuario.

La demanda hídrica por cada tipo de cultivo se asoció a la superficie de las subcuencas, este cálculo se desarrolla mediante la aplicación del mapa de usos del suelo para las tres zonas de estudio, a través del cual se determinan las hectáreas de cultivos, mostrando así, la relación de las áreas de cultivo del municipio con las áreas de cultivo presentes en las subcuencas.

El cálculo de la demanda en el sector agrícola se acota a partir de dos componentes:

a) la estimación del agua extraída con fines agrícolas, mediante la agregación del uso consuntivo y el agua extraída no consumida.
b) el valor agregado por consumo de agua en las actividades de postcosecha.

Las siguientes son las unidades de observación para la estimación de la demanda por uso agrícola:

- Áreas agrícolas heterogéneas.
- Pastos.
- Cultivos transitorios.
- Cultivos permanentes.

La demanda hídrica por cada tipo de cultivo se asoció a la superficie de las subcuencas, este cálculo se desarrolla mediante la aplicación del mapa de usos del suelo de la jurisdicción de la corporación a través del cual se determinan las hectáreas de cultivos y pastos, mostrando, la relación de las áreas de cultivo del municipio con las áreas de cultivo presentes en las cuencas.

El cálculo de la demanda de agua para consumo agrícola se realiza con la aplicación de la siguiente expresión:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

$$D_{UA} = \left(\frac{(ETP * Kc - P * Ke)}{Kr}\right) * ha$$

$D_{UA}$ = Demanda agrícola potencial.
$ETP$ = Evapotranspiración potencial en mm/año.
$Kc$ = Coeficiente del cultivo (adimensional).
$P$ = Precipitación en mm/año.
Ke = Coeficiente de escorrentía.
$Kr$ = Coeficiente de eficiencia de riego.
$ha$ = Área sembrada en ha.

El producto entre Kc y ETP permite obtener la evapotranspiración del cultivo (ETc), la cual corresponde al uso consuntivo de agua demandado por el cultivo. De igual manera a través del producto entre Ke y P se estima la Precipitación Efectiva (Pe), definida como la fracción de la precipitación que realmente se pone a disposición de la planta.

Cuando el uso consuntivo (ETc) es menor que la precipitación efectiva (Pe), se asume que no existe necesidad de riego complementario; si por el contrario ETc es mayor que Pe, es necesario suplir el déficit de agua con sistemas de riego (IDEAM, 2022).

#### 7.6.4.1. *Información de los tipos de cultivos*

Las áreas de cultivos se tomaron con base en los mapas de usos del suelo en formato shape, del cual se determina el porcentaje de ocupación de los cultivos y las tierras disponibles para cultivos y pastoreo. Con la información de los tipos de cultivos y la topografía del área de estudio se calcula la pendiente media, de la cual se determinaron los coeficientes de escorrentía asociados a cada subcuenca aplicando la tabla mostrada:

**Tabla 7.34. Coeficientes de escorrentía.**

| Cobertura Vegetal | Tipo de Suelo | Pendiente del Terreno | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pronunciada >50% | Alta 50-20% | Media 20-8% | Suave 8-1% | Despreciable <1% |
| Sin vegetación | Impermeable | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,65 | 0,60 |
| | Semipermeable | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| | Permeable | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
| Cultivos | Impermeable | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| | Semipermeable | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| | Permeable | 0,40 | 0,35 | 0,30 | 0,25 | 0,20 |
| Pastos y vegetación ligera | Impermeable | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,45 |
| | Semipermeable | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| | Permeable | 0,35 | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,15 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

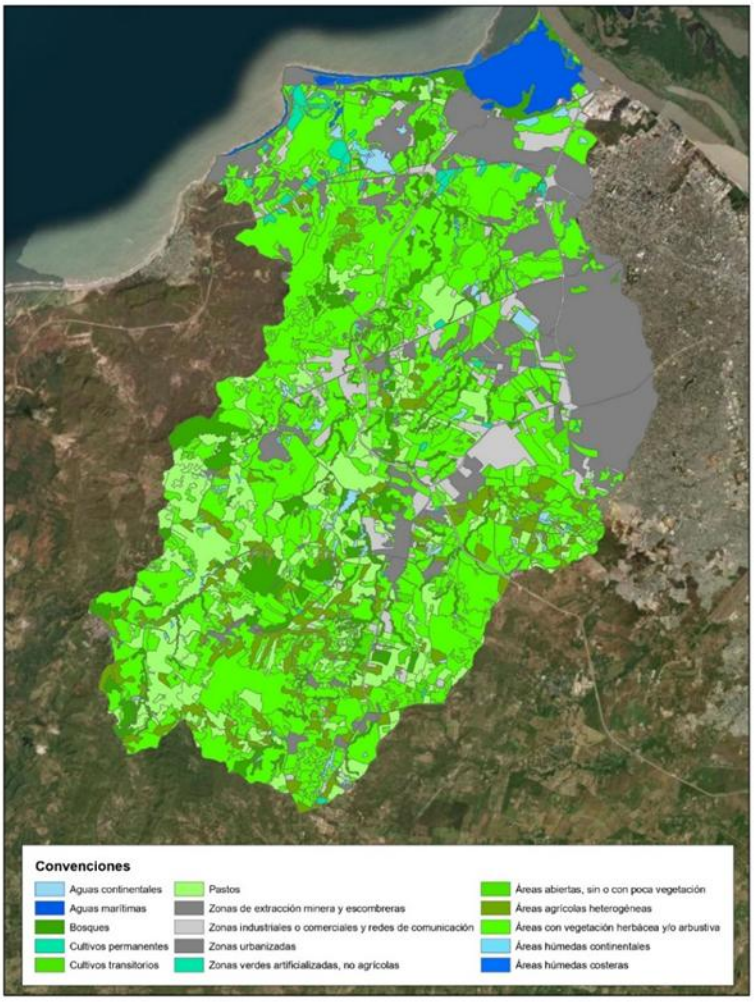
| Cobertura Vegetal | Tipo de Suelo | Pendiente del Terreno | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pronunciada >50% | Alta 50-20% | Media 20-8% | Suave 8-1% | Despreciable <1% |
| Hierva y grama | Impermeable | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| | Semipermeable | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
| | Permeable | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
| Bosques y vegetación densa | Impermeable | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| | Semipermeable | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| | Permeable | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,05 |

Fuente: Ramírez, Maritza. Hidrología Aplicada. Universidad de los Andes (2003).

Con relación a los coeficientes de cultivo, estos se aplicaron conforme a los coeficientes descritos en Estudio de Riego y drenaje, Evapotranspiración de Cultivo de la FAO, la Resolución 865 de 2004 y el Estudio Nacional del Agua ENA 2010, 2014 y 2022. A continuación, se describen las hectáreas para las coberturas vegetales de cultivos de interés comercial identificadas a partir de las coberturas vegetales.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 7.21. Cobertura en las subcuencas de estudio.**




DOCUMENTO DE CIUDADANÍA

**Tabla 7.35. Cultivos por cobertura.**

| | | Cobertura por ha | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cód. Subcuenca** | **Nombre Subcuenca** | **Áreas agrícolas heterogéneas** | **Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación** | **Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva** | **Zonas verdes artificializadas, no agrícolas** | **Pastos** | **Áreas húmedas continentales** | **Zonas de extracción minera y escombreras** | **Aguas continentales** | **Bosques** | **Zonas urbanizadas** | **Cultivos transitorios** | **Áreas abiertas, sin o con poca vegetación** |
| 2909-06 | Arroyo León | 428.9 | 901.6 | 4213.9 | 77.5 | 700.6 | 0.0 | 91.8 | 158.8 | 285.3 | 2845.6 | 0.0 | 158.4 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 508.3 | 227.5 | 3482.4 | 0.7 | 2019.6 | 0.0 | 127.8 | 129.9 | 921.2 | 69.1 | 0.0 | 43.3 |
| 2909-03 | Cisne | 69.7 | 88.2 | 1031.7 | 69.9 | 36.4 | 27.1 | 124.1 | 58.6 | 56.4 | 91.8 | 0.0 | 11.5 |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 0.0 | 20.6 | 168.5 | 38.4 | 0.3 | 0.0 | 3.9 | 0.0 | 0.0 | 171.8 | 0.0 | 17.1 |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 0.0 | 206.6 | 310.6 | 25.4 | 15.6 | 15.0 | 5.7 | 21.0 | 177.6 | 582.9 | 0.0 | 9.1 |
| 2909-01 | Plano Costero | 0.0 | 109.9 | 767.6 | 80.3 | 31.3 | 0.0 | 28.6 | 41.3 | 137.2 | 188.9 | 0.0 | 20.8 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 609.0 | 337.1 | 3341.6 | 9.4 | 926.4 | 9.4 | 105.1 | 46.2 | 555.8 | 251.5 | 0.0 | 79.8 |

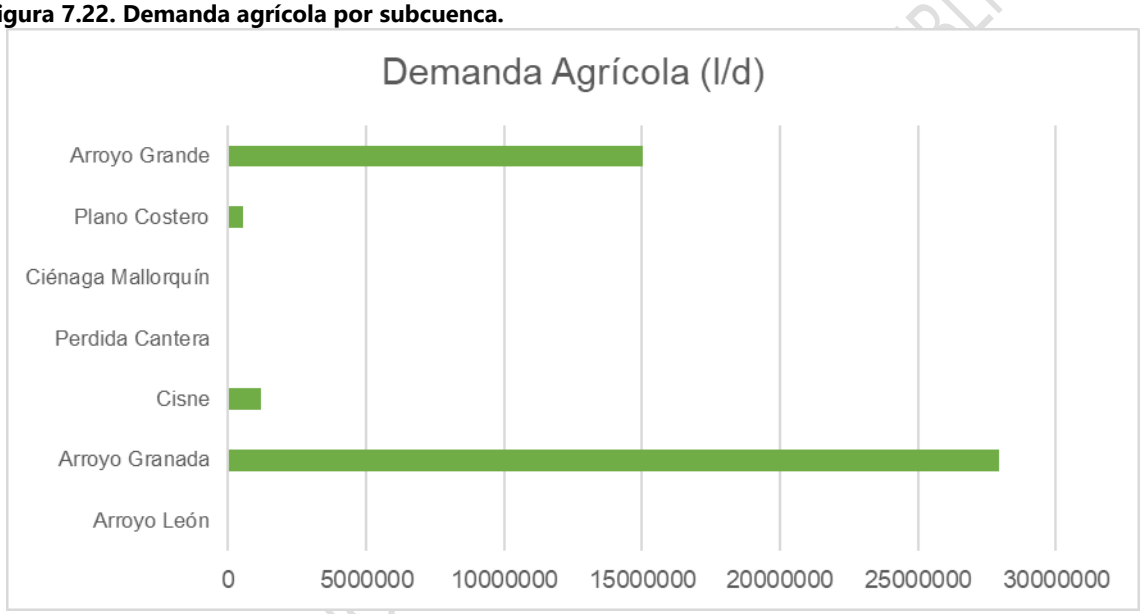
De lo anterior, se observa la predominancia de áreas de pastos limpios, presenta el mayor número de territorios agrícolas, comparado el resto de los cultivos, Así mismo se observa un alto porcentaje de hectáreas de cultivos de arroz. A continuación, se presenta, la distribución de la demanda agrícola a nivel de subcuencas.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Tabla 7.36. Demanda agrícola por subcuenca.**

| AH | ZH | SZH | Subcuenca | Cód. Subcuenca | Nombre Subcuenca | Demanda Agrícola (m3/año) | Demanda Agrícola (L/día) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 21 | 2108 | Ciénaga Mallorquín | 2909-06 | Arroyo León | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 21 | 2108 | Ciénaga Mallorquín | 2909-04 | Arroyo Granada | 27,933,740.37 | 76,530,795.53 |
| 2 | 21 | 2108 | Ciénaga Mallorquín | 2909-03 | Cisne | 1,203,921.83 | 3,298,415.98 |
| 2 | 21 | 2108 | Ciénaga Mallorquín | 2909-02 | Perdida Cantera | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 21 | 2108 | Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 21 | 2108 | Ciénaga Mallorquín | 2909-01 | Plano Costero | 520,018.50 | 1,424,708.22 |
| 2 | 21 | 2108 | Ciénaga Mallorquín | 2909-05 | Arroyo Grande | 15,035,678.17 | 41,193,638.81 |
| | | | | | **Total** | **44,693,358.87** | **122,447,558.54** |

**Figura 7.22. Demanda agrícola por subcuenca.**




### 7.6.5. Demanda hídrica potencial para uso pecuario

La demanda pecuaria potencial es el resultado del agua utilizada para la alimentación en la producción de animales de interés comercial, el consumo de agua por animales incluye dependiendo de su fase productiva los módulos de consumo en las fases de cría, levante, engorde y sacrifico, además del consumo en los lugares de alojamiento y beneficio animal para la población de bovinos, caprinos, ovinos, porcinos, equinos y aves.

La estimación de la demanda hídrica pecuaria se define en términos del consumo de agua del hato (l/cabeza-día) y se realiza mediante la adopción de módulos de consumo aplicados diferencialmente en la cadena de producción.

El análisis se inició a partir del número de animales en los sistemas de producción descritos por el Censo Pecuario Nacional del ICA en 2025, donde se incluye el inventario de la

DOCUMENTO NO PUBLICIDAD

población animal (bovina, porcina, equina, ovina y aviar) a nivel municipal. De la misma forma que se calcula la estimación de la demanda agrícola, se hizo el análisis del número de especies a nivel municipal, obteniéndose la densidad de cada animal por la superficie total del municipio. Con esta relación se determinó el número de especies dentro de las subcuencas.

La estimación de la demanda hídrica pecuaria se realizó de acuerdo con la metodología empleada en el Estudio Nacional del Agua del año 2010, 2014 y 2022. El cálculo de la demanda pecuaria potencial para cada uno de los subsectores se realizó mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$Dp = Cv + Cs + Cua$$

Dónde:

$Dp$ = Demanda pecuaria potencial en $m^3$/año.
$Cv$ = Consumo vital en la fase de cría, levante y terminación en $m^3$/año.
$Cs$ = Consumo en sacrificio en $m^3$/año.
$Cua$ = Consumo en lugares de alojamiento animal en $m^3$/año.

El consumo pecuario para cada una de las fases de cría, levante, terminación, como el consumo por sacrificio y lugares de alojamiento se calculan de forma individual usando la siguiente fórmula:

$$DUP = \sum_{i=1}^{n} Vpai * Fca$$

$DUP$ = Demanda de agua para uso pecuario.
$Vpai$ = Volumen de producción según tipo de animal.
$Fca$ = Factor de consumo según producción animal.

La demanda hídrica del sector pecuario por subzonas hidrográficas tiene definido los sectores con mayor número de poblaciones tal como se muestra a continuación:

- Bovinos.
- Avícola.
- Porcinos.
- Ovinos.
- Equinos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 7.6.5.1. *Subsector bovino*

La estimación de la población bovina inicia utilizando el número de animales por subsector, aplicando las tasas de crecimiento del período (2025), se calcula la población bovina. La tabla a continuación presenta la densidad de la población bovina del municipio.

**Tabla 7.37. Densidad bovina.**

| Densidad Bovina (# de Cabezas/km$^2$) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **DEPARTAMENTO** | **MUNICIPIO** | **Área en km2** | **TERNEROS < 1 AÑO** | **HEMBRAS Y MACHOS 1 - 2 AÑOS** | **MACHOS Y HEMBRAS 2 - 3 AÑOS** | **MACHOS Y HEMBRAS > 3 AÑOS** | **TOTAL, BOVINOS** |
| ATLANTICO | BARANOA | 121.35 | 25.76 | 25.69 | 16.44 | 38.28 | 106.17 |
| ATLANTICO | BARRANQUILLA | 154.20 | 1.62 | 1.65 | 1.35 | 2.49 | 7.11 |
| ATLANTICO | GALAPA | 97.51 | 9.52 | 10.47 | 7.96 | 10.75 | 38.69 |
| ATLANTICO | PUERTO COLOMBIA | 70.57 | 0.31 | 0.31 | 0.47 | 0.35 | 1.45 |
| ATLANTICO | SOLEDAD | 59.36 | 7.26 | 8.91 | 6.94 | 9.62 | 32.73 |
| ATLANTICO | TUBARÁ | 182.99 | 5.25 | 8.55 | 4.52 | 10.31 | 28.62 |

### 7.6.5.2. *Determinación de la demanda hídrica bovinos*

Para la estimación de la demanda hídrica se aplicaron los módulos de consumo descritos en el Estudio Nacional del Agua (2022), para las diferentes fases de crecimiento por tipo de animal, como los módulos de consumo por sacrificio y lugares de manejo y beneficio.

**Tabla 7.38. Bovinos por municipio.**

| MUNICIPIO | 2909-01 | 2909-02 | 2909-03 | 2909-04 | 2909-05 | 2909-06 | 2909-07 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BARANOA | 0 | 0 | 0 | 21 | 1680 | 0 | 0 |
| BARRANQUILLA (Distrito Especial, Industrial y Portuario) | 3 | 0 | 0 | 63 | 164 | 725 | 30 |
| GALAPA | 0 | 0 | 0 | 1143 | 1167 | 1209 | 0 |
| PUERTO COLOMBIA | 29 | 0 | 25 | 11 | 19 | 3 | 0 |
| TUBARÁ | 0 | 0 | 0 | 1549 | 0 | 0 | 0 |
| **Total** | 32 | 0 | 25 | 2787 | 3030 | 1937 | 30 |

### 7.6.5.3. *Subsector porcino*

La población porcina, se calculó utilizando la información del Censo Nacional Agropecuario del ICA 2025, con base en el área del departamento del Atlántico, se estimaron las densidades de la población porcina, como se observa en la siguiente tabla.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Tabla 7.39. Densidad porcina.**

| Densidad Porcina (# de Cabezas/km$^2$) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **DEPARTAMENTO** | **MUNICIPIO** | **Área en km2** | **TOTAL, CERDOS TRASPATIO** | **TOTAL, PORCINOS COMERCIAL FAMILIAR** | **TOTAL, PORCINOS COMERCIAL INDUSTRIAL** | **TOTAL, PORCINOS TECNIFICADA** | **TOTAL, CERDOS** |
| ATLANTICO | PUERTO COLOMBIA | 70.57 | 0.45 | 3.20 | 12.10 | 0.00 | 15.76 |
| ATLANTICO | GALAPA | 97.51 | 6.95 | 28.94 | 18.85 | 0.00 | 54.74 |
| ATLANTICO | SOLEDAD | 59.36 | 21.80 | 39.67 | 35.33 | 0.00 | 96.80 |
| ATLANTICO | TUBARÁ | 182.99 | 7.96 | 13.49 | 11.33 | 0.02 | 32.80 |
| ATLANTICO | BARANOA | 121.35 | 17.74 | 37.65 | 64.78 | 5.32 | 125.49 |
| ATLANTICO | BARRANQUILLA | 154.20 | 5.89 | 14.71 | 74.47 | 392.60 | 487.68 |

### 7.6.5.4. *Determinación de la demanda hídrica porcinos*

Para la estimación de la demanda hídrica para porcinos se emplearon los módulos de consumo de agua reportados en el Estudio Nacional del Agua (2022), incluyendo las dotaciones de agua en infraestructura de beneficio y sacrificio.

**Tabla 7.40. Porcinos por municipio.**

| MUNICIPIO | 2909-01 | 2909-02 | 2909-03 | 2909-04 | 2909-05 | 2909-06 | 2909-07 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BARANOA | 0 | 0 | 0 | 11 | 877 | 0 | 0 |
| BARRANQUILLA (Distrito Especial, Industrial y Portuario) | 8 | 0 | 0 | 181 | 474 | 2099 | 86 |
| GALAPA | 0 | 0 | 0 | 1060 | 1083 | 1122 | 0 |
| PUERTO COLOMBIA | 73 | 3 | 62 | 27 | 48 | 7 | 2 |
| TUBARÁ | 0 | 0 | 0 | 1161 | 0 | 0 | 0 |
| **Total** | 81 | 3 | 62 | 2440 | 2482 | 3228 | 88 |

### 7.6.5.5. *Subsector avícola*

Con base en el área del departamento del Atlántico, se estimaron las densidades de la población avícola. En la siguiente tabla se muestra dicha información.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.41. Densidad avícola.**

| Densidad Avícola (# de Cabezas/km$^2$) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **DEPARTAMENTO** | **MUNICIPIO** | **Área en km2** | **TOTAL, AVES - CAPACIDAD OCUPADA - ENGORDE** | **TOTAL, AVES - CAPACIDAD OCUPADA - LEVANTE** | **TOTAL, AVES - CAPACIDAD OCUPADA - POSTURA** | **TOTAL, AVES - CAPACIDAD OCUPADA - MATERIAL GENÉTICO O REPRODUCTORAS** | **TOTAL, AVES TRASPATIO** |
| ATLANTICO | BARANOA | 121.35 | 7230.21 | 186.24 | 4890.26 | 0.00 | 435.94 |
| ATLANTICO | BARRANQUILLA | 154.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 55.77 |
| ATLANTICO | GALAPA | 97.51 | 10341.52 | 430.71 | 0.00 | 0.00 | 94.35 |
| ATLANTICO | PUERTO COLOMBIA | 70.57 | 1753.03 | 0.00 | 254.68 | 690.90 | 25.37 |
| ATLANTICO | SOLEDAD | 59.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 107.82 |
| ATLANTICO | TUBARÁ | 182.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 69.40 |

### 7.6.5.6. *Determinación de la demanda hídrica avícola*

Para la estimación de la demanda hídrica avícola se utilizaron los módulos de consumo de agua reportados en el Estudio Nacional del Agua (2022) para aves.

La demanda hídrica del subsector avícola, a continuación, se muestra la tabla de la demanda hídrica avícola.

**Tabla 7.42. Avícola por municipio.**

| MUNICIPIO | 2909-01 | 2909-02 | 2909-03 | 2909-04 | 2909-05 | 2909-06 | 2909-07 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BARANOA | 0 | 0 | 0 | 88 | 6898 | 0 | 0 |
| BARRANQUILLA (Distrito Especial, Industrial y Portuario) | 22 | 0 | 0 | 491 | 1284 | 5682 | 233 |
| GALAPA | 0 | 0 | 0 | 2788 | 2846 | 2948 | 0 |
| PUERTO COLOMBIA | 505 | 19 | 433 | 188 | 333 | 51 | 11 |
| TUBARÁ | 0 | 0 | 0 | 3756 | 0 | 0 | 0 |
| **Total** | 527 | 19 | 433 | 7311 | 11361 | 8681 | 244 |

### 7.6.5.7. *Subsector equino, caprino y ovino*

Con base en el área del departamento del Atlántico, se estimaron las densidades de la población equina, caprina y ovina. En la siguiente tabla se muestra dicha información.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.43. Densidad Equina, Caprino y Ovino.**

| Densidad Otras especies (# de Cabezas/km$^2$) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **DEPARTAMENTO** | **MUNICIPIO** | **Área en km2** | **TOTAL, EQUINOS** | **TOTAL, CAPRINOS** | **TOTAL, OVINOS** |
| ATLANTICO | BARRANQUILLA | 154.20 | 1.67 | 0.03 | 0.84 |
| ATLANTICO | GALAPA | 97.51 | 0.27 | 0.04 | 2.63 |
| ATLANTICO | PUERTO COLOMBIA | 70.57 | 3.61 | 0.00 | 0.00 |
| ATLANTICO | SOLEDAD | 59.36 | 0.47 | 0.00 | 2.81 |
| ATLANTICO | TUBARÁ | 182.99 | 0.57 | 0.83 | 3.60 |

### 7.6.5.8. *Determinación de la demanda hídrica equina, caprina y ovina*

Como resultado, la siguiente tabla describe los resultados obtenidos, para el subsector equino, caprino y ovino, en las etapas de consumo, como lugares de manejo y beneficio animal

**Tabla 7.44. Caprinos por subcuenca.**

| MUNICIPIO | 2909-01 | 2909-02 | 2909-03 | 2909-04 | 2909-05 | 2909-06 | 2909-07 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BARANOA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BARRANQUILLA (Distrito Especial, Industrial y Portuario) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| GALAPA | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| PUERTO COLOMBIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TUBARÁ | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| **Total** | 0 | 0 | 0 | 46 | 2 | 4 | 0 |

**Tabla 7.45. Ovinos por subcuenca.**

| MUNICIPIO | 2909-01 | 2909-02 | 2909-03 | 2909-04 | 2909-05 | 2909-06 | 2909-07 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BARANOA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| BARRANQUILLA (Distrito Especial, Industrial y Portuario) | 0 | 0 | 0 | 7 | 19 | 85 | 3 |
| GALAPA | 0 | 0 | 0 | 78 | 79 | 82 | 0 |
| PUERTO COLOMBIA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TUBARÁ | 0 | 0 | 0 | 195 | 0 | 0 | 0 |
| **Total** | 0 | 0 | 0 | 280 | 98 | 167 | 3 |

### 7.6.5.9. *Demanda hídrica total pecuaria*

En total, la demanda pecuaria potencial a nivel de subcuenca y por área analizada de cada uno de los subsectores que hacen parte de este estudio se describen en la siguiente tabla. El sector pecuario representado por la suma de los mostrados subsectores tiene un consumo de 616,911.0 l/d.

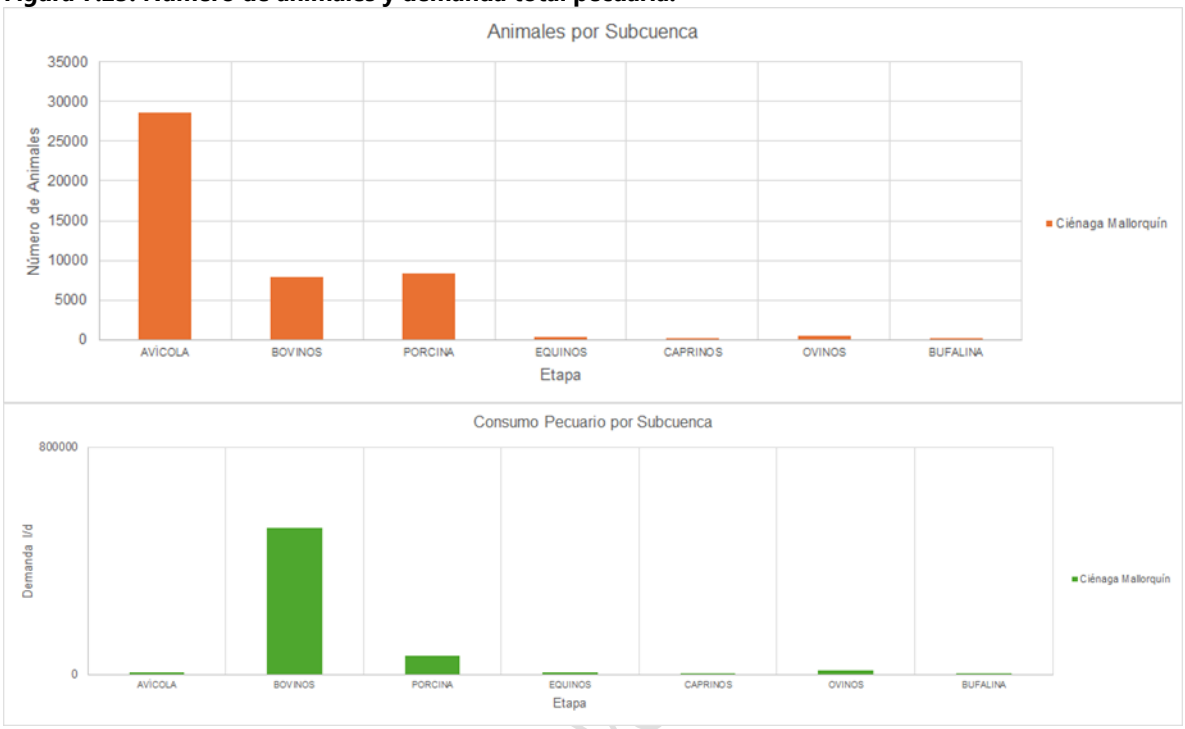
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.46. Demanda hídrica pecuaria.**

| | | NÚMERO DE ANIMALES POR ESPECIE | | | | | | | CONSUMO POR ESPECIE | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Código Microcuenca** | **Microcuenca** | **AVÍCOLA** | **BOVINOS** | **BUFALINA** | **PORCINA** | **CAPRINOS** | **OVINOS** | **EQUINOS** | **AVÍCOLA** | **BOVINOS** | **BUFALINA** | **PORCINA** | **CAPRINOS** | **OVINOS** | **EQUINOS** | **Total (l/d)** | **Total (m3/año)** |
| 2909-01 | Plano Costero | 527 | 32 | 0 | 81 | 0 | 0 | 8 | 131.8 | 2195.0 | 0.0 | 648.0 | 0.0 | 0.0 | 200.0 | 3174.8 | 1158.8 |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 19 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | 24.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 28.8 | 10.5 |
| 2909-03 | Cisne | 433 | 25 | 0 | 62 | 0 | 0 | 7 | 108.3 | 1675.0 | 0.0 | 496.0 | 0.0 | 0.0 | 175.0 | 2454.3 | 895.8 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 7311 | 2787 | 0 | 2440 | 46 | 280 | 150 | 1827.8 | 185072.5 | 0.0 | 19520.0 | 1150.0 | 7000.0 | 3750.0 | 218320.3 | 79686.9 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 11361 | 3030 | 10 | 2482 | 2 | 98 | 122 | 2840.3 | 199217.5 | 500.0 | 19856.0 | 50.0 | 2450.0 | 3050.0 | 227963.8 | 83206.8 |
| 2909-06 | Arroyo León | 8681 | 1937 | 0 | 3228 | 4 | 167 | 100 | 2170.3 | 127315.0 | 0.0 | 25824.0 | 100.0 | 4175.0 | 2500.0 | 162084.3 | 59160.8 |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 244 | 30 | 0 | 88 | 0 | 3 | 1 | 61.0 | 2020.0 | 0.0 | 704.0 | 0.0 | 75.0 | 25.0 | 2885.0 | 1053.0 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE DIAGNÓSTICO

**Figura 7.23. Número de animales y demanda total pecuaria.**




## 7.6.6. Demanda hídrica potencial

Los resultados a nivel de subcuenca, para la demanda hídrica total, son los descritos en la siguiente tabla, donde se entrega el resultado total por cada subsector y su respectiva sumatoria.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Tabla 7.47. Demanda total ($m^3$/año).**

| Cód. Microcuenca | Nombre Microcuenca | Demanda Doméstica (l/d) | Demanda Doméstica (m3/año) | Demanda Doméstica (m3/s) | Demanda Agrícola (m3/año) | Demanda Agrícola (m3/s) | Demanda Agrícola (l/d) | Demanda Pecuaria (m3/año) | Demanda Pecuaria (m3/s) | Demanda Pecuaria (l/d) | Demanda Total (m3/año) | Demanda Total (m3/s) | Demanda Total (l/d) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2909-06 | Arroyo León | 382666.7 | 139,673.33 | 0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59160.8 | 0.00 | 162084.3 | 198834.1 | 0.006 | 544750.9 |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 258346.7 | 94,296.53 | 0.003 | 27,933,740.37 | 0.32 | 76,530,795.53 | 4881898.2 | 0.00 | 218320.3 | 32909935.1 | 0.329 | 77007462.4 |
| 2909-03 | Cisne | 50960.0 | 18,600.40 | 0.001 | 1,203,921.83 | 0.01 | 3,298,415.98 | 414514.5 | 0.00 | 2454.3 | 1637036.8 | 0.015 | 3351830.2 |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 8213.3 | 2,997.87 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 102299.3 | 0.00 | 28.8 | 105297.1 | 0.000 | 8242.1 |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 9146.7 | 3,338.53 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 847452.0 | 0.00 | 2885.0 | 850790.5 | 0.000 | 12031.7 |
| 2909-01 | Plano Costero | 40133.3 | 14,648.67 | 0.000 | 520,018.50 | 0.01 | 1,424,708.22 | 370330.7 | 0.00 | 3174.8 | 904997.9 | 0.007 | 1468016.3 |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 206826.7 | 75,491.73 | 0.002 | 15,035,678.17 | 0.17 | 41,193,638.81 | 8432514.8 | 0.00 | 227963.8 | 23543684.7 | 0.179 | 41628429.2 |
| | **Total** | **956,293.33** | **349,047.07** | **0.01** | **59,263,263.85** | **0.52** | **162,365,106.43** | **15,108,170.26** | **0.01** | **616,911.00** | **60,150,576.20** | **0.54** | **124,020,762.87** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE DIAGNÓSTICO

### 7.6.7. Demanda concesionada

La demanda concesionada se determinó a partir de los registros de usuarios disponibles en el Sistema de Información de Recursos Hídricos (SIRH) para el departamento del Atlántico. Estos registros fueron espacialmente interceptados con las subcuencas que conforman la Ciénaga de Mallorquín. Posteriormente, se extrajeron y consolidaron los caudales concesionados asociados a dichos usuarios. Es importante señalar que algunos usuarios registrados no contaban con información sobre caudales concesionados.

A continuación, se presentan los resultados para la demanda hídrica concesionada disponible a nivel de subcuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.48. Demanda concesionada.**

| Código Zona Hidrográfica | Subzona Hidrográfica o Nivel Subsiguiente (SZH o NSS) | Cód. Subzona Hidrográfica o Nivel Subsiguiente (SZH o NSS) | Unidad Hidrográfica Nivel III | Cód_Subcuenca | Subcuenca | Usuarios Permanentes | Usuarios Transitorios | Total, Población | Demanda doméstica (l/s) | Número de animales | Demanda Pecuaria (l/s) | Número de hectáreas de cultivos | Demanda Agrícola (l/s | Demanda Industrial (l/s) | Demanda total (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-06 | Arroyo León | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 83 | 0.04 | 34.00 | 0.01 | 47.00 | 47.04 |
| 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-04 | Arroyo Granada | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 3000 | 0.90 | 230.00 | 0.10 | 0.18 | 1.18 |
| 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-03 | Cisne | 6 | 4 | 10 | 0.02 | 295000 | 0.68 | 0.00 | 0.00 | 22.31 | 23.01 |
| 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-02 | Perdida Cantera | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 391.84 | 391.84 |
| 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 2.90 | 0.00 | 0.25 | 0.25 |
| 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-01 | Plano Costero | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.30 | 4.30 |
| 2 | 29 | 2909 | Ciénaga Mallorquín | 2909-05 | Arroyo Grande | 79 | 37 | 116 | 0.16 | 521769 | 1.47 | 34.50 | 0.02 | 14.73 | 16.37 |
| | | | | | **TOTAL** | **85** | **41** | **126** | **0.18** | **819852** | **3.09** | **301** | **0.1** | **480.599** | **483.99** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE PUBLICADO

## *7.7. Indicadores de estado del recurso hídrico*

### 7.7.1. Índice de Retención y Regulación Hídrica – IRH

El Índice de retención y regulación hídrica – IRH, mide la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales; la interpretación se presenta en la Tabla 7.49. Se calcula a partir de la curva de duración de caudales medios diarios, según la ecuación (IDEAM, 2019).

La curva de duración de caudales sintetiza las características y la interacción de las condiciones geomorfológicas, geológicas, del suelo, de la vegetación y el clima.

Como se menciona anteriormente la obtención de este indicador se basa fundamentalmente en la curva de duración de caudales medios diarios para las estaciones que se seleccionen. Su estimación resulta de la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios de acuerdo al Estudio Nacional del Agua, IDEAM (2019).

La expresión matemática de cálculo es la siguiente:

$$IRH = VP/Vt$$

Dónde:
$IRH$: Índice de retención y regulación hídrica.
$VP$: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo del caudal medio.
$Vt$: Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios.

Los valores obtenidos con la estimación del IRH se agrupan en rangos para facilitar las comparaciones, a cada rango se le asigna una calificación cualitativa, que corresponde a la descripción que se refleja en la Tabla 7.49.

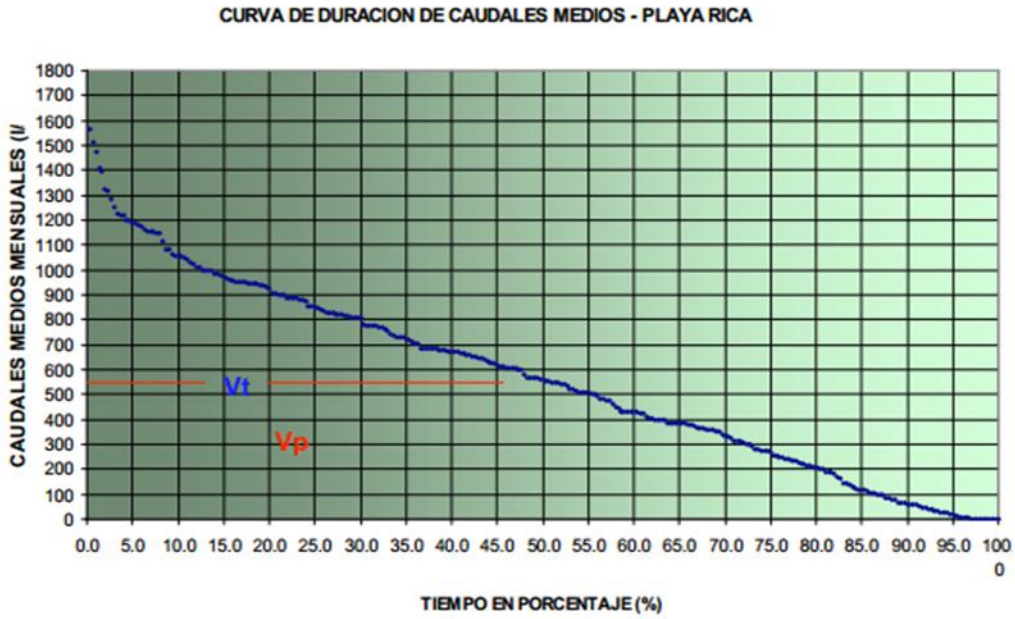
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.49. Calificación de los rangos de valores IRH.**

| Rangos De Valores Del Indicador | Calificación | Descripción |
|---|---|---|
| > 0.85 | Muy alta | Muy alta retención y regulación de humedad |
| 0.75 – 0.85 | Alta | Alta retención y regulación de humedad |
| 0.65 – 0.75 | Moderada | Media retención y regulación de humedad media |
| 0.50 – 0.65 | Baja | Baja retención y regulación de humedad |
| < 0.50 | Muy Baja | Muy baja retención y regulación de humedad |

Fuente: (IDEAM, 2019).

**Figura 7.24. Ejemplo de curva de duración de caudales.**




Fuente: (IDEAM, 2019).

El IRH mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas (curvas de duración) de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, siendo los valores más bajos los que se interpretan como de menor regulación.

En la Tabla 7.50 se presentan los resultados y categorización del IRH, para las subcuencas. Los valores de caudal bajo la curva, el caudal medio (Vp) y el volumen total (Vt), se obtienen de las curvas de duración, tal como lo establece la guía del IDEAM.

PUBLICIDAD
DOCUMENTO

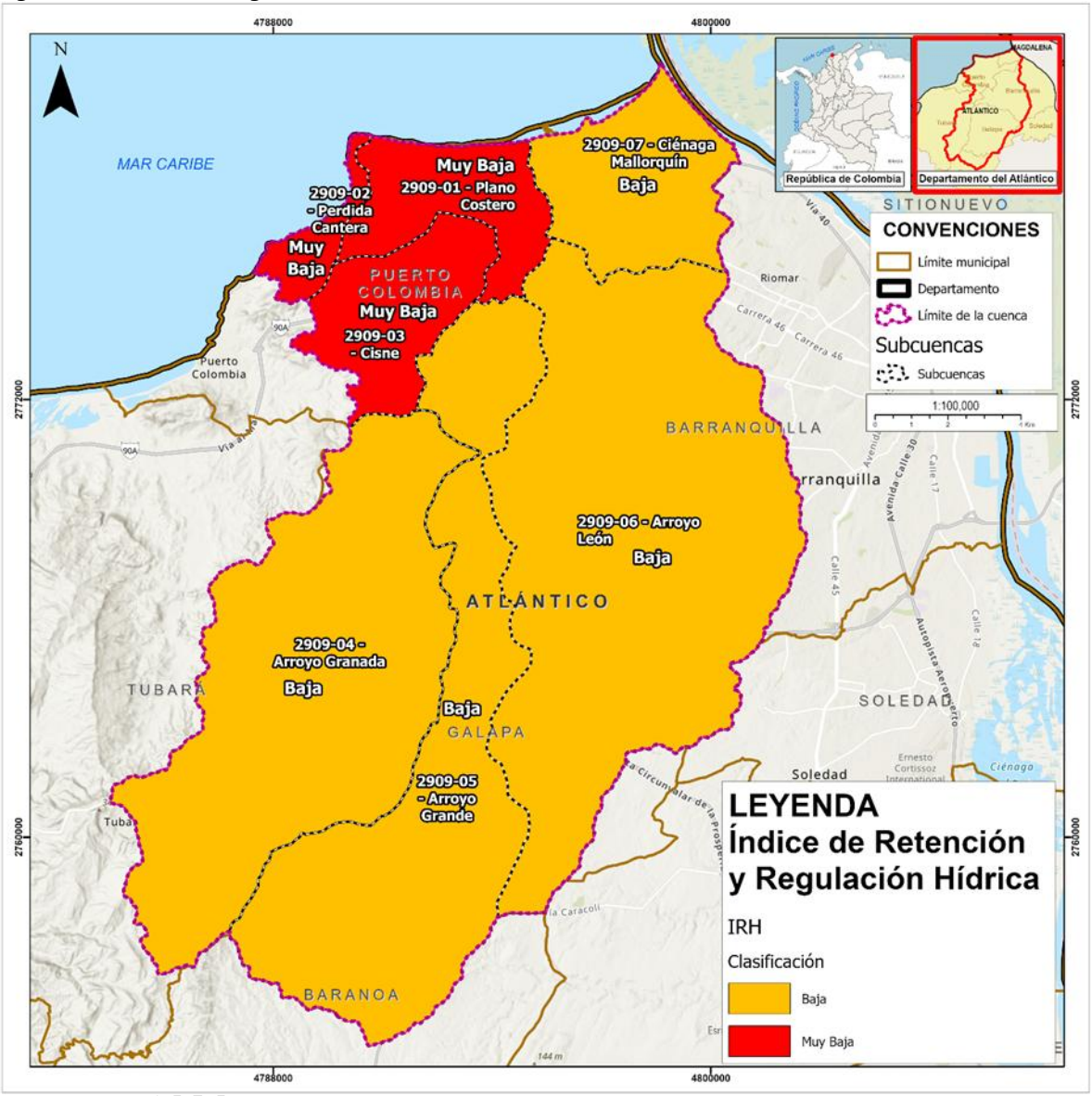
El análisis de los valores obtenidos para el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) en las diferentes subcuencas indica que gran parte de ellas presentan condiciones de muy baja y baja capacidad para retener y regular la humedad, lo que implica una limitada amortiguación frente a las variaciones en el régimen de caudales. Este comportamiento se traduce en una alta vulnerabilidad ante eventos de sequía o lluvias intensas, ya que las posibilidades de almacenamiento y liberación gradual del agua son escasas. Así, las subcuencas con IRH en rangos inferiores a 0.50 evidencian una dinámica hídrica poco favorable para el sostenimiento de ecosistemas y la provisión de servicios ambientales asociados, haciendo necesario considerar estrategias de manejo y restauración que permitan mejorar su funcionalidad y resiliencia frente a los desafíos climáticos actuales.

**Tabla 7.50. Resultados del Índice de retención y regulación hídrica en las subcuencas.**

| CÓDIGO | NOMBRE | IRH | CALIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|---|---|
| 2909 | Ciénaga Mallorquín y los arroyos | 0.516 | Baja | Baja retención y regulación de humedad |
| 2909-01 | Plano Costero | 0.499 | Muy Baja | Muy baja retención y regulación de humedad |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 0.474 | Muy Baja | Muy baja retención y regulación de humedad |
| 2909-03 | Cisne | 0.487 | Muy Baja | Muy baja retención y regulación de humedad |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 0.505 | Baja | Baja retención y regulación de humedad |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 0.519 | Baja | Baja retención y regulación de humedad |
| 2909-06 | Arroyo León | 0.522 | Baja | Baja retención y regulación de humedad |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 0.515 | Baja | Baja retención y regulación de humedad |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE SOCIALIZACIÓN

**Figura 7.25. Índice de regulación hídrica – IRH.**




## 7.7.2. Índice de uso de agua (IUA)

Relación porcentual de la demanda de agua en relación con la oferta hídrica disponible.

En sentido estricto el indicador deberá considerar la oferta hídrica superficial y subterránea en forma unitaria. Sin embargo, mientras se logra una mayor claridad sobre la oferta de agua subterránea, se considera la oferta hídrica superficial. Esta hace referencia a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores y usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.), en relación con la oferta hídrica superficial en la zona de estudio de acuerdo con el Estudio Nacional del Agua IDEAM (2019).

$$IUA = \left(\frac{Dh}{Oh}\right) * 100$$

Dónde:

$Dh$: Demanda hídrica sectorial.
$Oh$: Oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental.
$Dh = \Sigma$ ($volumen\ de\ agua\ extraída\ para\ usos\ sectoriales\ en\ un\ período\ determinado$).

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Css + Cea + Ce + Ca + Aenc$$

Donde
$Dh$: Demanda hídrica.
$Ch$: Consumo humano o doméstico.
$Csp$: Consumo del sector agrícola.
$Csm$: Consumo del sector industrial.
$Css$: Consumo del sector de servicios.
$Ce$: Consumo del sector energía.
$Ca$: Consumo del sector acuícola.
$Aenc$: Agua extraída no consumida.

$$Oh = Ohtotal - OQamb$$

Dónde:

$Ohtotal$: es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada.
$OQamb$: es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

El cálculo de la oferta hídrica natural disponible se realiza para condiciones hidrológicas medias y secas con base en las series de caudales medios mensuales y anuales. Las condiciones secas corresponden seco a la clasificación de meses típicos de acuerdo con la NOAA.

Este indicador se calcula para las subcuencas que fueron delimitadas según la zona de estudio. Para el desarrollo de este indicador se tiene en cuenta, la demanda hídrica y la oferta hídrica superficial disponible en las áreas de estudio. Los valores de la demanda hídrica utilizados están descritos en el numeral 1.1.8.3 para la demanda potencial y en el numeral 1.1.8.4 para la demanda concesionada.

En la Tabla 7.51, se representan los rangos y categorías del índice de uso del agua.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.51. Rangos y categorías del Índice de uso del agua (IUA).**

| Rango (Dh/Oh) *100 IUA | Categoría IUA | Significado |
|---|---|---|
| >50 | Muy alta | La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 20.01 – 50 | Alto | La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible |
| 10.01 – 20 | Moderado | La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible |
| 1 – 10 | Bajo | La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible |
| ≤ 1 | Muy bajo | La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible |

FUENTE: (IDEAM, 2019).

En la Tabla 7.52 y Tabla 7.53, se presenta el índice de uso del agua para las subcuencas en condiciones hidrológicas secas y medias con el cálculo de la demanda potencial. Según la definición anterior, si el IUA sobrepasa el 20%, deben iniciarse programas de ordenamiento y de conservación de cuencas, a fin de hacer sostenible el recurso hídrico, evitar situaciones que afecten el abastecimiento de agua y prevenir futuras crisis.

En el análisis realizado, se identificó que cinco subcuencas presentan una presión de la demanda significativamente mayor en comparación con la oferta disponible, lo que se traduce en una situación crítica bajo condiciones hidrológicas secas. En estos escenarios, el índice de uso del agua (IUA) para dichas subcuencas se ubica en la categoría de "Muy Alto", lo que refleja un riesgo elevado para la sostenibilidad del recurso hídrico y para el abastecimiento seguro de agua en los centros poblados que dependen de ellas.

Adicionalmente, al considerar condiciones hidrológicas medias, estas mismas subcuencas mantienen valores de IUA en la categoría "Alto", evidenciando que la presión de la demanda sigue siendo considerablemente superior a la capacidad de oferta, aunque en menor grado que en las condiciones secas. Esta situación subraya la urgencia de emprender programas de ordenamiento y conservación de cuencas en dichas unidades hidrográficas, con el fin de evitar el deterioro progresivo de los cuerpos de agua y garantizar la disponibilidad futura del recurso para las comunidades que lo requieren. La persistencia de estos altos índices en dos escenarios hidrológicos distintos enfatiza la necesidad de implementar acciones integrales y sostenidas de manejo y protección, enfocadas en equilibrar la relación entre la demanda y la oferta de agua, promoviendo su uso responsable y la preservación ecosistémica.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.52. Índice de uso del agua condición hidrológica media.**

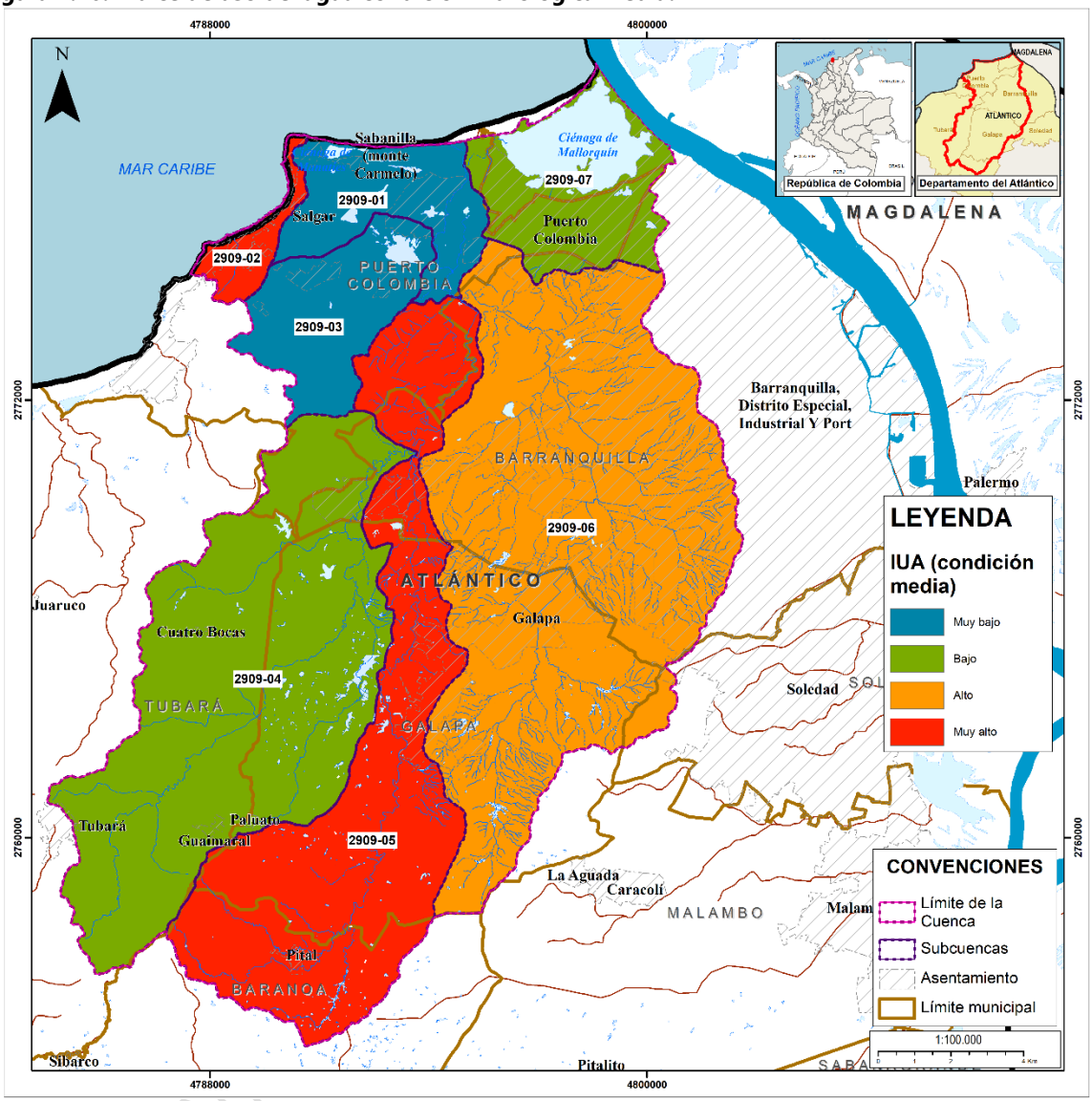
| Código | Nombre | IUA (Medias) | Calificación | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| 2909 | Ciénaga Mallorquín y los arroyos | 41.33 | Alto | La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-01 | Plano Costero | 0.00 | Muy bajo | La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 50.85 | Muy alta | La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-03 | Cisne | 0.00 | Muy bajo | La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 4.46 | Bajo | La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 120.19 | Muy alta | La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-06 | Arroyo León | 40.66 | Alto | La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 6.68 | Bajo | La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible |

**Tabla 7.53. Índice de uso del agua condición hidrológica seca.**

| Código | Nombre | IUA (Secas) | Calificación | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| 2909 | Ciénaga Mallorquín y los arroyos | 172.98 | Muy alta | La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-01 | Plano Costero | 0.00 | Muy bajo | La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible |
| 2909-02 | Perdida Cantera | 592.79 | Muy alta | La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-03 | Cisne | 0.00 | Muy bajo | La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible |
| 2909-04 | Arroyo Granada | 24.90 | Alto | La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-05 | Arroyo Grande | 720.39 | Muy alta | La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-06 | Arroyo León | 139.99 | Muy alta | La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | 22.54 | Alto | La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible |

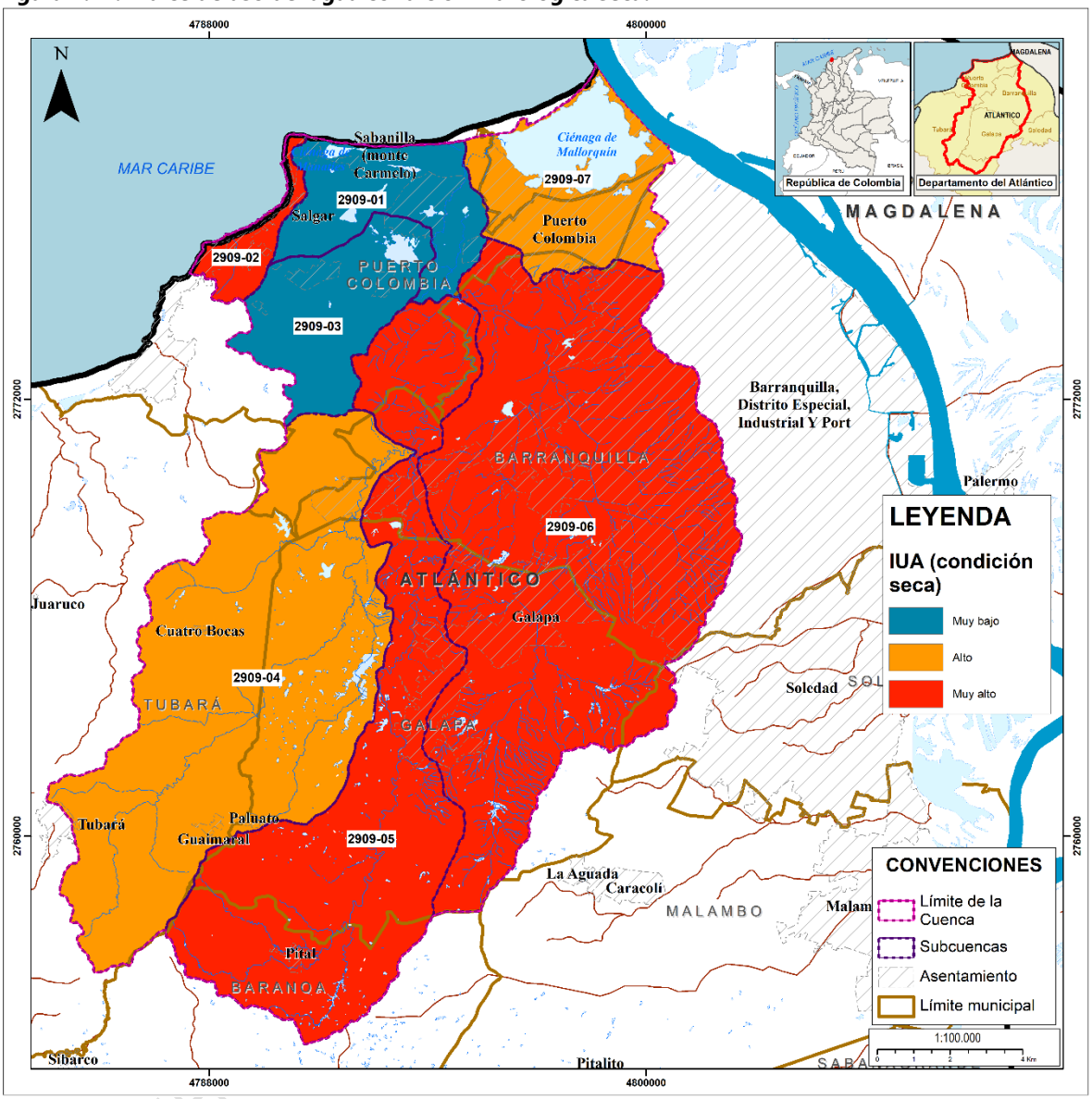
DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE APROBACIÓN

**Figura 7.26. Índice de uso del agua condición hidrológica media.**




DOCUMENTO

**Figura 7.27. Índice de uso del agua condición hidrológica seca.**




## 7.7.3. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH)

El Índice de Vulnerabilidad Hídrico por Desabastecimiento refiere el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que, ante amenazas, como periodos largos de estiaje o eventos como el Fenómeno Cálido del Pacífico, podría generar riesgos de desabastecimiento.

El Índice de Vulnerabilidad Hídrico por Desabastecimiento se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de Regulación Hídrica (IRH) y el Índice de Uso de Agua (IUA). Las categorías de este índice se presentan en la Tabla 7.54.

**Tabla 7.54. Matriz de relación para caracterizar el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH).**

| Índice de Uso del Agua - IUA | Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Categoría** | **Alto** | **Moderado** | **Bajo** | **Muy Bajo** |
| **Muy bajo** | Muy baja | Baja | Media | Media |
| **Bajo** | Baja | Baja | Media | Media |
| **Medio** | Media | Media | Alta | Alta |
| **Alto** | Media | Alta | Alta | Muy alta |
| **Muy Alto** | Media | Alta | Alta | Muy alta |
| **Critico** | Muy alta | Muy alta | Muy alta | Muy alta |

Fuente: IDEAM, 2019.

Este indicador se calcula para las subcuencas identificadas, teniendo los resultados de los índices de retención y regulación hídrica y del índice del uso del agua, el cual se muestra en la Tabla 7.55 y Tabla 7.56, para cada una de las condiciones hidrológicas establecidas.

Uno de los resultados importantes generados a través del IVH, es que en la cuenca se presentan subcuencas en las categorías Muy Altas y Altas para las condiciones medias y secas, sin embargo, con una predominancia en estas dos categorías con el 42.86% del área de la cuenca (Tabla 7.55).

Este comportamiento del Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH) evidencia una marcada preponderancia de las categorías Muy Alta y Alta en las subcuencas, tanto bajo condiciones hidrológicas medias como en escenarios secos. La presencia de estas categorías en el 71.43% del área total de la cuenca sugiere una condición de fragilidad significativa y persistente frente al riesgo de desabastecimiento, lo cual exige una atención prioritaria en la gestión de los recursos hídricos. En particular, la permanencia de valores elevados en el IVH durante periodos de disponibilidad media y en años caracterizados por sequía acentúa la necesidad de estrategias preventivas y adaptativas, orientadas a fortalecer la resiliencia del sistema hídrico. Este panorama demanda que las autoridades y entidades encargadas de la gestión ambiental consideren la implementación de acciones integrales que incluyan monitoreo constante, optimización en el uso del agua, protección y restauración de ecosistemas estratégicos, así como una planificación que anticipe los posibles impactos de fenómenos climáticos extremos.

La identificación de subcuencas con niveles de vulnerabilidad tan elevados subraya la urgencia de consolidar políticas públicas y programas de largo plazo que garanticen la sostenibilidad y seguridad hídrica en el territorio, especialmente ante la recurrencia de eventos como el Fenómeno de El Niño y la variabilidad climática asociada a cambios globales.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 7.55. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para la condición hidrológica media.**

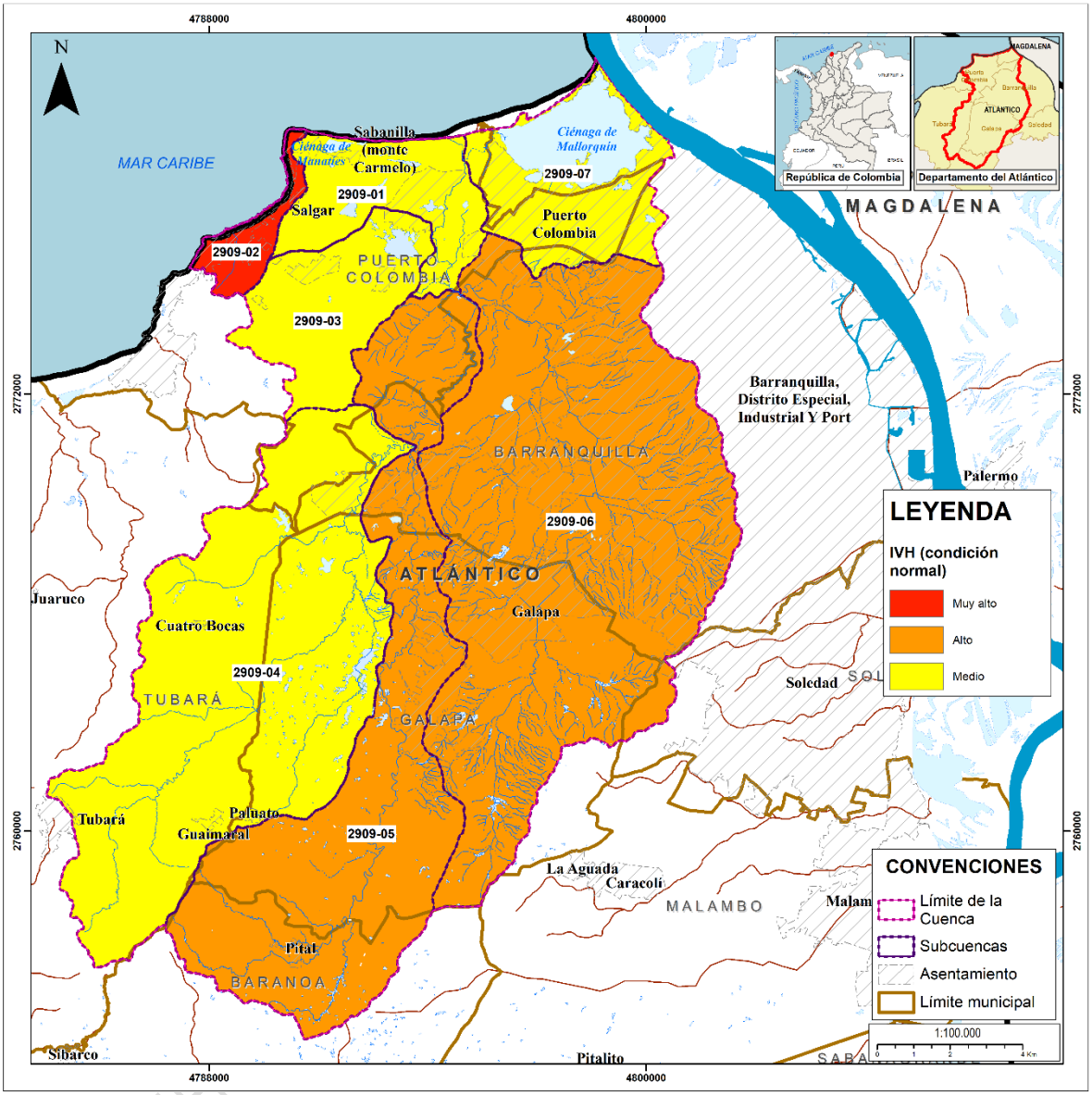
| Código | Nombre | IUA (Cond Medias) | IRH | Calificación IVH |
|---|---|---|---|---|
| 2909 | Ciénaga Mallorquín y los arroyos | Alto | Baja | Alta |
| 2909-01 | Plano Costero | Muy bajo | Muy Baja | Media |
| 2909-02 | Perdida Cantera | Muy alta | Muy Baja | Muy alta |
| 2909-03 | Cisne | Muy bajo | Muy Baja | Media |
| 2909-04 | Arroyo Granada | Bajo | Baja | Media |
| 2909-05 | Arroyo Grande | Muy alta | Baja | Alta |
| 2909-06 | Arroyo León | Alto | Baja | Alta |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | Bajo | Baja | Media |

**Tabla 7.56. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento para la condición hidrológica seca.**

| Código | Nombre | IUA (Cond Secas) | IRH | Calificación IVH |
|---|---|---|---|---|
| 2909 | Ciénaga Mallorquín y los arroyos | Muy alta | Baja | Alta |
| 2909-01 | Plano Costero | Muy bajo | Muy Baja | Media |
| 2909-02 | Perdida Cantera | Muy alta | Muy Baja | Muy alta |
| 2909-03 | Cisne | Muy bajo | Muy Baja | Media |
| 2909-04 | Arroyo Granada | Alto | Baja | Alta |
| 2909-05 | Arroyo Grande | Muy alta | Baja | Alta |
| 2909-06 | Arroyo León | Muy alta | Baja | Alta |
| 2909-07 | Ciénaga Mallorquín | Alto | Baja | Alta |

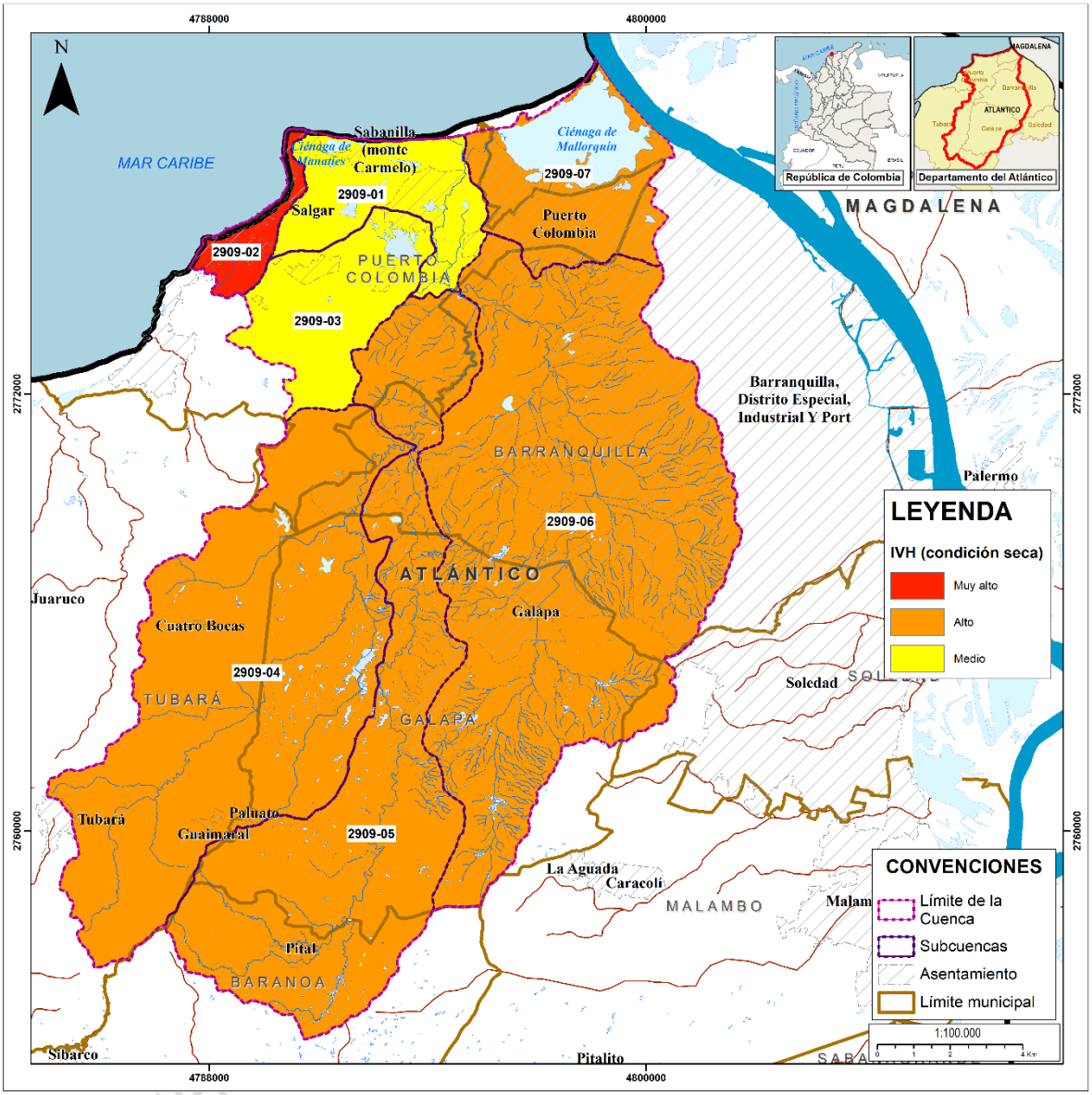
DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 7.28. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para la condición hidrológica media.**




DOCUMENTO

**Figura 7.29. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para la condición hidrológica seca.**




## *7.8. Identificación de necesidades de información y conocimiento*

En este numeral se realiza una descripción de varios componentes en la hidrología en la cuenca de la Ciénaga Mallorquín y los arroyos Grande y León, tales como precipitación y caudales, que son la base de muchos de ellos para la estimación del régimen hidrológico como el cálculo de índices del recurso hídrico. A continuación, se hace una descripción por cada proceso, sobre las falencias de información para cada variable.

Precipitación: Los campos de lluvia en la para la cuenca y las unidades hidrográficas de Nivel I de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León se construyeron con información

de estaciones que se encuentran dentro de la cuenca y con información por fuera de esta. Es importante tener en cuenta que la cuenca tiene un área total de 295.28 $km^2$ y su topografía hace que la precipitación sea altamente variable en la cuenca y, por tanto, la información con que se cuenta dentro de la cuenca es insuficiente y hace que se eleve la incertidumbre en la estimación de esta variable. Se recomienda mejorar la red de estaciones de medición de precipitación en toda la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.

Caudales: En la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León no se pudo contar con información hidrológica en la cuenca. Se recomienda mejorar la red de estaciones de medición de caudales en las subcuenca, por presentar indicadores del recurso hídricos altos y teniendo en cuenta que la zona de estudio se encuentra influenciado por los fenómenos del ENSO.

Se debe realizar un censo de usuarios que permita establecer en la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León cuales son las demandas reales por sus usos respectivos, incluyendo las concesiones de agua legal e ilegal.

## *7.9. Conclusiones y recomendaciones*

En el análisis de los datos se aplican pruebas a las estaciones de caudal ubicadas en la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León y sus alrededores, obteniendo como resultado que las estaciones presentan cambio en la media y la varianza. Además, se puede verificar la relación entre el índice del ONI y el caudal, donde se puede apreciar que las estaciones tienen un alto grado de correlación con el índice del ONI a lo largo de todos los meses. Adicionalmente, de acuerdo con el análisis de tendencia aplicado a las estaciones no es pertinente realizar un análisis de no estacionalidad a las series de caudal para el análisis de eventos extremos ya sean mínimos o máximos, teniendo en cuenta que estas series son estacionarias.

Para la caracterización del régimen hidrológica de las subcuencas de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, se aplica el uso modelo hidrológico GR4J desarrollado por (Perrin, 2003), el cual se caracteriza por representar un modelo lluvia-escorrentía de simulación continua y representación espacial agregada hasta el nivel de detalle de interés. Se caracteriza por determinar escala temporal diaria y su distribución temporal se configura a partir de cuatro (4) parámetros. Dicho modelo hidrológico ha sido utilizado profusamente en la literatura científica, determinándose gran desempeño en múltiples cuencas hidrográficas en condiciones hidroclimáticas diversas.

Para analizar el desabastecimiento hídrico se estima el Índice de Uso del Agua IUA, que resulta de la comparación entre la demanda existente y la oferta disponible de agua en cada subcuenca. Para analizar el comportamiento en el tiempo de este índice se calcula para la

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

condición media y para la condición seca o de caudales mínimos. Según el significado del índice, si el IUA sobrepasa el 20%, deben iniciarse programas de ordenamiento y de conservación de cuencas, a fin de hacer sostenible el recurso hídrico, evitar situaciones que afecten el abastecimiento de agua y prevenir futuras crisis de los usuarios que lo requieran a posteriori. Teniendo en cuenta lo anterior, varias subcuencas se encuentran en este rango, con valores de IUA en las categorías de Muy Alto y Alto, por lo que es recomendable iniciar programas de ordenamiento y de conservación de cuencas, para evitar situaciones que afecten el abastecimiento de agua. El comportamiento del IUA para condición seca permite apreciar la tendencia que se tiene por el uso del agua, es decir, que las subcuencas que tenderán a agotar más rápidamente sus reservas frente al incremento de la demanda.

Dada la necesidad de conocer los recursos de agua disponibles en las subcuencas, se recomienda la instalación y operación de estaciones hidrológicas en la mayoría de estas, los cuales aportarían los datos básicos para el conocimiento del régimen de la cuenca. Adicionalmente se deben implementar programa de sedimentos a las estaciones hidrológicas existentes y a las nuevas que se vayan a instalar con la finalidad de conocer el comportamiento de los mismos en la cuenca en ordenación.

Se recomienda realizar un censo de usuarios para toda la cuenca de la Ciénega de Mallorquín y los Arroyos Grande y León que permita establecer las demandas reales por sus usos respectivos, incluyendo las reglamentaciones y legalización de las concesiones de agua.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 8. MORFOMETRÍA

## *8.1. Generalidades*

El comportamiento hidrológico de una cuenca hidrográfica depende del clima y la forma del territorio. Los índices morfométricos describen las características de los paisajes por medio de valores constantes. Además, el comportamiento hidrológico está afectado por intervenciones como rectificaciones de cursos y desviaciones de cauces, impermeabilización de suelos y trasvase de cuenca.

A continuación, se presenta la estimación de las características morfométricas de la cuenca hidrográfica y las siete (7) unidades hidrográficas nivel I que la conforman en el área de estudio, donde se evaluaron a partir de la base cartográfica en formato digital del Instituto Geográfico Agustín Codazzi escala 1:25.000, con intervalos de curvas de nivel cada 25 y 50 metros, utilizando como herramienta el Sistema de Información Geográfica (Arc Gis 10.8).

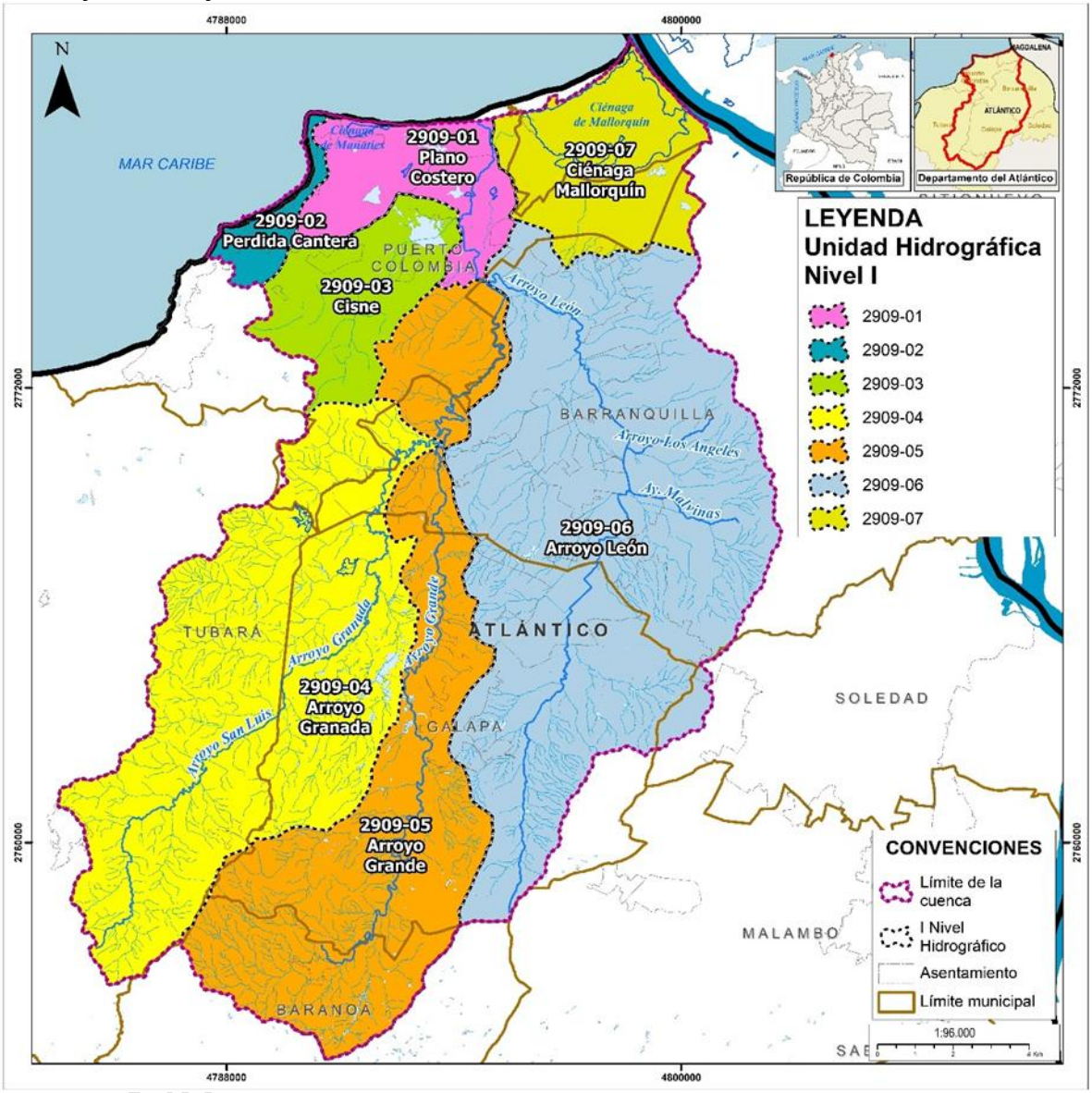
De acuerdo con los resultados obtenidos en el producto de hidrografía con la delimitación de las unidades hidrográficas nivel I y de la cuenca se estimaron los parámetros morfométricos.

**Tabla 8.1. Relación numeración de las unidades hidrográficas nivel I delimitadas en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**

| Numero Consecutivo | Unidad Hidrográfica Nivel I | Código |
|---|---|---|
| 1 | Plano Costero | 2909-01 |
| 2 | Perdida Cantera | 2909-02 |
| 3 | Cisne | 2909-03 |
| 4 | Arroyo Granada | 2909-04 |
| 5 | Arroyo Grande | 2909-05 |
| 6 | Arroyo León | 2909-06 |
| 7 | Ciénaga Mallorquín | 2909-07 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 8.1. Delimitación de las unidades hidrográficas nivel I de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**




DOCUM

## *8.2. Parámetros Físicos de la Cuenca*

### 8.2.1. Área de drenaje de la cuenca (AC) [KM$^2$]

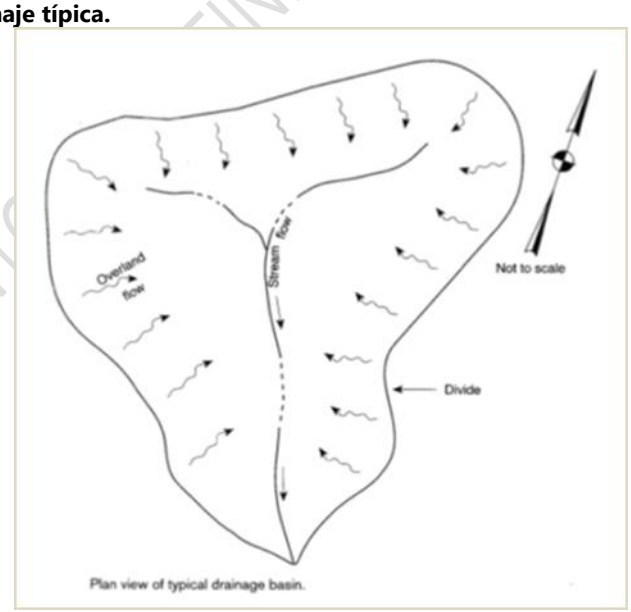
Es la proyección horizontal del área de drenaje, o de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente, a un mismo cauce natural. El sitio que recoge toda la escorrentía que se produce en una cuenca hidrográfica se denomina punto de concentración o punto de cierre de la cuenca.

El concepto de área de drenaje y divisoria de aguas se presenta en las Figura 8.2 y Figura 8.3.

La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a partir de la información cartográfica del IGAC y, para ello, se deben seguir las reglas básicas que se mencionan en la Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de Cuencas Hidrográficas:

a) La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras, cruzando los valles que estas delimitan.
b) Su delimitación comienza en el punto de concentración y se continúa a cada lado de este punto con líneas siempre perpendiculares a las curvas de nivel.
c) La divisoria de aguas nunca debe interceptar los cauces naturales.
d) Imagine una gota de agua cayendo sobre el mapa, si la gota llegara al punto de concentración, esta área debe pertenecer a la cuenca.

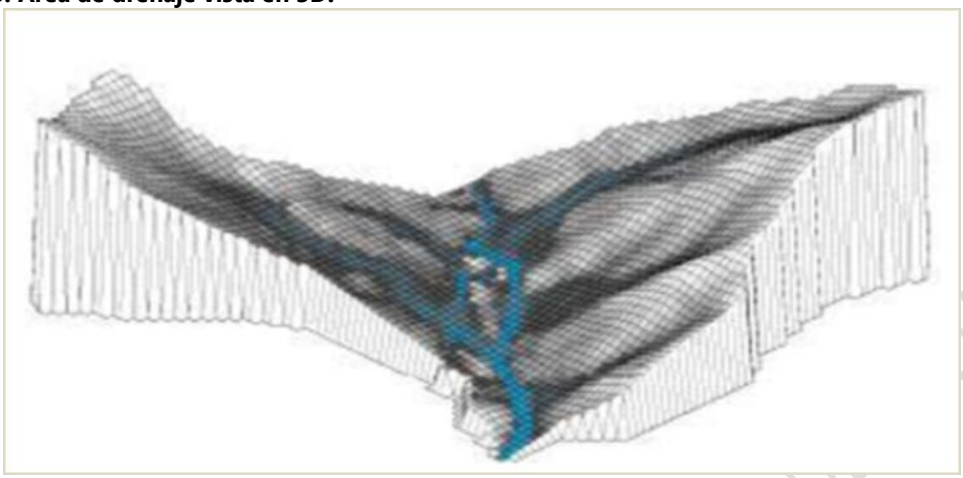
**Figura 8.2. Área de drenaje típica.**




Fuente: Reyes A, Barroso F, Carvajal Y., 2010.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 8.3. Área de drenaje vista en 3D.**



Fuente: Reyes A, Barroso F, Carvajal Y., 2010.

### 8.2.2. Perímetro de la cuenca

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea divisoria de la cuenca es un parámetro importante, pues en conexión con el área permite inferir sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P.

### 8.2.3. Longitud recta de la cuenca

Es la longitud de una línea recta con dirección "paralela" al cauce principal.

### 8.2.4. Ancho de la cuenca (W) [KM]

Es la relación entre el área de drenaje de la cuenca y la longitud de esta.

### 8.2.5. Resultados y análisis de los parámetros físicos de la cuenca

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos de los cuatro parámetros físicos de la cuenca y las unidades hidrográficas de nivel I estimados a partir de la información disponible en la cartografía.

**Tabla 8.2. Resultados de los parámetros físicos de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I.**

| Nombre | Codificación | Área | Perímetro | Longitud Recta de la Cuenca | Ancho de la Cuenca |
|---|---|---|---|---|---|
| - | - | km2 | km | km | km |
| Ciénaga Mallorquín y los arroyos Grande y León | 2909 | 295.28 | 92.64 | 27.47 | 10.75 |
| Plano Costero | 2909-01 | 14.96 | 23.16 | 4.47 | 3.35 |
| Perdida Cantera | 2909-02 | 4.50 | 14.13 | 4.34 | 1.04 |
| Cisne | 2909-03 | 16.78 | 20.75 | 6.62 | 2.53 |
| Arroyo Granada | 2909-04 | 75.36 | 47.43 | 17.02 | 4.43 |
| Arroyo Grande | 2909-05 | 63.18 | 58.01 | 20.31 | 3.11 |
| Arroyo León | 2909-06 | 99.52 | 53.67 | 18.41 | 5.41 |

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

## *8.3. Parámetros de Forma de la Cuenca*

Los factores geológicos, principalmente, son los encargados de moldear la fisiografía de una región y particularmente la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Para explicar cuantitativamente la forma de la cuenca, se compara la cuenca con figuras geométricas conocidas como lo son: el círculo, el óvalo, el cuadrado y el rectángulo, principalmente.

### 8.3.1. Índice de compacidad o índice de gravelius

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

$$K_c = \frac{P_{cuenca}}{2\pi\left(\frac{A_{cuenca}}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Dónde:
P: Perímetro de la cuenca [km].
A: Área de la cuenca [$km^2$].

Este valor adimensional, independiente del área estudiada, tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuerte volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc mayor será la concentración de agua. Existen tres categorías para la clasificación según el valor de este parámetro, según la Tabla 8.3:

**Tabla 8.3. Índice de compacidad para la evaluación de la forma.**

| Clase | Rango | Descripción |
|---|---|---|
| Kc1 | 1.0 a 1.25 | Forma redonda a oval redonda |
| Kc2 | 1.25 a 1.5 | Forma oval redonda a oval oblonga |
| Kc3 | > 1.5 | Forma oval oblonga a rectangular oblonga |

Fuente: Reyes A, Barroso F, Carvajal Y., 2010.

### 8.3.2. Factor de forma (KF)

Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

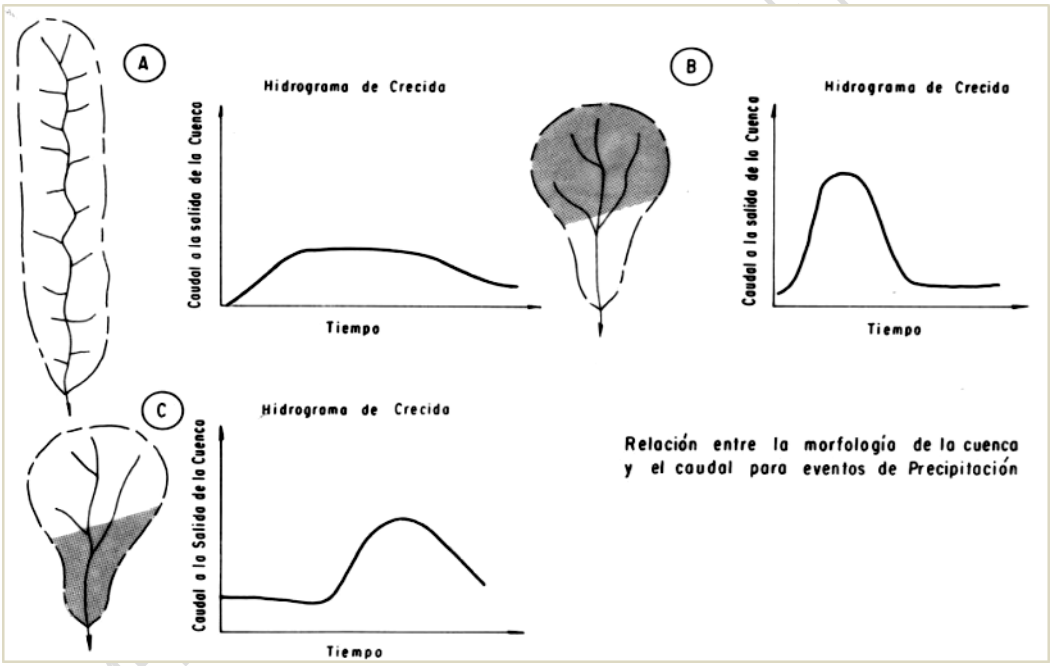
**Tabla 8.4. Clasificación del factor de forma.**

| Kf | Característica |
|---|---|
| <1 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas |
| 1 | Cuadrada |
| >1 | Tiende a ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas |

Fuente: Reyes A, Barroso F, Carvajal Y., 2010.

En la Figura 8.4, se muestra la relación entre la morfología de algunas cuencas y sus respectivos caudales pico.

**Figura 8.4. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación.**




Fuente: TOMADO DE (F. Bell, 1999).

### 8.3.3. Índice de alargamiento

Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal, y el ancho máximo de ella. Éste define si la cuenca es alargada, cuando su valor es mucho mayor a la unidad, o si es muy achatada, cuando son valores menores a la unidad.

$$I_A = \frac{L}{A_n}$$

Dónde:
L: Longitud de la cuenca.

An: Ancho de la cuenca.

**Tabla 8.5. Índice de alargamiento.**

| IA | Característica |
|---|---|
| $I_A > 1$ | Cuenca alargada |
| $I_A < 1$ Cuenca alargada | Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto |

Fuente: Reyes A, Barroso F, Carvajal Y., 2010.

### 8.3.4. Índice asimétrico

Es la relación del área de las vertientes, mayor ($A_{mayor}$) y menor ($A_{menor}$), las cuales son separadas por el cauce principal. Este índice evalúa la homogeneidad en la distribución de la red de drenaje, pues si se tiene un índice mucho mayor a 1 se observará sobre la cuenca que el río principal estará recargado a una de las vertientes, lo cual implica una heterogeneidad en la distribución de la red de drenaje, aumentando la descarga hídrica de la cuenca a esta vertiente, lo que incrementa en cierto grado los niveles erodabilidad a causa de los altos eventos de escorrentía superficial obtenidos.

A continuación, se presenta la ecuación que define el índice asimétrico como:

$$I_{AS} = \frac{A_{mayor}}{A_{menor}}$$

Dónde:
$I_{AS}$: Índice asimétrico (adimensional).
$A_{mayor}$: Vertiente mayor (km$^2$).
$A_{menor}$: Vertiente menor (km$^2$).

**Tabla 8.6. Índice asimétrico.**

| IAS | Característica |
|---|---|
| $I_{AS} > 1$ | Cauce principal bastante recargado a una de las vertientes |
| $I_{AS} = 1$ | Distribución uniforme del cauce principal |

Fuente: Reyes A, Barroso F, Carvajal Y., 2010.

### 8.3.5. Resultados y análisis de los parámetros de forma de la cuenca

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos de los parámetros de forma de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I estimados a partir de la información disponible en la cartografía.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 8.7. Resultados de los parámetros de forma de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I.**

| Nombre | Código | Coeficiente De Compacidad | | Coeficiente De Forma | | Índice De Alargamiento | | índice Asimétrico | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | Clasificación | - | Clasificación | - | Clasif | - | Clasificación |
| Ciénaga Mallorquín y los arroyos Grande y León | 2909 | 1.52 | Forma oval oblonga a rectangular oblonga | 0.39 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas | 2.56 | Cuenca alargada | 1.05 | Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha) |
| Plano Costero | 2909-01 | 1.69 | Forma oval oblonga a rectangular oblonga | 0.75 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas | 1.33 | Cuenca alargada | 4.16 | Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda) |
| Perdida Cantera | 2909-02 | 1.88 | Forma oval oblonga a rectangular oblonga | 0.24 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas | 4.19 | Cuenca alargada | 2.75 | Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha) |
| Cisne | 2909-03 | 1.43 | Forma oval redonda a oval oblonga | 0.38 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas | 2.61 | Cuenca alargada | 1.87 | Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda) |
| Arroyo Granada | 2909-04 | 1.54 | Forma oval oblonga a rectangular oblonga | 0.26 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas | 3.84 | Cuenca alargada | 1.49 | Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda) |
| Arroyo Grande | 2909-05 | 2.06 | Forma oval oblonga a rectangular oblonga | 0.15 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas | 6.53 | Cuenca alargada | 1.28 | Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda) |
| Arroyo León | 2909-06 | 1.52 | Forma oval oblonga a rectangular oblonga | 0.29 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas | 3.41 | Cuenca alargada | 1.44 | Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha) |
| Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | 1.34 | Forma oval redonda a oval oblonga | 0.55 | Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas | 1.81 | Cuenca alargada | 5.68 | Cauce principal recargado a una de las |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Nombre | Código | Coeficiente De Compacidad | | Coeficiente De Forma | | Índice De Alargamiento | | índice Asimétrico | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | Clasificación | - | Clasificación | - | Clasif | - | Clasificación |
| | | | | | | | | | vertientes (Derecha) |

## *8.4. Características de Relieve de la Cuenca*

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

### 8.4.1. Pendiente media de la cuenca

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión; mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital de 12.5 x 12.5 metros, empleando el siguiente método.

Para obtener la pendiente media de la cuenca se realiza el siguiente procedimiento:

- Fill (rellenar pixeles vacíos).
- Slope (pendiente en %).
- Interpolation shape (unir MDT con el shape de la cuenca).
- Zonal statistics as table (generar tabla de atributos de la pendiente).

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca, afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes, existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que las drenan. En la Tabla 8.8, se muestra la clasificación de las cuencas según la pendiente.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 8.8. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.**

| Pendiente media (%) | Tipo de relieve |
|---|---|
| 0 - 3 | Plano |
| 3 - 7 | Suave |
| 7 - 12 | Medianamente accidentado |
| 12 -20 | Accidentado |
| 20 - 35 | Fuertemente accidentado |
| 35 - 50 | Muy fuertemente accidentado |
| 50 - 75 | Escarpado |
| >75 | Muy escarpado |

Fuente: Reyes A, Barroso F, Carvajal Y., 2010.

### 8.4.2. Elevación media de la cuenca

Es la variación altitudinal de la cuenca hidrográfica, que incide directamente sobre el clima y por tanto sobre el régimen hidrológico, además de brindar una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas diferentes dentro de la misma cuenca. Una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano y su elevación, es a través de la función hipsométrica.

Esta función o característica se determina a partir de la "curva hipsométrica" de la cuenca. La curva hipsométrica es la representación gráfica de la variación de la elevación de una cuenca, en la cual puede observarse la distribución de las zonas altas, medias y bajas.

La curva hipsométrica representa, entonces, el porcentaje de área acumulada que es igualado o excedido a una determinada cota.

La elevación media de una cuenca puede calcularse como:

$$H_{media} = \frac{\sum Area * Alt.mediai}{\sum Area}$$

### 8.4.3. Resultados y análisis de las características del relieve de la cuenca

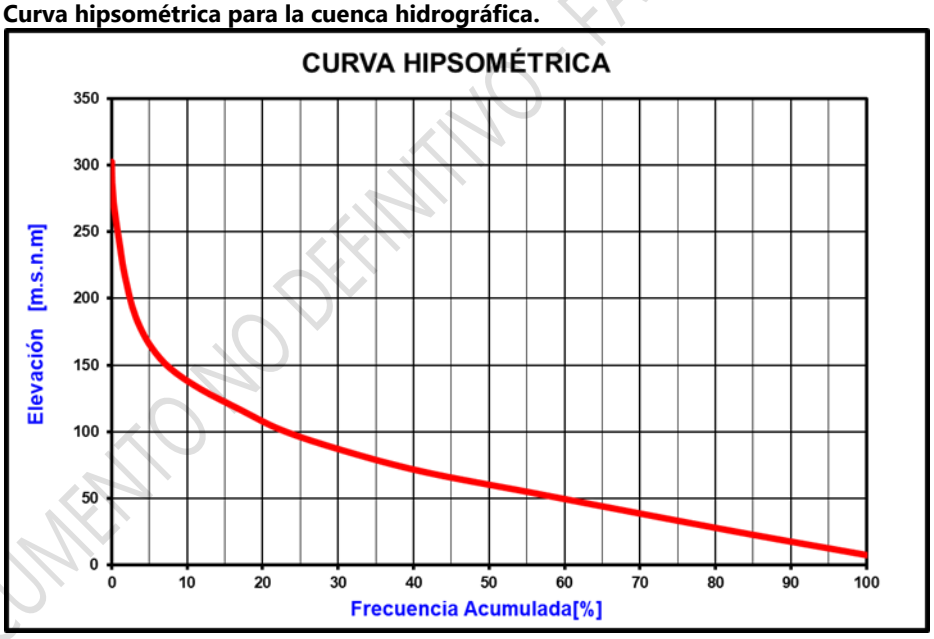
A continuación, se relacionan los resultados de las características del relieve de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I estimados a partir de la información disponible en la cartografía.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 8.9. Resultados de las características del relieve de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I.**

| Nombre | Código | Pendiente Media De La Cuenca | | Elevación Media De La Cuenca |
|---|---|---|---|---|
| - | - | % | - | m.s.n.m. |
| Ciénaga Mallorquín y los arroyos Grande y León | 2909 | 8.43 | Medianamente Accidentado | 63.41 |
| Plano Costero | 2909-01 | 14.33 | Accidente | 11.10 |
| Perdida Cantera | 2909-02 | 11.27 | Medianamente Accidentado | 38.73 |
| Cisne | 2909-03 | 17.37 | Accidente | 52.37 |
| Arroyo Granada | 2909-04 | 13.75 | Accidente | 85.36 |
| Arroyo Grande | 2909-05 | 10.04 | Medianamente Accidentado | 98.97 |
| Arroyo León | 2909-06 | 8.50 | Medianamente Accidentado | 44.75 |
| Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | 9.19 | Medianamente Accidentado | 14.72 |

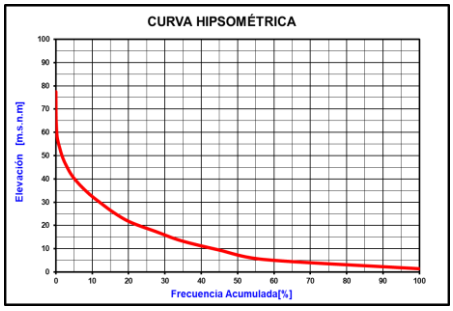
**Figura 8.5. Curva hipsométrica para la cuenca hidrográfica.**



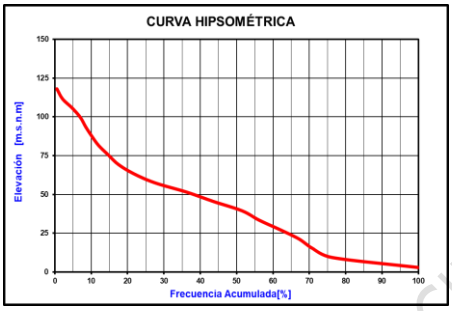

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 8.6. Curva hipsométrica para las unidades hidrográficas de nivel I.**

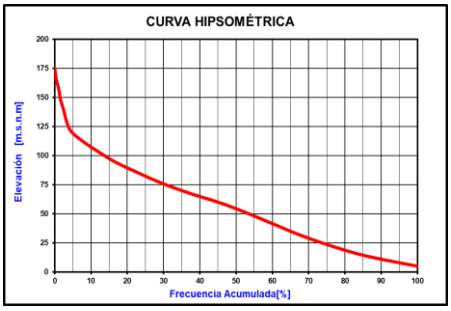
2909-01



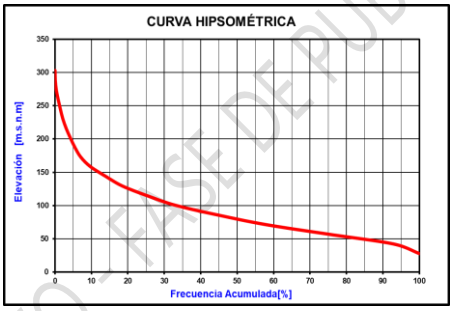

2909-02



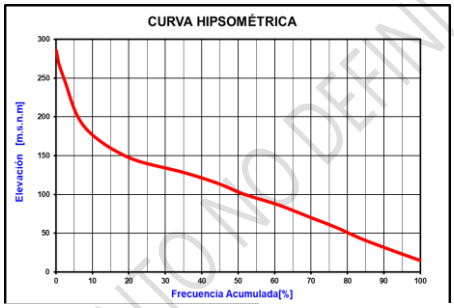

2909-03



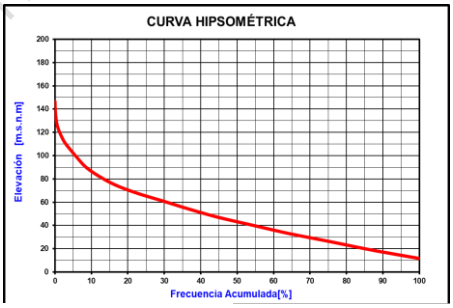

2909-04



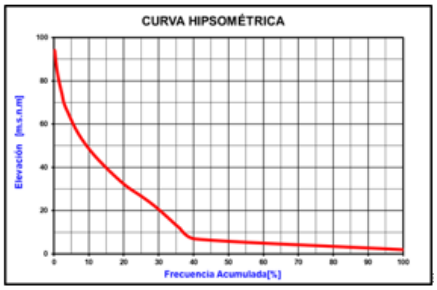

2909-05




2909-06




2909-07¶




DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

## *8.5. Características del Sistema de Drenaje*

### 8.5.1. Longitud del cauce (L) [KM]

Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo.

Generalmente, los caudales medios, máximos y mínimos, crecen con la longitud de los cauces. Según Londoño 2001, esto se debe a la normal relación que existe entre las longitudes de los cauces y las áreas de las cuencas hidrográficas correspondientes, de tal manera que el área crece con la longitud y la superficie de captación.

Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces. Una longitud mayor supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de las mismas, por lo que los tiempos de subida y las duraciones totales de éstas serán evidentemente mayores.

### 8.5.2. Perfil del cauce

El perfil longitudinal de un río es muy característico. La línea que dibuja la quebrada desde su nacimiento hasta el sitio de estudio se representa gráficamente como una curva cuya forma ideal es la de una curva exponencial cóncava hacia arriba, en la cabecera, y a la altura del nivel de base, en la desembocadura.

La profundidad y el ancho del lecho aumentan aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente. Esto es debido a que aguas abajo aumenta el caudal y disminuye la velocidad, por lo que la carga material transportada cambia de gruesa a fina.

### 8.5.3. Pendiente media del cauce

Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo.

$$P_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100$$

Dónde:
$P_m$: Pendiente media.
$H_{max}$: Cota Máxima.
$H_{min}$: Cota Mínima.
$L$: Longitud del Cauce.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO, FASE DE PUBLICIDAD

### 8.5.4. Tiempo de concentración

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, se considera apropiado incluir al menos cinco estimaciones diferentes (Ven Te Chow, Maidment, & Mays, 1994).

Ramser y Kirpich lo definen como el tiempo al pico Tp, (Viessman W., 1977) lo define como el tiempo comprendido entre el final de la precipitación efectiva y el final de la escorrentía superficial directa. Este último valor es el punto de inflexión del hidrograma después del caudal pico. (Témez, 1978) lo define como la diferencia entre el tiempo de finalización del hidrograma de escorrentía superficial directa y el tiempo de finalización de la precipitación efectiva.

En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el tiempo de concentración Tc de las cuencas hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo. A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas en el presente estudio y tomadas de diferentes fuentes (Viessman W., 1977), (Ven Te Chow, Maidment, & Mays, 1994), (Linsley, Kohler, Paulhus, Serra, & Aparicio, 1977), (Viessman & Lewis, 2003) y (Vélez Upegui & Botero Gutiérrez, 2011).

**Fórmula de Kirpich (1940)**

Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{\sqrt{So}}\right)^{0.77}$$

Dónde:
L: Longitud del cauce principal de la cuenca, en metros.
S: Diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).

**Ecuación de Témez**

Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S_0^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO, FASE DE PUBLICIDAD

**Ecuación de SCS – Ranser**
Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$\mathrm{T_c} = 0{,}97 \cdot \left(\frac{L^3}{\mathrm{H}}\right)^{0.385}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

**Ecuación de Chow**
Calcula el tiempo de concentración, Tc, en min, según la ecuación:

$$T_c = 7{,}38 \cdot L^{0{,}64} \cdot \mathrm{S}^{-0{,}32}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).

**Ecuación de U.S. Corps of Engineers**
Calcula el tiempo de concentración, Tc, en min, según la ecuación:

$$T_c = 7{,}56 \cdot L^{0{,}76} \cdot \mathrm{S}^{-0{,}19}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).

**Ecuación de Ventura - Heras**
Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, Tc, en horas, mediante la siguiente fórmula:

$$T_C = 0.30 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.75}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

**Fórmula de California Culvert Practice**

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, Tc, en horas, mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = \left(0.87 \cdot \frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

### 8.5.5. Resultados y análisis de las características del sistema de drenaje

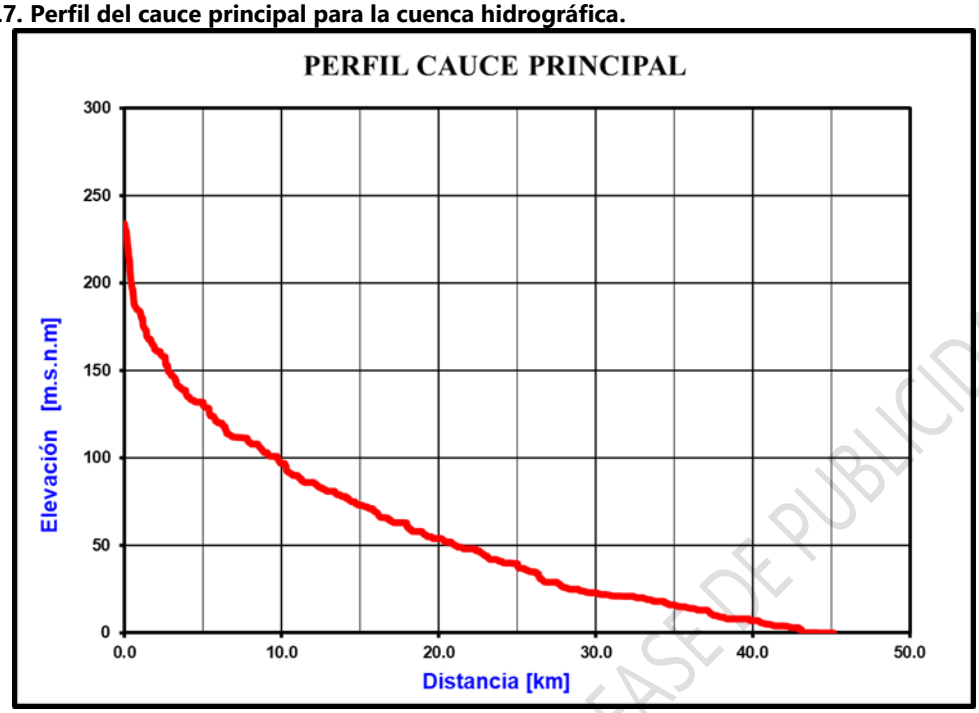
A continuación, se relacionan los resultados obtenidos de las características del sistema de drenaje de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I estimados a partir de la información disponible en la cartografía.

**Tabla 8.10. Resultados de las características del sistema de drenaje de la cuenca y de las unidades hidrográficas de nivel I.**

| Nombre | Codificación | Longitud Del Cauce Principal | Pendiente Media Del Cauce | Método | Tiempo De Concentración - TC |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | TC | |
| - | - | km | % | - | horas |
| Ciénaga Mallorquín y los arroyos Grande y León | 2909 | 45.13 | 0.02 | Chow | 21.01 |
| Plano Costero | 2909-01 | 5.99 | 0.01 | Chow | 8.10 |
| Perdida Cantera | 2909-02 | 1.90 | 0.79 | Kirpich | 0.70 |
| Cisne | 2909-03 | 7.57 | 0.06 | Chow | 4.85 |
| Arroyo Granada | 2909-04 | 27.91 | 0.03 | Chow | 13.90 |
| Arroyo Grande | 2909-05 | 39.12 | 0.02 | Chow | 18.38 |
| Arroyo León | 2909-06 | 23.52 | 0.01 | Chow | 17.02 |
| Ciénaga Mallorquín | 2909-07 | 2.61 | 0.71 | Kirpich | 0.93 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

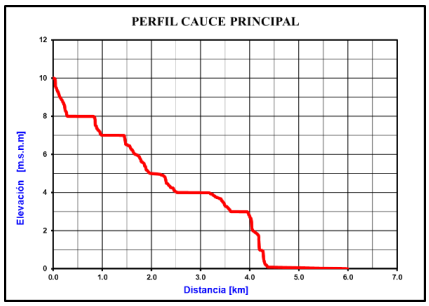
**Figura 8.7. Perfil del cauce principal para la cuenca hidrográfica.**



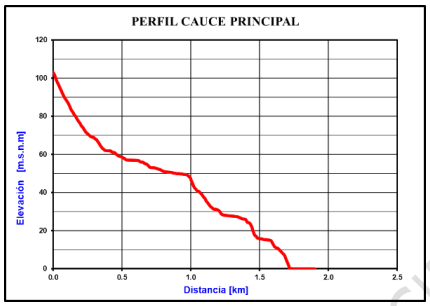

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 8.8. Perfil del cauce principal para las unidades hidrográficas de nivel I.**

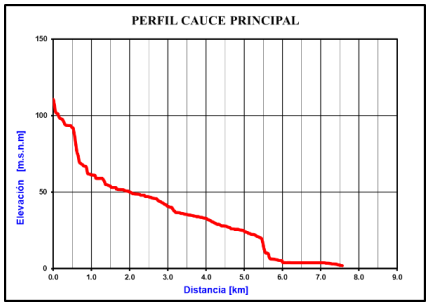
2909-01



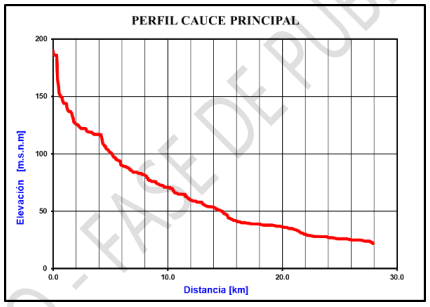

2909-02



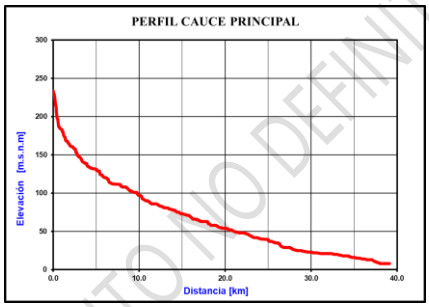

2909-03



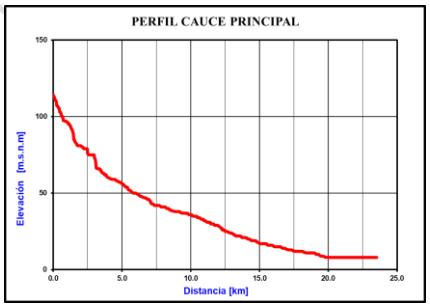

2909-04



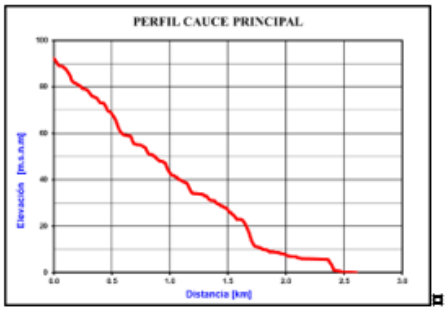

2909-05




2909-06




2909-07¤




DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 9. PENDIENTES

## *9.1. Introducción*

La pendiente de un terreno se relaciona con la morfología y la dinámica de todas las formas del relieve; todas ellas tienen un umbral límite que las clasifica o jerarquiza de acuerdo con su geometría; es decir, la pendiente constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno. La pendiente como atributo de la forma es la derivada de la función de una recta, por lo tanto, es la tangente del cociente de la diferencia de alturas entre dos puntos de una distancia horizontal; esta definición sirve como base para decir de una manera más sencilla que es la inclinación que presenta un terreno.

Esta delimitación de las pendientes es importante para la implementación de acciones dentro de los diferentes instrumentos de planificación del territorio; dentro del POMCA, la pendiente realza su importancia porque ejerce control directo en eventos como por ejemplo controlar la velocidad de la escorrentía superficial, también afecta el tiempo que tarda la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales, que constituyen la red de drenaje de la cuenca; la velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua depende de la pendiente y es directamente proporcional; en el caso específico del componente de capacidad de uso de las tierras define de manera directa aquellas áreas que no pueden tener actividades agropecuarias por la fuerte inclinación del terreno (>75% de inclinación); también define en la cartografía las fases por inclinación de un mismo suelo, lo cual determina algunas clases agrológicas.

## *9.2. Objetivos*

### 9.2.1. General

Realizar la caracterización de las pendientes dentro de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León a partir de un modelo de elevación digital (DEM).

### 9.2.2. Específicos

- Realizar el análisis de las pendientes en porcentaje, de acuerdo con los criterios y categorías establecidas por el IGAC (0-3%, 3-7%, 7-12%, 12-25%, 25-50%, 50- 75%, >75%), y utilizando el modelo digital del terreno elaborado para el POMCA.
- Realizar el análisis de las pendientes en grados, desarrollado con base en el modelo digital de terreno elaborado para el POMCA y de acuerdo con los requerimientos técnicos de la temática de riesgos u otros.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

### *9.3. Generalidades*

El relieve tiene varias características, entre ellas se encuentra la pendiente, la cual está compuesta por la forma, orientación (aspecto) y el gradiente (inclinación); el objeto de este trabajo es identificar este último componente. Resulta importante conocer la pendiente porque, de acuerdo con su inclinación, favorece la estabilidad y potencialidad de los suelos de la cuenca, pues según las propiedades del suelo a una inclinación dada, se produce el momento de la escorrentía y sus efectos erosivos; por consiguiente relieves planos no favorecen la escorrentía del agua, lo cual da posibilidad a mayor tiempo de contacto entre el agua y el suelo, beneficiando la infiltración y disminuyendo la energía cinética del agua que produce la erosividad.

A mayor inclinación del terreno, se presenta mayor concentración de flujos y por consiguiente mayor desestabilización de laderas, etc. En la metodología de la USLE, el valor crítico de la pendiente que activa los procesos erosivos se encuentra en un 9%, por lo que valores superiores de gradiente o inclinación activan los procesos erosivos significativamente. Toda la información cartográfica suministrada será transformada al Origen Único Nacional de Coordenadas para Colombia.

Dentro de este capítulo se analiza la manera de clasificar las pendientes, siguiendo las normas de la clasificación empleada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, que identifica los gradientes que afectan considerablemente la calidad del recurso suelo.

Adicionalmente se estudia la clasificación usada para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 del Servicio Geológico Colombiano, que considera la pendiente como un factor importante en la ocurrencia de movimientos en masa en la medida en que se relaciona directamente con las tensiones de cortes tangenciales y normales en los materiales superficiales, e influye también en la distribución de agua en la ladera (Santacana, 2001), la pendiente es el principal factor geométrico a tener en cuenta en análisis de estabilidad y puede obtenerse como una variable cuantitativa continua que se deriva del DEM. A continuación, se presenta una breve explicación de la clasificación.

El IGAC utiliza una clasificación de las pendientes con siete clases, que representan de forma técnica el impacto que la pendiente puede tener sobre el suelo. En la Tabla 9.1 se muestra las diferentes clases con sus respectivo nombre, símbolo e intervalo en; estos intervalos representan gradualmente la incidencia, que tiene la pendiente sobre el suelo, afectando por consiguiente la productividad del cultivo y su manejo; a medida que vaya aumentando la pendiente será necesario ir incrementando las medidas de manejo o ir disminuyendo la intensidad de uso sobre el suelo.

El Servicio Geológico Colombiano utiliza una clasificación de las pendientes con siete clases, que representan el impacto sobre la ocurrencia de movimientos en masa en la Figura 9.1 se muestran las diferentes clases con su respectiva interpretación e intervalos estos últimos

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

representan la incidencia del grado de inclinación en la pendiente en lo que respecta a susceptibilidad y riesgos por movimientos en masa.

**Tabla 9.1. Clases e intervalos en porcentaje y grados, utilizados por el IGAC para clasificar las pendientes del terreno.**

| Clase | Intervalos | |
|---|---|---|
| | Porcentaje (%) | Nombre |
| a | 0 - 3 | Plano a ligeramente plana |
| b | 3 - 7 | Ligeramente inclinada |
| c | 7 - 12 | Moderadamente inclinada |
| d | 12 - 25 | Fuertemente inclinada |
| e | 25 - 50 | Ligeramente escarpada |
| f | 50 - 75 | Moderadamente escarpada |
| g | >75 | Fuertemente escarpada |

Fuente: IGAC 2021.

**Figura 9.1. Rangos de pendiente utilizados con propósitos de análisis de ingeniería y zonificación de amenazas por movimientos en masa.**

| INCLINACIÓN (°) | PROCESOS CARACTERÍSTICOS Y CONDICIONES DEL TERRENO |
|---|---|
| 0-2 | **Plano a casi plano.** No hay denudación apreciable. |
| 2-4 | **Suavemente inclinado.** Movimientos en masa de baja velocidad y procesos erosivos de diferentes tipos, especialmente bajo condiciones periglaciares (solifluxión) y fluviales (erosión laminar y en surcos). Susceptible a desarrollar procesos erosivos. |
| 4-8 | **Inclinado.** Condiciones similares a las anteriores. Alta susceptibilidad a desarrollar procesos erosivos. |
| 8-16 | **Moderadamente abrupto.** Movimientos en masa de todos los tipos, especialmente solifluxión periglaciar, reptación y ocasionalmente deslizamientos, también erosión de tipo laminar y en surcos. Susceptible a erosión y deslizamientos. |
| 16-35 | **Abrupto.** Procesos denudacionales intensos de diferentes tipos (erosión bajo cubierta forestal, reptación, deslizamientos). Alta propensión al desarrollo de procesos erosivos. |
| 35-55 | **Muy abrupto.** Afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, depósitos granulares caóticos de poco espesor. |
| > 55 | **Extremadamente abrupto.** Afloramientos rocosos. Procesos denudacionales muy fuertes, especialmente "denudación de escarpe"; susceptible a rodamiento de rocas. |

Fuente: tomado de van Zuidam (1986).

Fuente: Guía Metodológica para La Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1: 25.000 – 2017.

## *9.4. Metodología*

Existen varios procesos metodológicos para la construcción del mapa de pendientes, estos pueden ir desde la fotointerpretación estereoscópica, pasando por el uso de solo curvas de

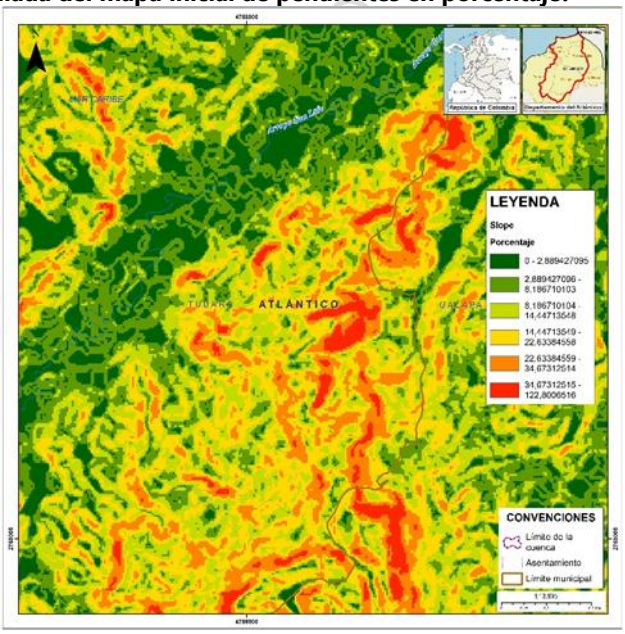
nivel en la base cartográfica hasta el uso de radar, cada uno de ellos brinda una aproximación a la realidad del terreno que va incrementando con las nuevas tecnologías. En este ejercicio se partió del ALOS PALSAR DEM de 12.5 metros, ajustado con las curvas de nivel de la cartografía básica del proyecto, con un buffer aproximado de 1.000 metros y utilizando el programa ArcGIS 10.8, extensión Spatial Analyst Tools, Geomorphometry & Gradient Metrics, Data Management Tools, se procedió a seguir el Geo proceso Pendiente del terreno.

Para producir la capa de pendientes del terreno, se tuvo en cuenta el buffer del DEM de aproximadamente 1000 metros más allá del límite de la cuenca, lo cual garantiza la continuidad de dichas áreas de pendiente; una vez generados los polígonos con sus áreas mínimas, se corta la capa con el límite de la cuenca, conservando los polígonos que coincidan con un área mínima cartografiable de 1 ha para escala 1:25.000.

A continuación, se presenta una muestra del proceso seguido para la generación de la capa de pendientes en formato vector (polígonos):

- A partir del modelo digital de elevación DEM de la Cuenca y mediante la herramienta Geoprocessing Slope del grupo Surface de la extensión Spatial Analyst Tools de ArcMap, se genera el mapa de pendientes en porcentaje. Ver Figura 9.2.

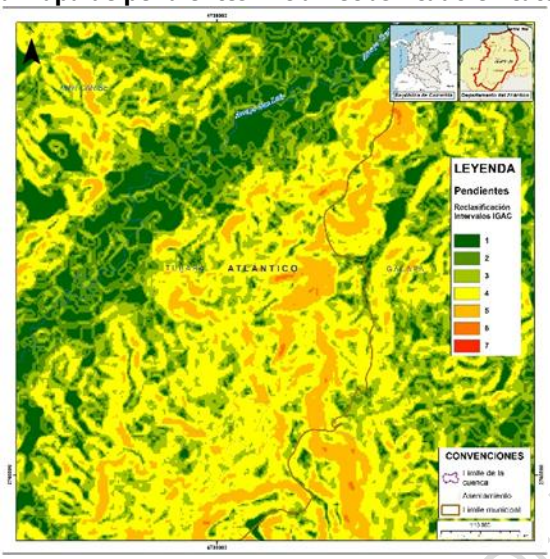
**Figura 9.2. Ventana ampliada del mapa inicial de pendientes en porcentaje.**




- Usando la extensión Spatial Analyst Tools, grupo Reclass y aplicando la herramienta Geoprocessing Reclassify, se reclasifica el valor de pixeles de acuerdo con los intervalos IGAC. Ver Figura 9.3.

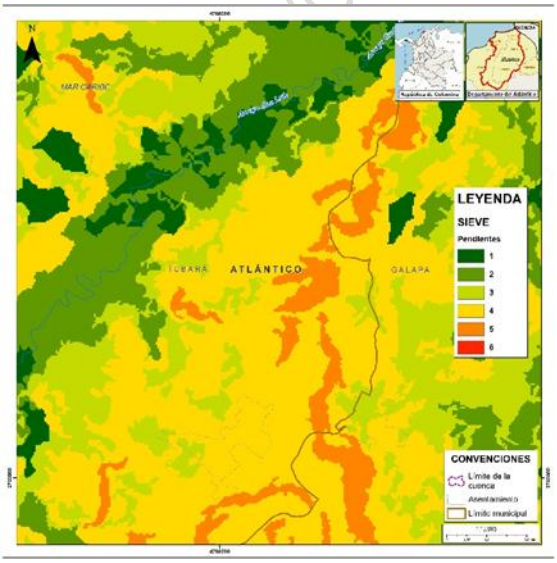
DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 9.3. Ventana ampliada mapa de pendientes inicial reclasificado en categorías IGAC.**




- Mediante la extensión Geomorphometry & Gradient Metrics, se aplica algoritmo de generalización sieve (asigna valor de 160), esto permite establecer una unidad de mapeo mínima que para este caso es de 1 ha. Ver Figura 9.4.

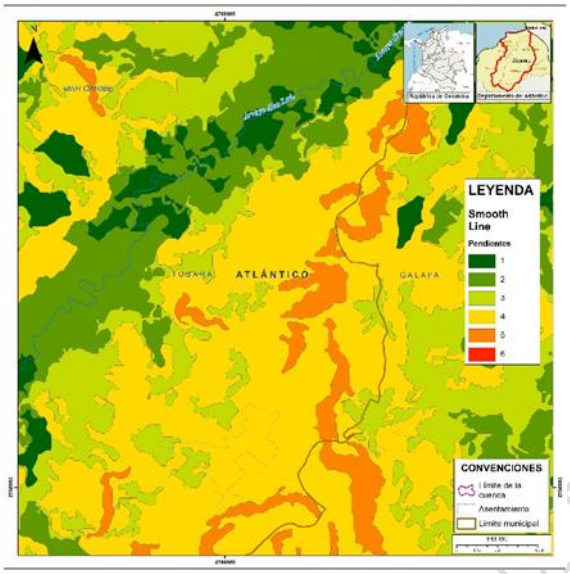
**Figura 9.4. Ventana ampliada resultado del SIEVE.**




- La capa Ráster resultante de los pasos anteriores es convertida a polígono y luego a línea y se aplica smooth line con valores de tolerancia de 40. Ver Figura 9.5.

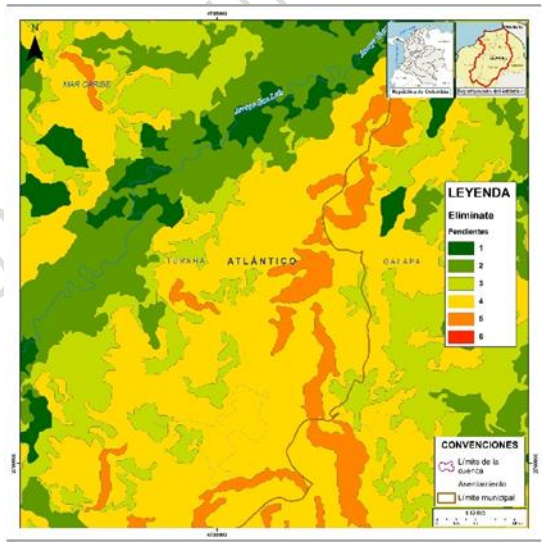
DOCUMENTO DE TRABAJO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 9.5. Ventana ampliada resultado del smooth line.**




- Por último, se revisa que los polígonos resultantes coincidan con el área mínima cartografiable (1 ha) aquello que no cumplan se les aplica la herramienta Eliminate iniciando por aquellos menores a 1.000 metros cuadrados y al final se realiza la depuración manual a criterio del experto que realizo el ejercicio. Ver Figura 9.6.

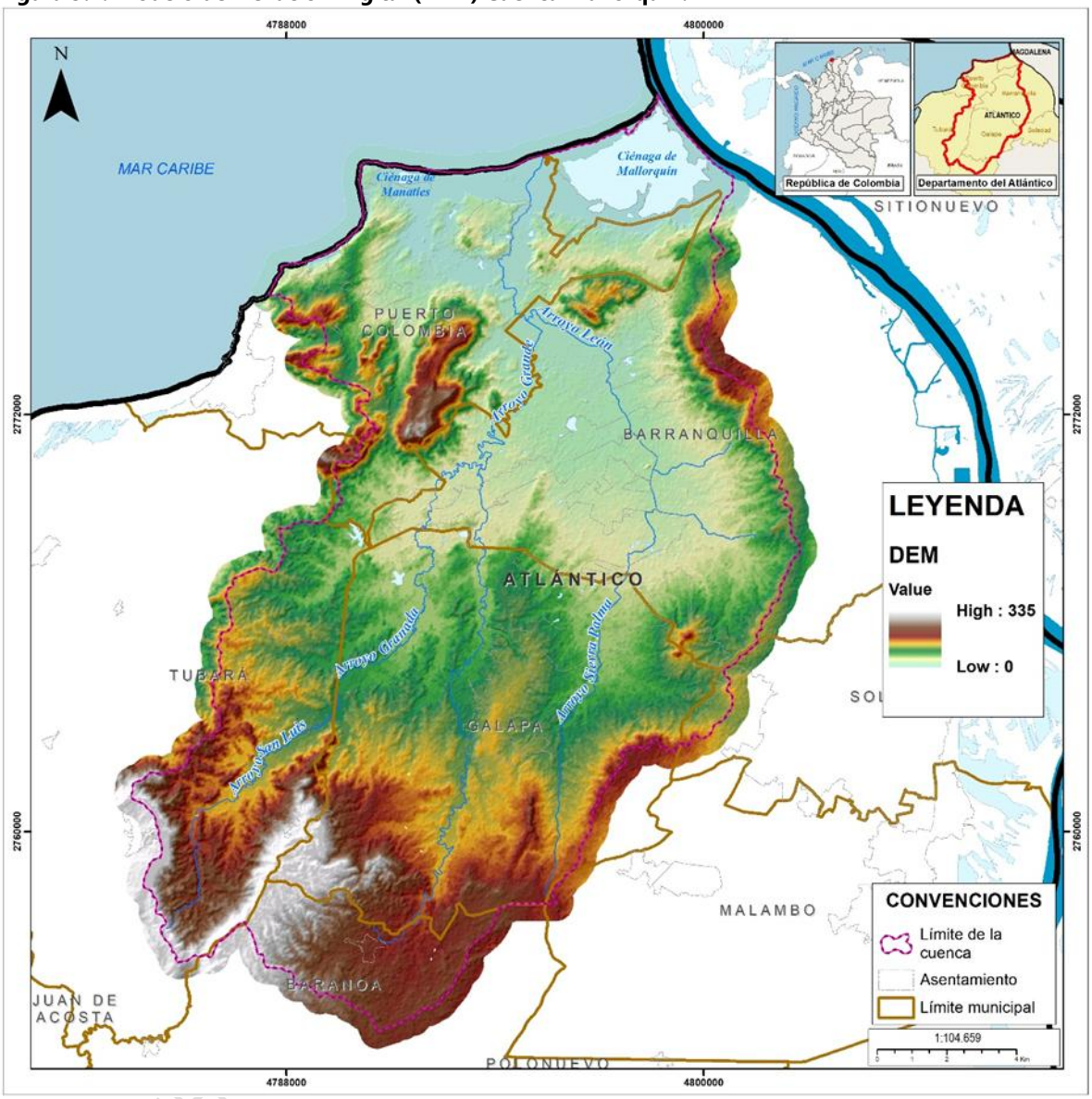
**Figura 9.6. Ventana ampliada resultado del Eliminate.**




La capa de pendientes (Ráster) y clasificada en grados de acuerdo con la metodología del Servicio Geológico Colombiano, fue generada a partir de DEM (Figura 9.7) usando el programa ArcGIS 10.8 y la extensión Spatial Analyst Tools – Surface (algoritmo Slope) (Figura 9.8) y posteriormente se reclasifico en los intervalos del Servicio Geológico Colombiano (Figura 9.9); el resultado final se convierte en insumo para los procesamientos espaciales del componente de Riesgos.

DOCUMENTO PRELIMINAR_FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 9.7. Modelo de Elevación Digital (DEM) Cuenca Mallorquín.**




DOCUMENTO

**Figura 9.8. Ventana ampliada pendientes del terreno en grados.**

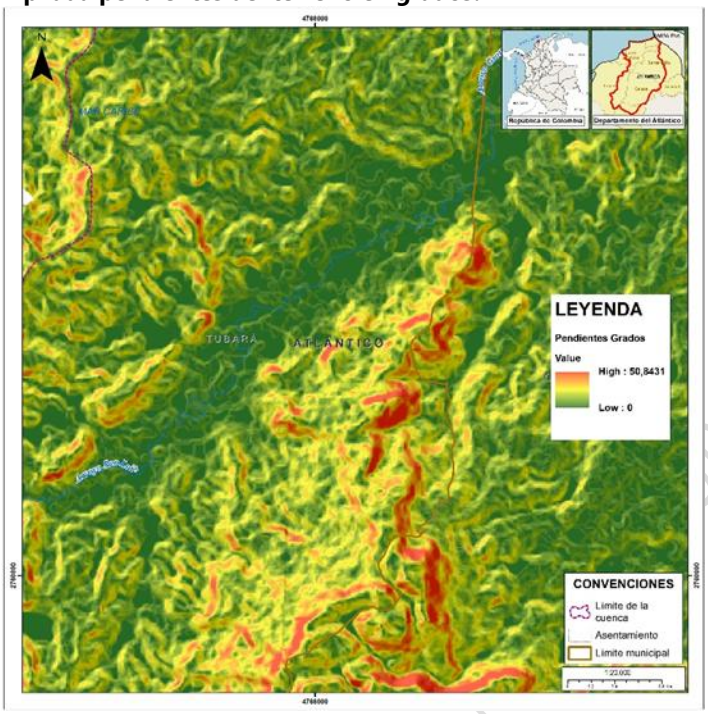
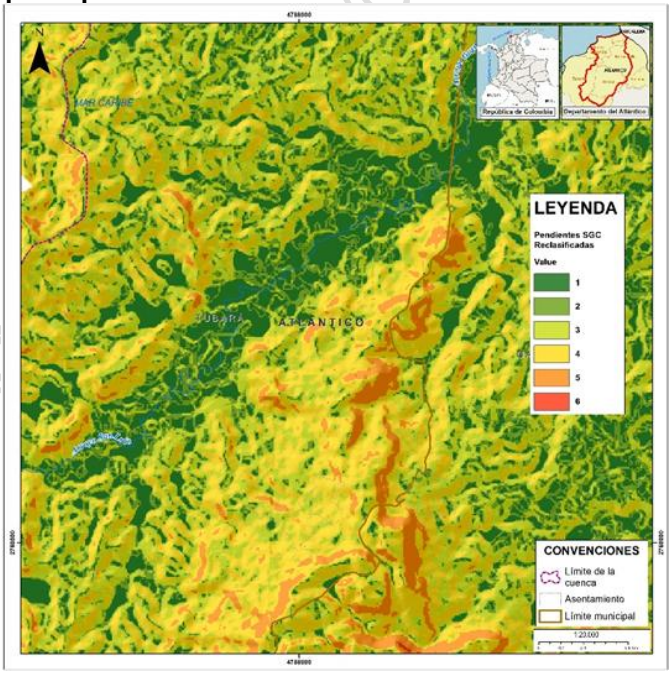



**Figura 9.9. Ventana ampliada pendientes del terreno reclasificadas intervalos SGC.**




En general, la capa de pendientes del terreno clasificación IGAC tiene un total de 1.235 polígonos que están distribuidos como se observa en la Tabla 9.2, en la cuenca están presentes 6 tipos de pendiente, dominando las clases, ligeramente inclinada (intervalo 3 a 7% y símbolo b) con el 41%, moderadamente inclinada (intervalo 7 a 12% y símbolo c) con

DOCUMENTO - PUBLICIDAD

el 25%, fuertemente inclinada (intervalo 12 a 25% y símbolo d) con el 16%, plana (intervalo 0 a 3% y símbolo a) con él 15%. Mientras que las clases de menor representación son ligeramente escarpadas (intervalo 25 a 50% y símbolo e) con el 2% y moderadamente escarpada (intervalos 50 a 75% y símbolo f) con él 0,02%.

**Tabla 9.2. Resultados de las clases por pendiente y su correspondiente área en hectáreas y porcentaje IGAC.**

| Clase | Intervalo % | Polígonos | Área | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Ha | % |
| a | 0 - 3 | 329 | 4.541,03 | 15% |
| b | 3 - 7 | 311 | 12.218,25 | 41% |
| c | 7 - 12 | 398 | 7.484,38 | 25% |
| d | 12 - 25 | 152 | 4.708,28 | 16% |
| e | 25 - 50 | 44 | 571,06 | 2% |
| f | 50 - 75 | 1 | 4,60 | 0,02% |
| Total | | 1.235 | 29.527,62 | 100% |

Como se puede apreciar de los resultados obtenidos del mapa de pendientes, la cuenca presenta un 18% de su territorio con pendiente superiores a 12% (pendientes d, e, f) y 82% de su área con pendiente inferiores a 12% (pendientes a, b, c), esto da una primera entrada a lo que puede ser la capacidad de uso de las tierras que se verá afectada por las pendientes planas a moderadamente inclinadas (inferiores al 12%) que tienen aptitud para cultivos transitorios semi-permanentes y sistema agroforestal.

Como se puede apreciar de la anterior distribución, y entendiendo que la pendiente es un factor de decisión de gran influencia para determinar los usos del suelo (pero no la única), se puede decir que la vocación dominante de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León está enmarcada en las grandes potencialidades para las actividades de conservación de la naturaleza, de protección de los recursos naturales, sistemas forestales protectores y productores, sistemas agroforestales, silvopastoriles, silvícolas, llegando a convertirse la cuenca en una gran suministradora de agua y santuario de protección del medio ambiente.

Las pendientes en grados de acuerdo con los intervalos del Servicio Geológico Colombiano ver la Tabla 9.3 las pendientes que dominan son casi plana (0º-2º) con 31%, seguida por inclinado (4º-8º) con 29%, suavemente inclinada (2º-4º) con 26%, en cuarto lugar, moderadamente abrupta (8º-16º) con 12% y con menor representación en la cuenca abrupto (16º-35º) con 2% y en último lugar muy abrupto (35º-55º) con 0.003%.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO, FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 9.3. Resultados de las clases por pendiente y su correspondiente área en hectáreas y porcentaje Servicio Geológico Colombiano.**

| Inclinación (º grados) | Pendiente | Pixeles* | Área** | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Ha | % |
| 0-2 | Plano a casi plano | 705.604 | 9.220,39 | 31% |
| 2-4 | Suavemente inclinado | 547.910 | 7.742,04 | 26% |
| 4-8 | Inclinado | 607.552 | 8.468,75 | 29% |
| 8-16 | Moderadamente abrupto | 276.325 | 3.583,20 | 12% |
| 16-35 | Abrupto | 41.870 | 512,33 | 2% |
| 35-55 | Muy abrupto | 97 | 0,91 | 0,003% |
| Total | | 2.179.358 | 29.527,62 | 100% |

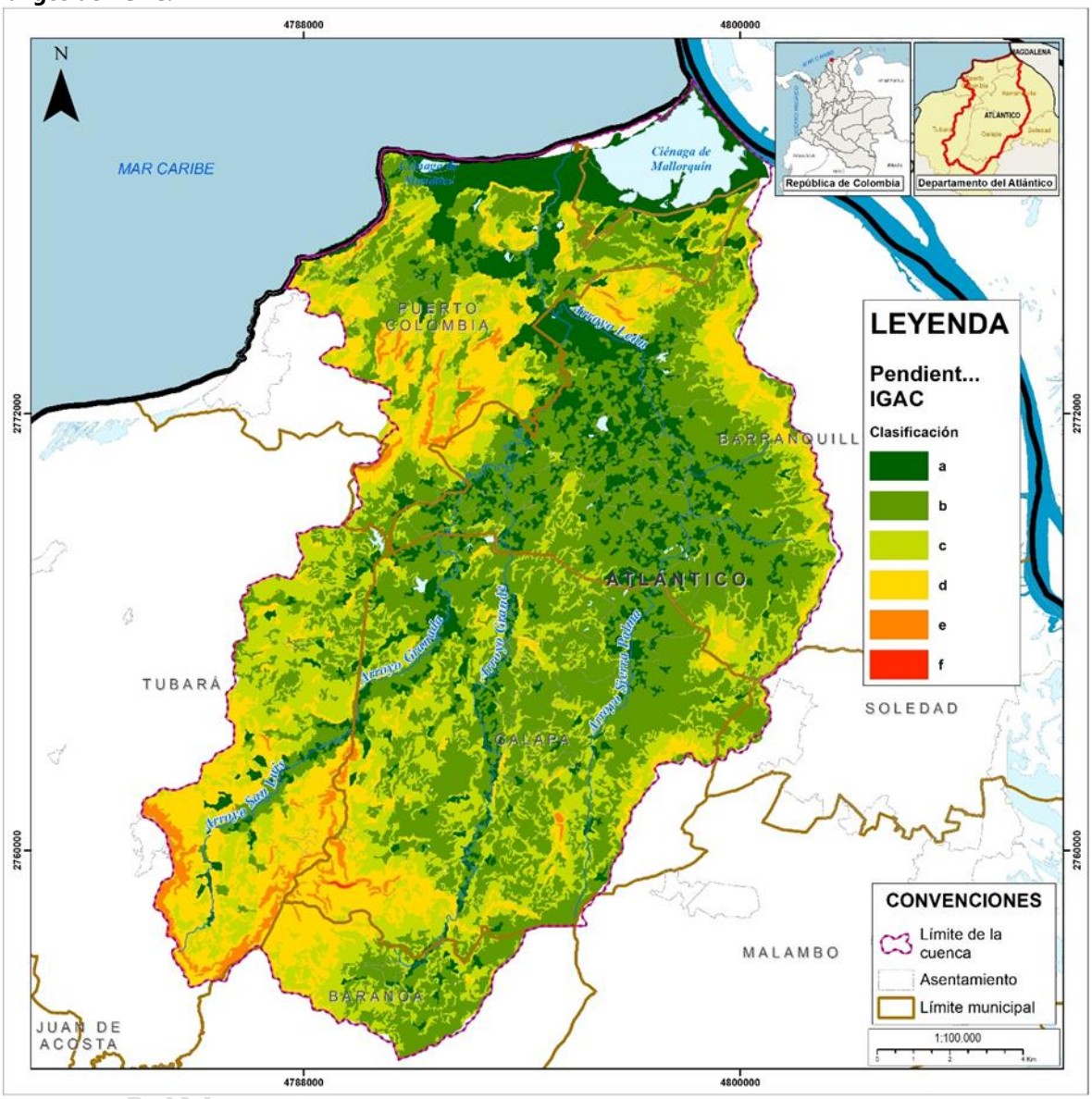
** Para hallar del área en hectáreas (ha) se realizó un *Zonal Geometry as Table* en el ráster de pendientes.

La representación cartográfica de pendientes en porcentaje rangos (IGAC) y grados (Servicio Geológico Colombiano) para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León se puede apreciar en la Figura 9.10 y Figura 9.11, respectivamente.

El Shape de pendientes en porcentaje IGAC, se encuentra en la GDB temática del POMCA Dataset _12_GEOMORFOLOGIA, capa Pendiente, y El Raster de pendientes en grados Servicio Geológico Colombiano se encuentra en la GDB Raster del POMCA.

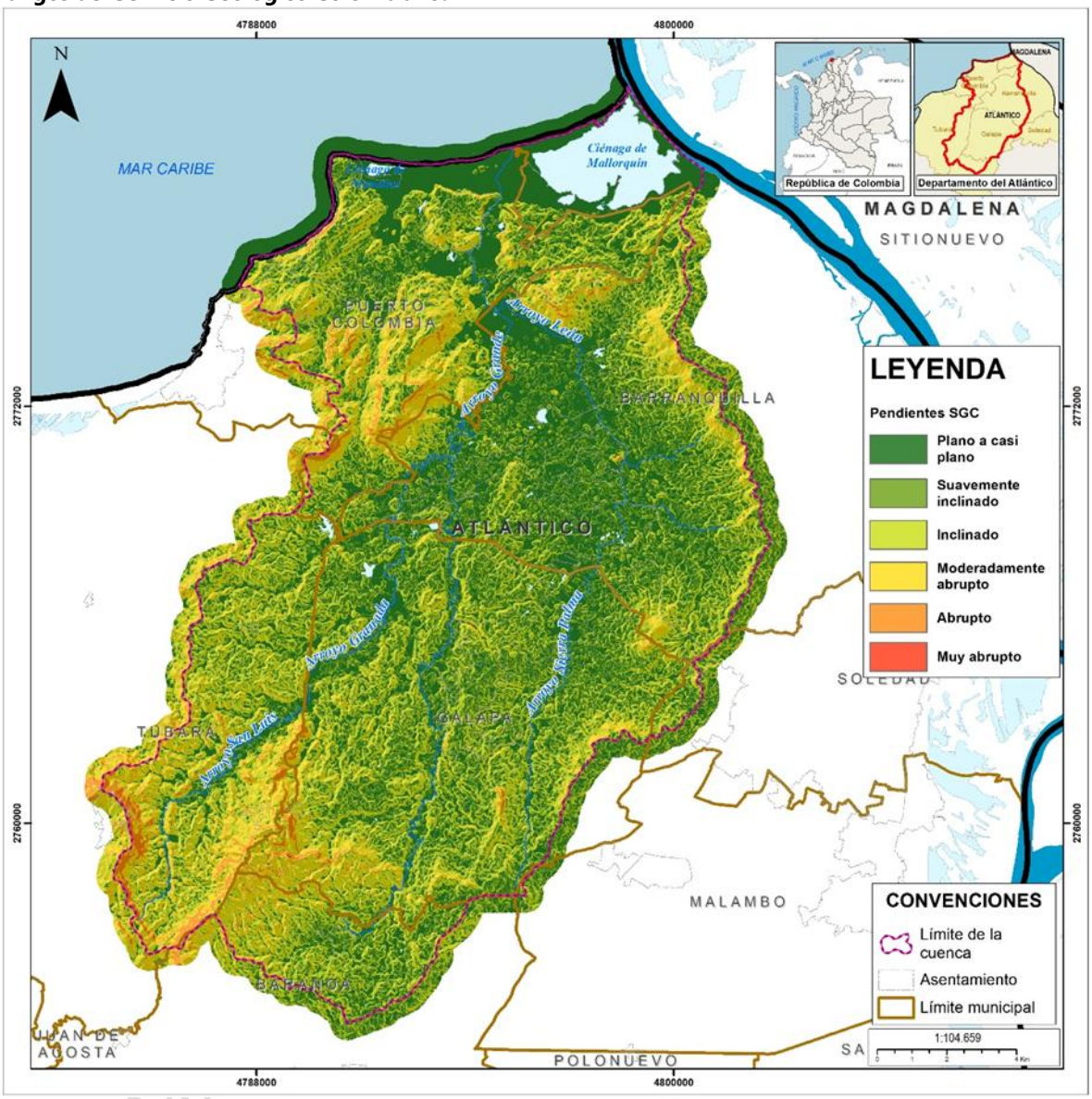
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 9.10. Mapa de pendientes cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, según rangos del IGAC.**




DOCUM

**Figura 9.11. Mapa de pendientes cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, según rangos del Servicio Geológico Colombiano.**




DOCUM

# 10. CALIDAD DE AGUA Y GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

## *10.1. Redes de Monitoreo Existentes en la Cuenca*

### 10.1.1. Estudio regional de aguas 2023

La Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) en convenio con el Instituto de Ambiente de Estocolmo SEI, realizó la Evaluación Regional del Agua (Res. 328 del 25 de abril de 2023), la cual tuvo por objeto la caracterización de la red hídrica en el departamento, evaluando mediante indicadores la condición actual y tendencia de estos cuerpos de agua de acuerdo con la metodología IDEAM. Para ello SEI empleó la herramienta WEAP (*Water Evaluation and Planning*), a través de la cual se realizó la recolección de información de oferta, demanda, calidad y vulnerabilidad del recurso hídrico del departamento, a fin de lograr identificar las posibles tendencias permitiendo a la corporación gestionar y tomas decisiones de forma asertiva. De las 32 estaciones de calidad de agua identificadas para el estudio, se identificaron tres en jurisdicción de la cuenca objeto de ordenación, como se relacionan a continuación:

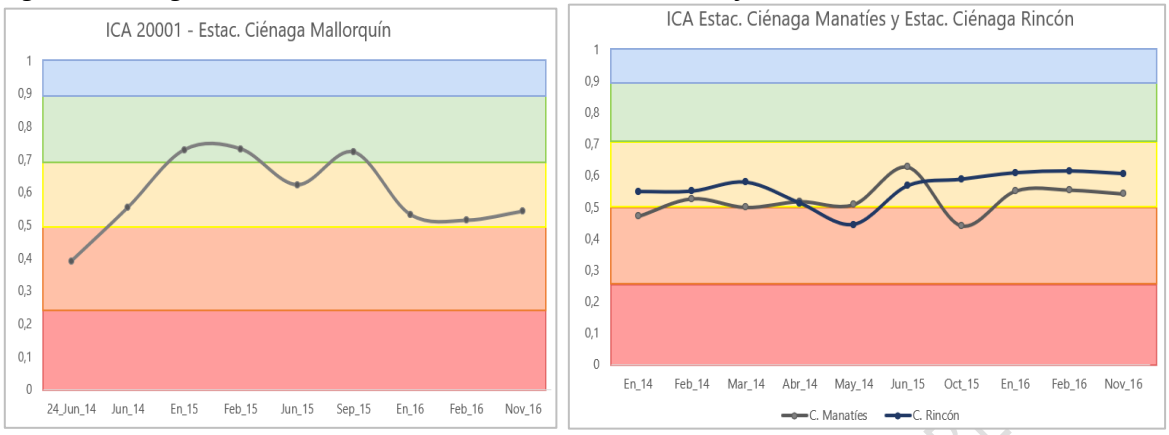
**Tabla 10.1. Estaciones de monitoreo calidad de agua ERA 2023 en la cuenca.**

| Código | Nombre de la estación | Latitud | Longitud | Altura |
|---|---|---|---|---|
| 20001 | Ciénaga de Mallorquín P1 | 11053548 | -74839589 | 0 |
| 20021 | Ciénaga Los Manatíes [P1] | 11041755 | -74908734 | 38 |
| 20026 | Ciénaga El Rincón P1 | 11018344 | -74892901 | 2 |

De acuerdo con información recopilada por las estaciones, aquellas en jurisdicción de la cuenca cuentan con información entre el año 2014 y 2016, sin embargo, no existe uniformidad en los tiempos de toma de muestra a excepción de junio del año 2015 y (enero, febrero y noviembre de 2016). A partir de la información de estos monitoreos y el promedio en los meses donde se contó con más de una evaluación (con homogeneidad de datos), se realizó la interpretación y análisis de la información. El cálculo del indicador se realizó a partir de cinco parámetros, arrojando los siguientes resultados:

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.1. Registro ICA 2014 – 2016 – ERA 2023 - Estaciones en jurisdicción de la cuenca.**

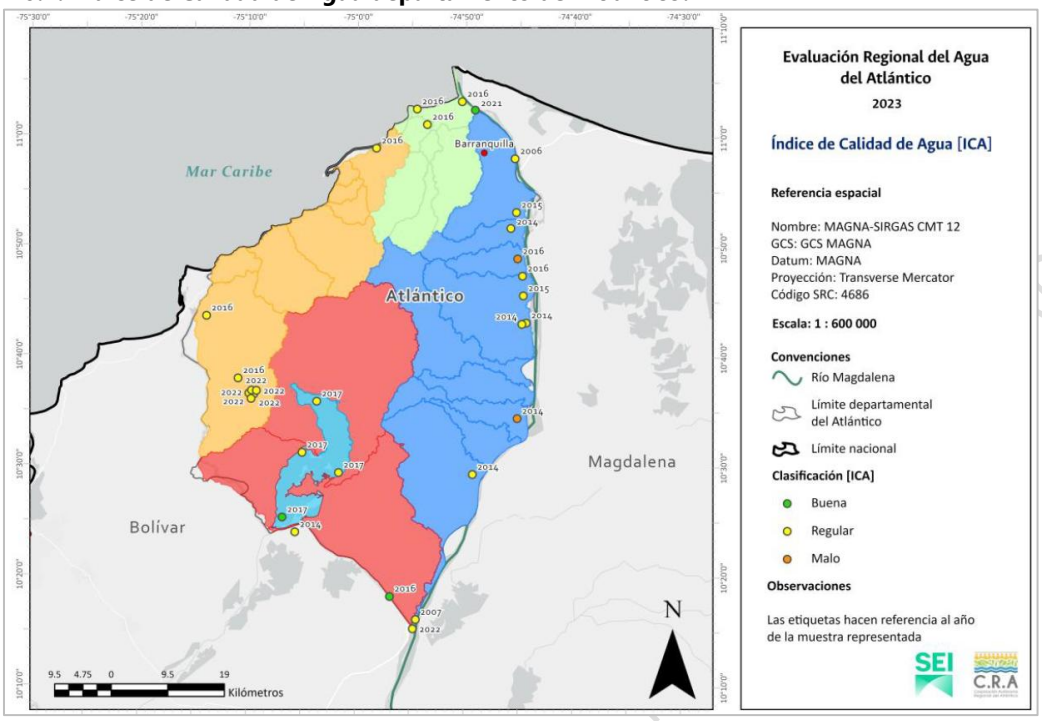



La estación Ciénaga de Mallorquín (Cl6 Plano Costero), registra un ICA con una dinámica que oscila principalmente en la categoría "***Regular***", su condición más crítica dentro de los monitoreos evaluados en la ERA, data para el día 24 de junio de 2014 donde el ICA se posicionó en la categoría "***Mala***", evidenciando condiciones críticas para el cuerpo de agua, los registros con mejor calidad se identifican en el año 2015 (meses de enero, febrero y septiembre); sin embargo durante todo el año 2016 se registró la caída del indicador manteniéndose de forma constante en la categoría "Regular" a corte noviembre 2016; lo anterior evidencia el deterioro de las condiciones de la ciénaga, la cual se origina principalmente por la carga contaminante de la cual es objeto.

Las estaciones Ciénaga de Manatíes y Ciénaga del Rincón (Lago El Cisne), evidencian entre el año 2014 y 2015 una oscila en el índice de calidad de agua en las categorías de "Mala" y "Regular"; a partir del año 2016 el índice mantiene un comportamiento homogéneo en la categoría de "Regular". Ciénaga de Manatíes y su acelerado estado de degradación (alteración del flujo de agua dulce, hipersalinización, contaminación por vertimientos y residuos, relleno, muerte y tala de mangle entre otras causas) ha generado una alta fragilidad del ecosistema, teniendo su punto más crítico de calidad de agua en octubre del año 2015.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBL

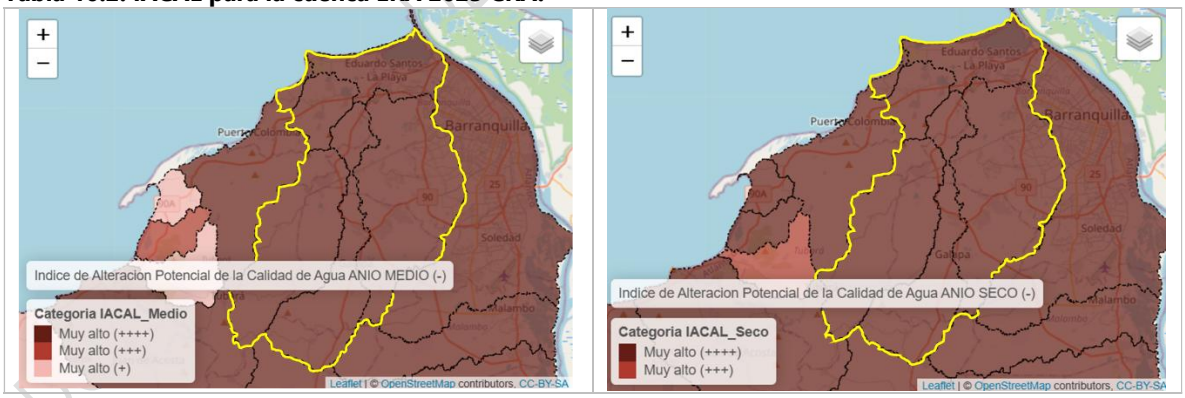
**Figura 10.2. Índice de Calidad de Agua departamento del Atlántico.**




Fuente: CRA,2023

Con base en el compilatorio de la corporación y el respectivo análisis multitemporal, el índice de calidad de agua para las estaciones en jurisdicción de la cuenca, arrojan principalmente una categoría "***Regular***".

**Tabla 10.2. IACAL para la cuenca ERA 2023 CRA.**




Fuente: CRA,2023

Así mismo la ERA permite identificar a través del Indicador de Alteración Potencial a la Calidad del Agua (IACAL) la carga contaminante a la cual son susceptibles los cuerpos de agua, asociada principalmente a las actividades antrópicas. Para el caso de la cuenca, tanto para año medio como año seco se tiene un alto potencial de contaminación, debido a la baja oferta hídrica superficial versus las cargas contaminantes que los cuerpos de agua reciben (CRA, 2023), impidiendo la autodepuración y generando graves impactos al

ecosistema acuático. De acuerdo a la ERA, la subcuenca CI6 que corresponde al plano costero (Subzona Ciénaga de Mallorquín), es la de estado más crítico en el departamento para todos los indicadores analizados en el estudio durante las ventanas de tiempo del estudio.

### 10.1.2. Estudio de caracterización de agua superficial – CRA

Este estudio hace parte de una serie de monitoreos liderados por la autoridad ambiental en los últimos años, donde se busca evaluar la calidad de agua de 53 puntos en cuerpos de agua en jurisdicción del departamento para identificar los programas de control y seguimiento ambiental. Este estudio se llevó a cabo durante los meses de Julio y Agosto de 2023 y para el área de jurisdicción de la Cuenca del presente POMCA, se identificaron siete puntos de monitoreo para la Ciénaga de Mallorquín, seis para la Ciénaga del Rincón (Lago Cisne) y un punto para la Ciénaga de Manatíes. En el informe no se identificaron puntos de monitoreo sobre las subcuencas de Arroyo San Luis, Arroyo Grande ni Arroyo León:

**Tabla 10.3. Puntos de monitoreo en la cuenca – estudio de caracterización 2023.**

| Punto de monitoreo | ID | Coordenadas planas | | Cota | ICA |
|---|---|---|---|---|---|
| Ciénaga de Mallorquín P1 | 206173 | 2779181,443 N | 4795983,990 E | 3 | Regular |
| Ciénaga de Mallorquín P2 | 206174 | 2779863,232 N | 4797737,934 E | 0 | Regular |
| Ciénaga de Mallorquín P3 | 206175 | 2779060,583 N | 4798170,798 E | 0 | Regular |
| Ciénaga de Mallorquín P4 | 206176 | 2778434,726 N | 4796949,194 E | 0 | Regular |
| Ciénaga de Mallorquín P5 | 206177 | 2778116,464 N | 4798646,621 E | 0 | Regular |
| Ciénaga de Mallorquín P6 | 206178 | 2778887,494 N | 4799701,289 E | 0 | Regular |
| Ciénaga de Mallorquín P7 | 206179 | 2780492,340 N | 4798775,973 E | 0 | Aceptable |
| Ciénaga del Rincón P1 | 206180 | 4793570,341 E | 2775956,638 N | 8 | Regular |
| Ciénaga del Rincón P2 | 206181 | 4793338,830 E | 2775783,371 N | 8 | Regular |
| Ciénaga del Rincón P3 | 206182 | 4792947,153 E | 2776025,488 N | 8 | Regular |
| Ciénaga del Rincón P4 | 206183 | 4793219,374 E | 2776320,780 N | 8 | Regular |
| Ciénaga del Rincón P5 | 206184 | 4793230,407 E | 2776053,446 N | 5 | Regular |
| Ciénaga del Rincón P6 | 206185 | 4794150,511 E | 2776430,718 N | 9 | Regular |
| Ciénaga de Manatíes P1 | 206186 | 2778726,627 N | 4791584,376 E | 4 | Malo |

De la totalidad de puntos de monitoreo que entraban en jurisdicción de la cuenca objeto de ordenación, se evidencia que para el periodo evaluado en el estudio el 86% de las estaciones se encuentran en ICA categoría regular, de manera particular se identificó ICA aceptable en el punto de monitoreo 7 de la Ciénaga de Mallorquín localizado en la zona que colinda con el río Magdalena. La Ciénaga de Manatíes en el monitoreo se identificó como el cuerpo de agua con mayor criticidad con ICA en categoría "Mala", dando cuenta del nivel de degradación del cual es objeto la Ciénaga por las múltiples fuentes de contaminación y alteración de su conexión de agua dulce que está acelerando en proceso de salinización y capacidad de autodepuración.

Teniendo en cuenta las particularidades de cada uno de los cuerpos de agua, la autoridad ambiental desarrolló índices específicos que buscan ajustar la medición a las condiciones de cada uno de estos cuerpos de agua, es así que dentro del informe analizado se evidenció la

DOCUMENTO NO TIENE VALOR FASE DE FIRMEZA

espacialización de calidad ambiental de cada uno de ellos, reflejando puntos críticos que pueden condicionar el estado y calidad del cuerpo. En el informe se constata solamente el análisis para la Ciénaga de Mallorquín y para la Ciénaga del Rincón, omitiendo la Ciénaga de Manatíes. Los resultados obtenidos para los dos cuerpos de agua anteriormente mencionados señalan categorías entre Regular y Mala, las cuales se describen a continuación.

**Tabla 10.4. Categoría de grado de calidad.**

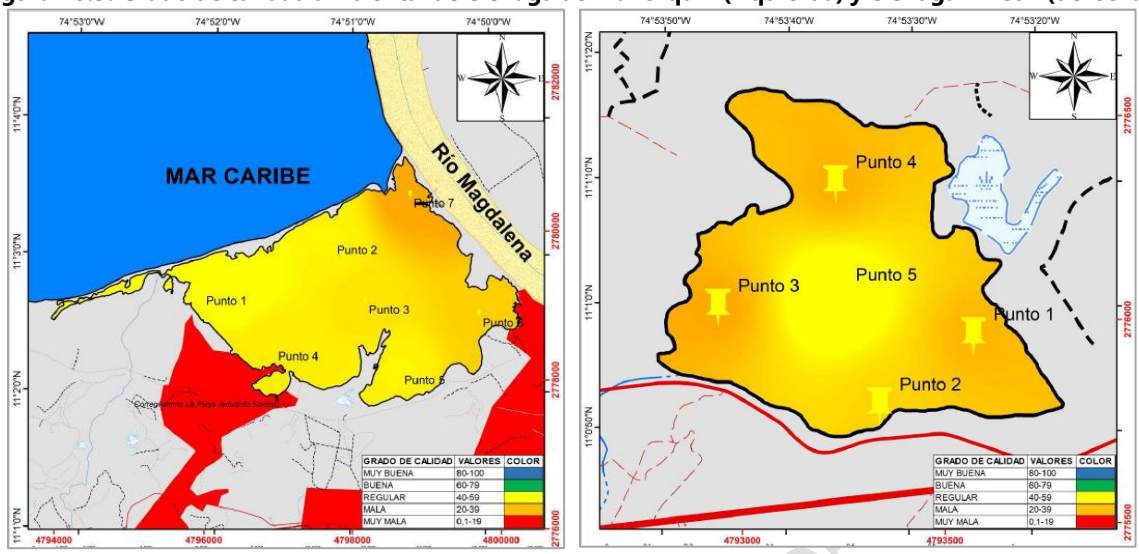
| Grado de calidad | Escala |
|---|---|
| Indica que las condiciones son parcialmente favorables para la sobrevivencia de los organismos. Puede que algunas variables excedan los límites de calidad o se encuentren en el límite de efectos crónicos adversos | **Regular** |
| Indica que la contaminación es evidente, una parte significativa de las variables muestran valores por encima del límite de calidad o están cerca de concentraciones con efectos agudos para la biota acuática | **Mala** |

Se realizó, además, la medición de ICA para cuerpos costeros que en el caso de la Ciénaga de Mallorquín el 71% de los puntos de monitoreo evidenciaron calidad "Regular" que de acuerdo a la escala de valoración, demuestra condiciones parcialmente favorables; sin embargo los puntos P6 (cerca de pueblo palafitos – Barrio Las Flores) y P7 (conexión con río Magdalena), indican categoría "Mala", lo cual podría deberse en parte a la carga contaminante que trae consigo el río Magdalena y el impacto que genera los vertimientos y contaminación proveniente de los asentamientos informales en el sector de las Flores. De acuerdo al estudio estos puntos principalmente deben su calificación a la condición de los sedimentos.

Respecto a la Ciénaga del Rincón (Lago Cisne) el 50% de los puntos presentan grado de calidad "Malos" y 50% "Regular", condicionados principalmente por el registro cero de variedad de macroinvertebrados en las condiciones del sedimento y a la cantidad de materia orgánica presente en el cuerpo de agua. Lo anterior evidencia el panorama desfavorable para este cuerpo de agua durante el estudio realizado.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 10.3. Grado de calidad ambiental de Ciénaga de Mallorquín (izquierda) y Ciénaga Rincón (derecha).**




Fuente: CRA 2023

### 10.1.3. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM) – INVEMAR

REDCAM (Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia), fue creada en el 2001 con el objeto: *vigilar la calidad ambiental de los ecosistemas marinos y costeros del Caribe y Pacífico colombianos, y hacer seguimiento a las actividades y fuentes de contaminación que los afectan (INVEMAR).*

Esta red operada por INVEMAR evalúa el Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM), en la cual se integran ocho variables tanto para el cálculo en aguas estuarinas como en agua marina, de las cuales oxígeno disuelto, pH, Nitratos, Ortofosfatos, Sólidos Suspendidos Totales, Carbono Orgánico Total y Coliformes Termotolerantes son comunes a los dos tipos de agua. La octava variable que diferencia el índice para el caso del agua marina son los Hidrocarburos del petróleo Disueltos y Dispersos equivalentes de Criseno y Clorofila a para aguas estuarinas.

En el área de jurisdicción de la cuenca, se evidencian de manera fija tres estaciones que buscan evaluar la calidad de la Ciénaga de Mallorquín, el sector de Punta Roca y el sector de Puerto Salgar (Puerto Colombia), en algunas ocasiones, se ha evidenciado la caracterización de Arroyo León y puntos adicionales de monitoreo en la Ciénaga. No obstante, teniendo en cuenta la uniformidad de los datos disponibles en el dossier documental publicado por la entidad, se tendrán en cuenta las siguientes estaciones para efectos del presente análisis:

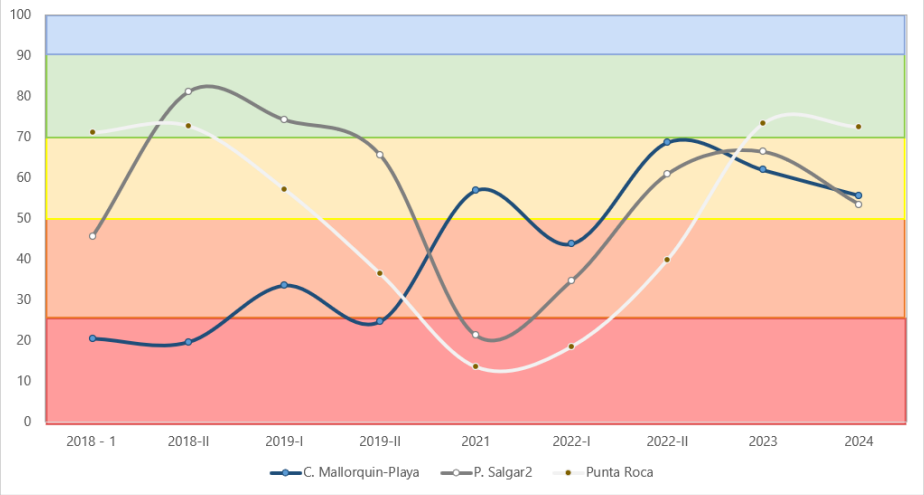
DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE

**Tabla 10.5. Estaciones monitoreo ICAM – REDCAM en jurisdicción de la cuenca.**

| Punto de monitoreo | Coordenadas | |
|---|---|---|
| C. Mallorquín – Playa | 11036472 | -74859806 |
| Punta Roca | 11045767 | -7491985 |
| P. Salgar2 | 11021056 | -74933833 |

Con base en los informes de monitoreo de la entidad se realizó el análisis del indicador ICAM en una ventana de tiempo (teniendo en cuenta la uniformidad de los datos) que comprende entre el año 2018 y 2024. Los años 2018, 2019 y 2022 contaron con dos monitoreos anuales (época seca y época de lluvia), el año 2020 no se contó con medición por época de pandemia y los años 2021, 2023 y 2024 cuentan con un único monitoreo. A continuación, se presentan los principales registros de calidad:

**Figura 10.4. Registro histórico ICAM en estaciones REDCAM dentro de la cuenca.**




La Ciénaga de Mallorquín catalogada como agua estuarina presenta un comportamiento fluctuante durante el periodo de análisis, con tendencia a una mejora en la calidad del agua a corte del año 2024. Los índices más críticos "*categoría pésima*" se presentan para los años 2018 (20% en promedio) en ambos monitoreos, así como en el segundo monitoreo del año 2019 (24.61%), estos años se presentó un registro de nutrientes inorgánicos por encima de los umbrales permitidos por la norma (asociado principalmente a la descarga de aguas residuales provenientes del suroccidente de Barranquilla, influencia de la carga del río Magdalena y de los barrios palafíticos del sector de las Flores entre otros tensores) el año 2020 y 2021 evidencian una marcada mejoría en las condiciones del cuerpo de agua pasando de categoría "*pésima*" a la categoría "*aceptable*", indicativo de una disminución de la carga contaminante durante el año 2020, reflejado en una mejoría de la calidad de la Ciénaga frente al registro del año 2019 -II.

El mejor estado de la Ciénaga se registra en el segundo monitoreo del año 2022 con un 68.67% de calidad, evidenciando intervenciones que han favorecido la capacidad de autodepuración del cuerpo de agua. A partir del año 2022 la calidad del cuerpo se ha

DOCUMENTO DE CONSULTA PÚBLICA

mantenido en la categoría "*Aceptable*" identificándose un leve descenso en la calidad para el registro del año 2024 con un 55.6%; es importante identificar los principales detonantes de esta pérdida gradual de calidad en la Ciénaga, a fin de frenar la actual tendencia.

La estación Punta Roca, aunque se encuentra sobre la línea costera fuera del límite de la cuenca puede brindar un panorama del impacto de Arroyo León en su desembocadura al mar Caribe, la estación registra en los años 2018, 2023 y 2024 calidad de agua "*Adecuada*"; sin embargo, la calidad presentó un fuerte descenso desde el año 2019 al primer semestre del año 2022 donde alcanzó sus registros más críticos con categoría "*pésima*" con valores de 13.38% y 18.39% respectivamente, esto debido principalmente a la concentración de coliformes y nitratos que superan los límites máximos permitidos por la normativa. (Invemar,2021). Sin embargo, a partir del segundo semestre del año 2022 y de manera gradual, la estación ha ido registrando mejora en la calidad del recurso marítimo manteniéndose a corte del año 2024 en la categoría "*adecuada*".

Puerto Salgar en jurisdicción del municipio de Puerto Colombia, es una estación localizada en la zona de playas con una importante influencia de actividades de turismo que pueden incidir en el grado de calidad del recurso costero; este punto ha presentado un comportamiento fluctuante con tendencia a disminuir la calidad del recurso en la ventana de tiempo analizada, el mejor estado de la estación se identifica para el segundo semestre del año 2018 y primer semestre del año 2019, situándose en categoría "*adecuada*" con un promedio de 71.83%.

Sin embargo, entre el segundo semestre del año 2019 al año 2021 presenta un fuerte descenso el grado de calidad de la estación (*adecuada a pésima*); Aun así, es importante considerar que, debido al confinamiento, el año 2020 no cuenta con monitoreo y que el informe a corte 2021 refleja principalmente el comportamiento a cierre del año 2019. Lo anterior, dado el comportamiento atípico del indicador, el cual discrepa de la cesión de actividades por la época de confinamiento. A partir del año 2022 y a corte de 2024 la estación registra una calidad "*aceptable*", presentando una leve tendencia a disminuir su calidad; escenario que debe ser vigilado de manera oportuna para identificar las posibles acciones que permitan invertir este comportamiento del indicador. Es importante apuntar que desde el año 2023 y a cierre del año 2024 las estaciones de Mallorquín y Puerto Salgar están presentando una pérdida gradual de calidad del recurso hídrico, haciendo necesaria la búsqueda de estrategias que esta tendencia (*categoría aceptable a inadecuada*).

Como se mencionó anteriormente, los informes evidencian la caracterización del Arroyo León, cuerpo de agua que al igual que la Ciénaga de Mallorquín se encuentran influenciados por la marea y poseen interconectividad (Invemar, 2021); empero, la información publicada por parte de la entidad sobre la estación de *Arroyo León*, no evidencia en registros ni base de datos la localización exacta ni los resultados de las caracterizaciones. Aunado a lo anterior, la información de este punto no presenta continuidad ni uniformidad en los análisis en comparación a las estaciones anteriormente analizadas. A continuación, se presentan los

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

principales hallazgos identificados para el indicador de calidad en los informes publicados por la entidad:

**Tabla 10.6. $ICAM_{PFF}$ para estación Arroyo León – REDCAM INVEMAR.**

| Año | Indicador |
|---|---|
| Agosto 2015 | Aceptable |
| Febrero 2016 | Inadecuada |
| Septiembre 2016 | Pésima |
| Marzo 2017 | Pésima |
| Octubre 2017 | Pésima |
| Abril 2018 | Pésima |
| Septiembre 2023 | Pésima |
| Septiembre 2024 | Inadecuada |

De manera recurrente dentro de los informes de caracterización de Invemar, se corrobora la problemática de este cuerpo de agua, al ser el principal receptor de los vertimientos de aguas residuales domésticas y no domésticas sin tratamiento de la zona suroccidental del Distrito de Barranquilla. La alta carga contaminante en la masa de agua ha reducido drásticamente la capacidad de autodepuración del Arroyo, generando condiciones subóxicas (Invemar, 2018) y con concentraciones de nutrientes inorgánicos y coliformes que sobrepasan los límites máximos permisibles de la normativa ambiental colombiana. Arroyo león ha superado registros dentro de la misma red de monitoreo, algunos de los hitos con mayor impacto registrado son el registro de la más alta concentración de Amonio en el año 2014, concentraciones de Cadmio que superan el valor de referencia para efectos crónicos en agua dulce propuesto por la NOAA (Invemar, 2019).

### 10.1.4. Otros monitoreos

Dentro del dosier documental consultado sobre monitoreos de calidad de agua en la cuenca, se identifica un amplio número de investigaciones de diferentes instituciones de educación superior, que permiten vislumbrar la dinámica de la calidad de agua y los posibles tensores ambientales que han ido degradando el recurso a lo largo de los años. Aunque es un robusto compendio documental, éste se enfoca principalmente en Ciénaga de Mallorquín y en Arroyo león, no se evidencian estudios detallados y actuales sobre monitoreos de calidad de agua de afluentes del *Arroyo León* como *Arroyo Grande, San Luis, Arroyo Granada, Arroyo Cañas o Sierra Palma*, *Arroyo Santo Domingo* principales receptores de vertimientos en la cuenca. Para efectos del presente informe, se tomará de referencia, algunos estudios que permitan tener referencia sobre la calidad de los cuerpos de agua en una ventana no mayor de diez años a la actualidad.

Para el año 2024 se llevó a cabo un estudio con trece puntos de monitoreo, ocho para la Ciénaga de Mallorquín y cinco para el Arroyo León, en donde se encontraron en este último concentraciones de Arsénico, Cadmio en bajas concentraciones y contaminantes emergentes como cafeína e ibuprofeno. El ICA para el Arroyo León en donde predominó con la categoría de calidad de agua "**mala**" en el 80% de las estaciones, aunado a lo anterior,

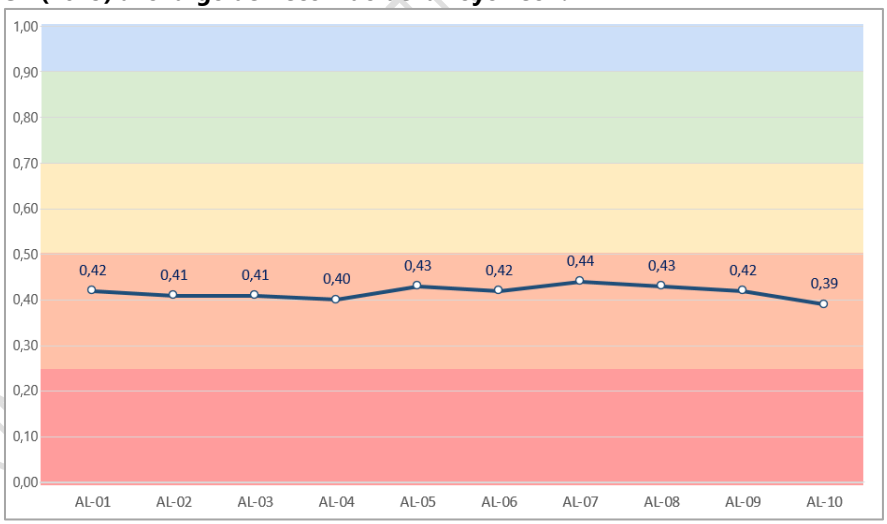
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

indicadores como ICOMI (Índice de Contaminación por Mineralización) e ICOMO (Índice de Contaminación por Materia Orgánica), clasifican en un alarmante escenario al Arroyo con ***máximo grado de contaminación*** con registros entre los 0,85 a 1,00. Aunado a lo anterior, durante el monitoreo se identificó las concentraciones más altas de compuestos fenólicos en el arroyo durante época de lluvias, probablemente por efecto de arrastre de la precipitación; estos compuestos se asocian a plásticos policarbonados, resinas epóxicas, retardantes de llama, surfactantes, pesticidas entre otros compuestos (Guzman, *Et al.*, 2025).

Este Arroyo según informes de INVEMAR para el año 2014, ha alcanzado concentraciones de nitrito de 749,3 µg/L, amonio de 3.749,3 µg/L y de fósforo con 825,1 µg/L con indicios de eutrofización, uno de los escenarios más críticos registrados en el cuerpo de agua. En el año 2020 el arroyo registró en algunos puntos concentraciones de fósforo entre 900 µg/L a 4690 µg/L (Escobar Et al., 2025).

En el año 2019 se realizó un estudio evaluando los posibles factores de presión antrópicos sobre el Arroyo desde su nacimiento en el municipio de Galapa (Arroyo Caña o Sierra Palma, Arroyo Hondo, Arroyo Santo Domingo) su paso por zonas industriales, zonas urbanísticas como Caribe verde y la toma de (cinco muestreos) en diez puntos partiendo aguas arriba del vertimiento de la EDAR El Pueblo (AL-01) hasta 500 metros antes de su desembocadura al mar Caribe y en su entrega a la Ciénaga de Mallorquín (AL-10) (Benavides, 2019).

**Figura 10.5. ICA (2019) a lo largo del recorrido del arroyo León.**

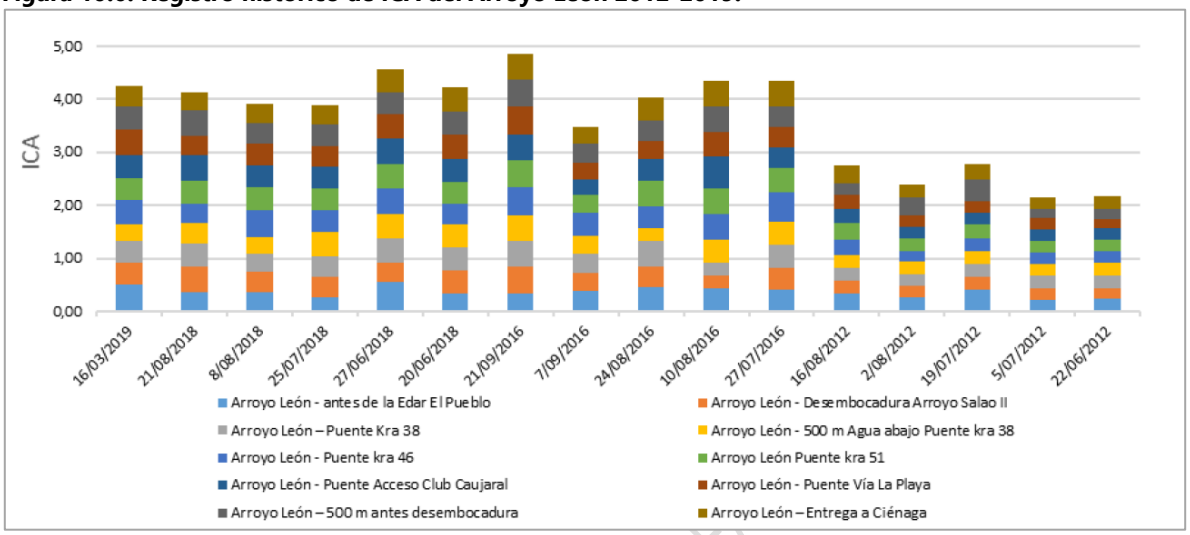



A lo largo del transecto planteado para el Arroyo en el estudio referenciado, se evidencia un comportamiento homogéneo del ICA desde aguas arriba del vertimiento de la EDAR El Pueblo hasta su desembocadura en el mar Caribe y en la Ciénaga. Clasificando su índice de calidad de agua en la categoría de "Mala" a lo largo de su recorrido de más de 11 kilómetros del arroyo desde la estación AL-01 a la estación AL-10 en donde el cuerpo de agua se ve sometido a múltiples tensores al ser receptor de vertimientos de origen doméstico, industrial, disposición de residuos de todo tipo sobre el cuerpo de agua , asentamientos

DOCUMENTO FASE DE PUBLICIDAD

subnormales que vierten sus aguas servidas de forma directa al arroyo, ocupación de ronda hídrica, procesos acelerados de erosión que incurren a su vez en socavación lateral entre otros factores que generan el deterioro cada vez más agudo de este afluente.

**Figura 10.6. Registro histórico de ICA del Arroyo León 2012-2019.**




Fuente: Benavides, 2019

Dentro del estudio es importante destacar el análisis multitemporal que se realiza el indicador desde el año 2012 al año 2019, siendo el año 2012 el de registros más desfavorables para el Arroyo con ICA que alcanzaron categoría de calidad de agua "**muy mala**". El comportamiento del indicador ha sido fluctuante a lo largo del periodo de análisis, empero ha tenido una tendencia leve a mejorar pasando a categoría de "mala calidad"; sin embargo, desde el año 2016 al corte del presente informe 2025 el ICA para el Arroyo no ha presentado el escalamiento a una mejor categoría, manteniéndose en un margen de más de diez años con "mala calidad del agua". Este escenario, evidencia fallas por parte de las autoridades competentes, para abordar de manera oportuna y con eficiencia los principales detonantes para controlar y mitigar el impacto sobre esta importante arteria fluvial en la cuenca.

## *10.2. Estaciones de Monitoreo para la Cuenca*

A fin de obtener información primaria actual sobre la calidad del agua en ubicaciones estratégicas dentro de la red de drenaje y cuerpos de agua relevantes en la cuenca bajo ordenación, se establecieron estaciones de monitoreo, las cuales se describen a continuación.

DOCUMENTO DEFINITIVO - F

### 10.2.1. Factores considerados para la localización de los puntos de monitoreo

#### 10.2.1.1. *Hidrografía y centros poblados*

De acuerdo con las especificaciones de la Guía Técnica del MADS, la determinación de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas generales de la calidad de los cuerpos de agua se sugiere sea realizada para las corrientes principales de la cuenca. Esto representa el estado general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de las variables establecidas en la Guía, ponderadas y agregadas según fórmulas e intervalos establecidos por el IDEAM de acuerdo con los efectos que puedan tener sobre las condiciones del ecosistema y el desarrollo de las actividades humanas.

Por lo anterior, el primer criterio seleccionado para ubicar los puntos de monitoreo es la configuración de la red de drenaje de la cuenca, obtenida de la cartografía base IGAC a escala 1:25.000 con la verificación de los drenajes según su situación actual, como se muestra en la Figura 10.7.

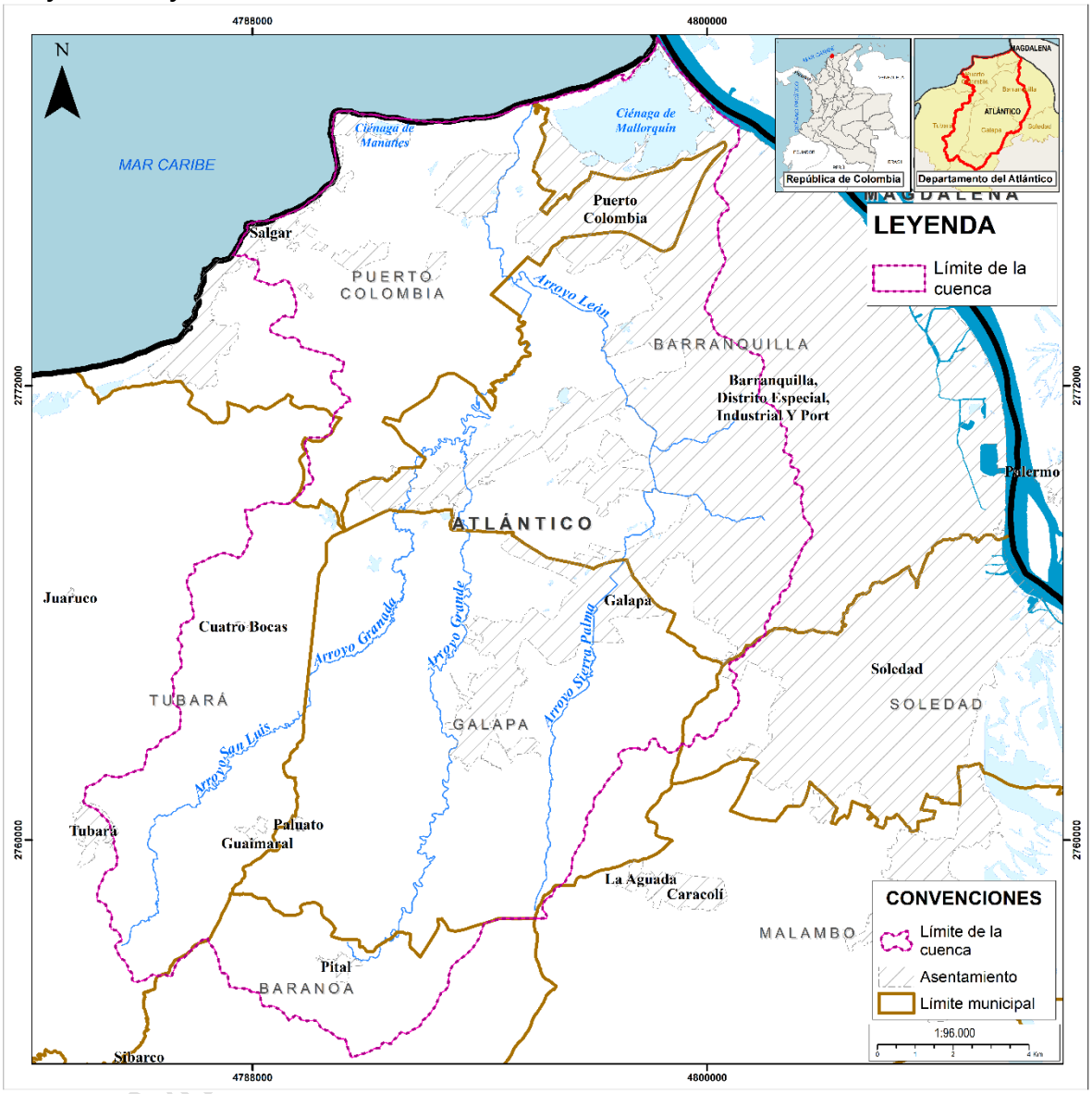
En este criterio se contemplan de manera particular los cuerpos de agua con drenaje permanente, a fin de identificar cuáles son aquellos que revisten mayor importancia por su orden de drenaje y contar con la posibilidad de realizar los muestreos bajo diferentes condiciones hidroclimáticas.

Desde este punto de vista, la ubicación de los puntos procurará contar con estaciones de muestreo en los puntos de cierre de las unidades hidrográficas de nivel subsiguiente a la cuenca, a fin de que dicho valor sea representativo de lo ocurrido al interior de cada una de ellas, o pueda obtenerse el efecto diferenciado mediante balances de materia sustrayendo los aportes de carga de las unidades hidrográficas aferentes. Este criterio de selección ha sido usado por el IDEAM en la elaboración de los Estudios Nacionales del Agua 2010, 2014 y 2018 para la evaluación de las condiciones de calidad, específicamente a través del cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA).

Asimismo, se incluye como factor de decisión la generación de vertimientos de actividades domésticas, la cual se relaciona con la presencia de asentamientos humanos. A partir de la cartografía DANE - IGAC, se ubicaron los asentamientos con incidencia en el área de la cuenca, como se indica también en la Figura 10.7.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.7. Red de drenaje principal y asentamientos de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.**




Se observa la incidencia directa al interior de la cuenca zonas urbanas del Distrito de Barranquilla y los municipios de Puerto Colombia y Galapa, así como los asentamientos de Paluato y Guaimaral (Tubará) y Pital (Baranoa). Uno de los vertimientos de aguas residuales urbanas más significativo es el de la salida de la EDAR EL Pueblo que trata las aguas recolectadas por el alcantarillado del suroccidente de Barranquilla en el Arroyo León.

En cuanto a la población rural dispersa, la información disponible de caracterización municipal y el Diagnóstico realizado para el POMCA de 2007, denotan las falencias en infraestructura de saneamiento básico, especialmente alcantarillado y manejo de residuos sólidos, como fuentes importantes de impacto al recurso hídrico en las zonas rurales de la

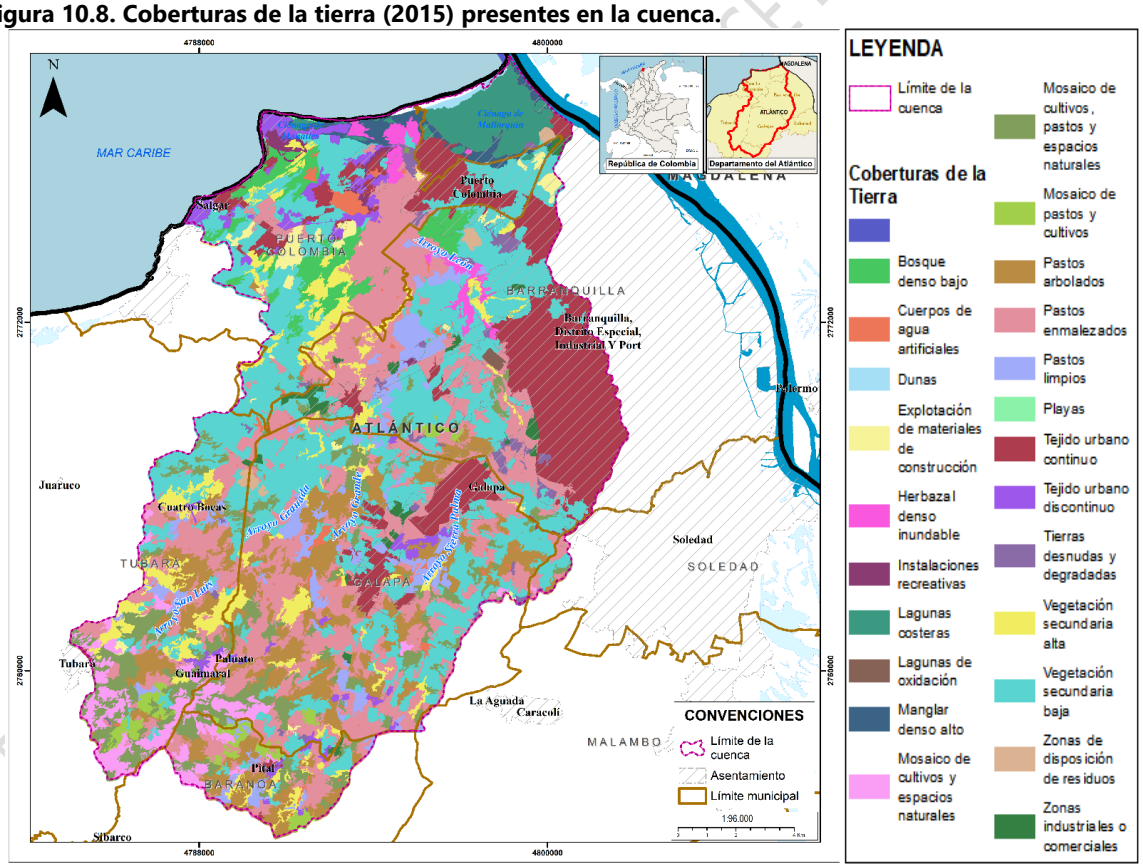
cuenca. Durante los recorridos del componente de Calidad de Agua se procederá a actualizar esta información a fin de determinar si puede o no existir riesgo potencial de alteración de la calidad del agua.

### 10.2.1.2. *Desarrollo de actividades económicas*

En la Figura 10.8, y de acuerdo con la interpretación de coberturas de la tierra realizada para la actualización del POMCA en 2017, se muestra una baja incidencia de actividades agropecuarias, siendo los herbazales, arbustales y la vegetación secundaria las coberturas predominantes en el suelo rural de la cuenca.

En el análisis que se realice de los resultados se tendrá en cuenta la información de usuarios del recurso hídrico, en especial los permisos de vertimiento concedidos por la Corporación en el área de la cuenca; sin embargo, de acuerdo con la información obtenida durante la fase de aprestamiento, los principales vertimientos de agua residual que pueden afectar la calidad de agua están relacionados con las aguas servidas de las cabeceras municipales.

**Figura 10.8. Coberturas de la tierra (2015) presentes en la cuenca.**




### 10.2.1.3. *Red de monitoreo existente*

La Corporación cuenta con una red de monitoreo de calidad del agua, como parte de su seguimiento a la calidad del agua superficial, la cual cuenta con 10 puntos sobre la cuenca, como se muestra en la siguiente figura. En este sentido, y para aprovechar la disponibilidad

de información previa de monitoreos de calidad de agua en el análisis, se considerará, en la medida que sea pertinente, mantener la ubicación de los puntos de monitoreo usados por la C.R.A. en años anteriores.

**Figura 10.9. Ubicación de estaciones de monitoreo de la CRA en el área de la cuenca.**

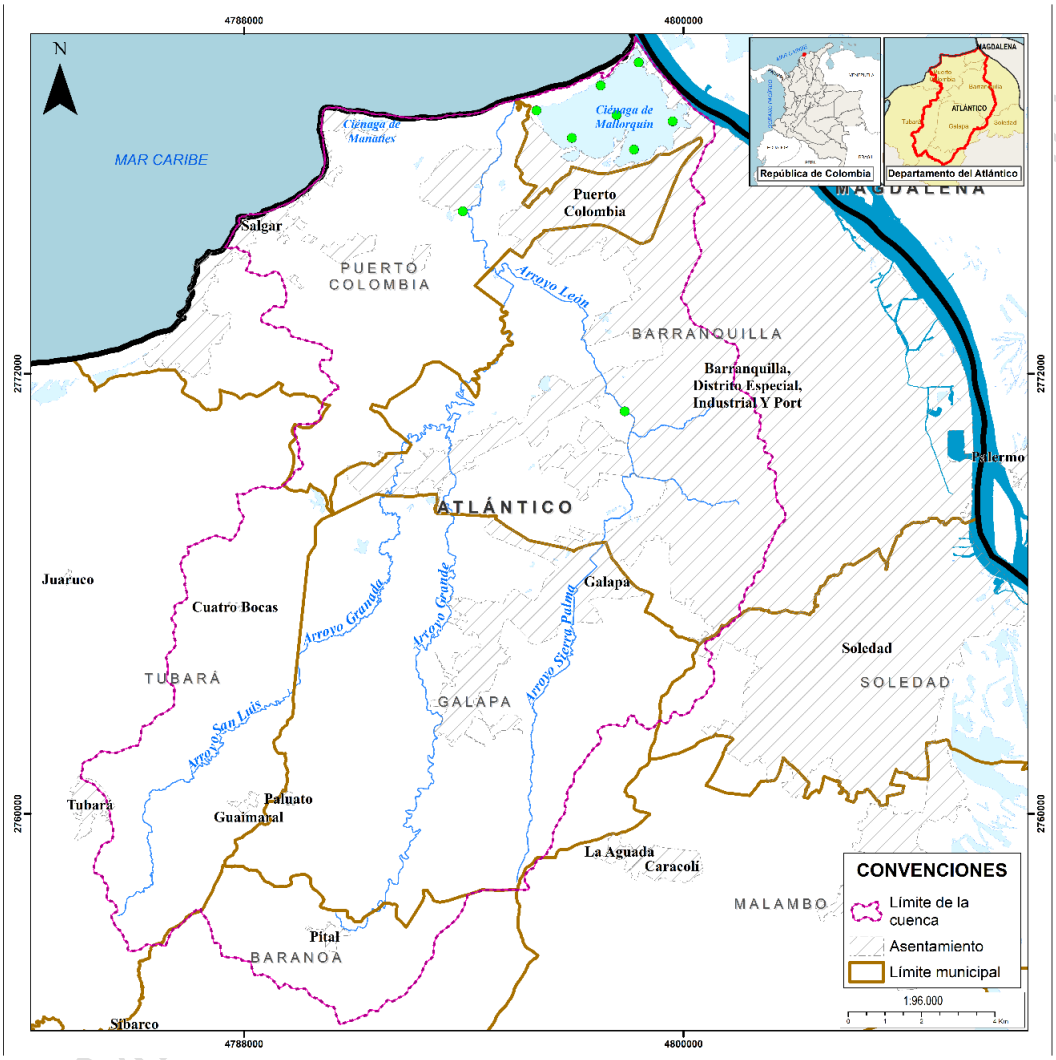
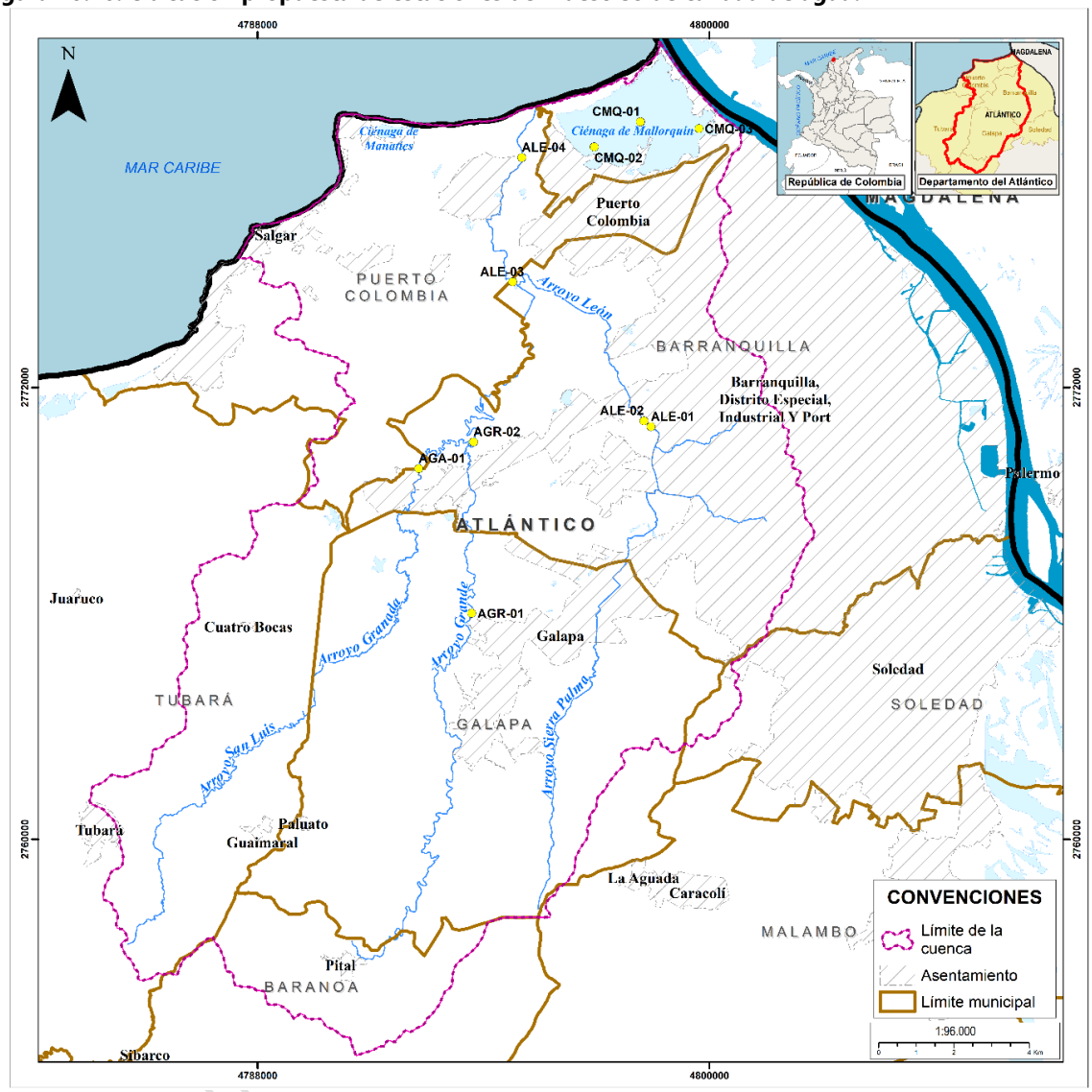

4786000
4800000
N
MAR CARIBE
Ciénaga de Manatíes
Ciénaga de Mallorquín
República de Colombia
Departamento del Atlántico
MAGDALENA
ATLÁNTICO
Puerto Colombia
Salgar
PUERTO COLOMBIA
Arroyo León
BARRANQUILLA
Barranquilla, Distrito Especial, Industrial Y Port
Ciénaga de Mallorquín
Ciénaga de Manatíes

**Figura 10.10. Ubicación propuesta de estaciones de muestreo de calidad de agua.**




DOCUMENTO

**Tabla 10.7. Descripción de las estaciones de muestreo de calidad de agua propuestas.**

| No | ID | Descripción | Observaciones | Coord_X | Coord_Y |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ALE-01 | Arroyo León aguas arriba vertimiento PTAR El Pueblito | Verificación de las condiciones de calidad en la parte alta del drenaje de los arroyos León y Hondo | 4798449,647 | 2770960,52 |
| 2 | ALE-02 | Arroyo León aguas abajo vertimiento PTAR El Pueblito | Verificación de la afectación del vertimiento en la calidad de agua del arroyo León | 4798263,938 | 2771115,802 |
| 3 | ALE-03 | Arroyo León aguas abajo desembocadura Ay Grande | Balance de cargas contaminantes al cierre de la red de drenaje del Arroyo Grande | 4794778,66 | 2774808,524 |
| 4 | ALE-04 | Arroyo León antes de desembocadura al Mar Caribe | Balance de cargas contaminantes al cierre de la red de drenaje del arroyo León | 4795019,767 | 2778109,182 |
| 5 | AGR-01 | Arroyo Grande aguas abajo casco urbano Galapa (antes de Peaje Juan Mina) | Verificación de posibles afectaciones en la calidad de agua del Arroyo Grande por efectos del casco urbano de Galapa | 4793689,544 | 2766006,11 |
| 6 | AGR-02 | Arroyo Grande aguas abajo desembocadura Ay Granada | Balance de cargas contaminantes después de la desembocadura del Ay. Granada y estimación del efecto del paso del Arroyo Grande por el corregimiento de Juan Mina | 4793738,13 | 2770556,087 |
| 7 | AGA-01 | Arroyo Granada antes de desembocadura en Ay Grande | Verificación de posibles alteraciones en la calidad del Ay. Granada durante su recorrido. | 4792282,47 | 2769848,334 |
| 8 | CMQ-01 | Ciénaga de Mallorquín (centro) | Condiciones medias de calidad de la Ciénaga en el volumen de agua | 4798170,823 | 2779060,62 |
| 9 | CMQ-02 | Ciénaga de Mallorquín (Frente a Cg. Eduardo Santos) | Verificación de posibles efectos de vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes del sector. | 4796942,839 | 2778393,447 |
| 10 | CMQ-03 | Ciénaga de Mallorquín (Frente a Barrio Las Flores) | Verificación de posibles efectos de vertimientos de aguas residuales domésticas provenientes del sector. | 4799725,669 | 2778879,604 |

DOCUMENTO DEFINITIVO - TIPO DE PUBLICIDAD

En cada una de las estaciones propuestas se llevará a cabo un muestreo simple, para un total de diez (10) monitoreos de agua superficial y dos (2) campañas de monitoreo -una por cada condición hidrometeorológica (alta y baja precipitación)-, de conformidad con los Alcances técnicos del Contrato. El muestreo incluirá los siguientes parámetros, de acuerdo con lo establecido por el IDEAM en sus "Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua" (2013):

- pH
- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- Conductividad Eléctrica
- $DBO_5$
- DQO
- Nitrógeno Total Kjeldahl
- Fósforo Total
- Coliformes Fecales
- Coliformes Totales
- Sólidos Suspendidos Totales

- Aforo de Caudal

### 10.2.3. Descripción de puntos de monitoreo

Una vez se establece la red y época de monitoreo para efectos de los alcances del POMCA, el equipo profesional procedió a programar la visita a los puntos de interés. Como parte fundamental de la preparación de la comisión, el equipo realizó un ejercicio previo de reconocimiento de los puntos a fin de evaluar la facilidad de acceso y gestionar de manera oportuna los permisos en donde se requería la previa autorización para ingreso a los predios; lo anterior permitió optimizar los tiempos de desplazamiento y toma de las muestras durante cada una de las jornadas programadas, garantizando el cumplimiento del cronograma establecido en el plan de trabajo.

Aunado a lo anterior, dentro del proceso de preparación de la comisión y en concordancia con los lineamientos de la estrategia de participación, se realizó la puesta en común a través de las redes y medios masivos del inicio de las jornadas y la gestión de acompañamientos de actores de las zonas donde se localizaban las estaciones de monitoreo, a fin de garantizar su participación, conocimiento sobre el objetivo de los monitoreos y la identificación de los factores críticos que podían afectar a los cuerpos de agua caracterizados.

Es importante indicar que, durante los recorridos de reconocimiento previo, se requirió el desplazamiento de algunas estaciones, por dificultad de acceso y/o por condiciones del cuerpo de agua que impedían garantizar la toma eficiente de los aforos. Los cambios realizados se documentan en la descripción detallada de cada una de las estaciones, así como los resultados de caracterización fisicoquímica realizada en cada una de ellas durante la jornada adelantada en el mes de marzo (época seca) y mayo (época normal) del año 2025.

#### 10.2.3.1. *Arroyo León aguas arriba y aguas abajo del vertimiento PTAR El Pueblito*

Las estaciones ALE 01 y ALE 02 buscan identificar el estado del Arroyo León (Hondo) como cuerpo receptor aguas arriba y aguas abajo del vertimiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales – EDAR El Pueblo, estación construida en el año 1998 y operada en la actualidad por la empresa Triple A ES. E.S.P. Teniendo en cuenta la relevancia de este proceso, la empresa prestadora del servicio solicitó acompañar al equipo profesional durante las jornadas de monitoreo, a fin de poder llevar a cabo un contra muestreo a excepción del proceso de aforo en los puntos de interés.

DOCUMENTO DE IDENTIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.11. Monitoreo Calidad de Agua estaciones ALE 01 y ALE -02.**

Una vez coordinada y programada la visita, se realizó el ingreso a través de los predios de la empresa, dadas las difíciles condiciones de seguridad para acceder por el sector norte (sector Los Ángeles y Pradera). A continuación, se presentan las características de las estaciones y los resultados obtenidos en las dos jornadas de monitoreo:

**Figura 10.12. Contexto ubicación de estaciones ALE 01 y ALE 02.**

Fuente: Google Earth, 2025

**Tabla 10.8. Descripción estación ALE-01.**

| **Nombre estación** | Arroyo Leon aguas arriba vertimiento PTAR El Pueblito | | **ID** | ALE-01 |
|---|---|---|---|---|
| **Municipio y vereda** | Barranquilla – localidad Suroccidente | **Coordenada Este** | 4798449,64699 | |
| | | **Coordenada Norte** | 2770960,52. | |
| | | **Altitud** | 16 | |

**Registro de estación**

**Parámetros**

| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Época seca Marzo | 32,2 | 7,57 | 0,68 | 1528 | 45 | 32,3 | 73,3 | 17,4 | 2,75 | 1100 | 3300 | 27,8 |

| Nombre estación | Arroyo Leon aguas arriba vertimiento PTAR El Pueblito | | | | | | | | | ID | ALE-01 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Época normal Mayo | 31,2 | 7,46 | 0,01 | 1732 | 26 | 40,2 | 64,4 | 24,3 | 2,21 | 260000 | **2800000** | 358 |

La estación ALE-01 se encuentra aguas arriba del vertimiento de la EDAR El Pueblo (aproximadamente 40 metros), en este punto Arroyo león (Hondo) ha recibido el caudal de los *Arroyos Caña* y *los Ángeles*, la sección donde se realizó la toma de la muestra y aforo, tiene un ancho entre los 4 a 6 metros, cuenta con taludes entre los dos y tres metros de altura, logrando evidenciar el crecimiento del Arroyo hasta en dos metros de altura, depositando en las márgenes una alta carga de residuos y material vegetal. La ronda nororiental cuenta con algunos árboles de porte medio (con altura no superior a los 6 metros), palmas y de forma dispersa plantas de plátano y Papaya en los patios traseros de algunas viviendas.

**Figura 10.13. Comparación de jornadas de monitoreo estación ALE01.**

Se evidencia un mejor estado de conservación de la vegetación de la ronda en el sector suroccidental de la estación, allí se cuentan con viviendas de tipo rural con predios superiores a la media hectárea, algunas de ellas en condición de vulnerabilidad y algunos con actividades de carbón vegetal. El cuerpo de agua presenta un color grisáceo (época seca) y negro (época normal), en su lecho reposa un lodo color negro, mal olor proveniente tanto del arroyo en esta sección como del vertimiento de la EDAR aguas abajo, su flujo se ve interrumpido en algunos sectores por la presencia de múltiples residuos de gran volumen, evidencia una fuerte erosión en las márgenes y se evidencia presencia de vectores.

DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

**Tabla 10.9. Descripción estación ALE 02.**

| Nombre estación | Arroyo Leon aguas abajo vertimiento PTAR El Pueblito | | ID | ALE-02 |
|---|---|---|---|---|
| Municipio y vereda | Barranquilla – localidad Suroccidente | Coordenada Este | 4798263,9380000001 | |
| | | Coordenada Norte | 2771115,8020000001 | |
| | | Altitud | 15 | |

**Registro de estación**

**Parámetros**

| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Época Seca Marzo | 32,9 | 7,72 | 2 | 1056 | 45 | 49 | 103 | 29,6 | 2,77 | 3300 | 4600 | 1201 |
| Época normal Mayo | 31,5 | 7,53 | 0,01 | 1372 | 24,2 | 53,2 | 81,5 | 28 | 2,60 | 170000 | **1700000** | 1281 |

La estación ALE 02 está localizada aproximadamente 186 metros aguas abajo del vertimiento de la EDAR el Pueblo, sin embargo, durante el reconocimiento al lugar, se evidenció un trabajo de taludes reforzados que encañonan el Arroyo con alturas hasta de cuatro metros, un grado de inclinación superior al 40% y dificultad para la medición con el molinete. Por esta razón el equipo relocalizó el punto de monitoreo a 136 metros aguas abajo del vertimiento. La sección tiene un ancho promedio de siete metros y evidencia un aumento considerable de caudal frente al detectado en la estación anterior (ALE01).

La coloración del agua en el primer monitoreo (marzo) cambia de color grisáceo (ALE01) a verde (ALE02), y en el segundo monitoreo de color negro (ALE01) a color grisáceo (ALE02), en su lecho y orillas reposa fango color negro y persiste un fuerte olor y espuma en las dos jornadas. Los taludes en la zona nororiental del punto superan los tres metros en algunas zonas y en la zona suroccidental los dos metros. Se encuentra cobertura dispersa en la ronda

DOCUMENTO NO C

con árboles que oscilan entre los tres y seis metros de altura; sin embargo, algunos de estos individuos están en riesgo de colapsar por los procesos de socavación del arroyo. en la margen sur se identifican fincas con jagüeyes y múltiples focos de contaminación por presencia de actividades de levamiento de porcinos, caprinos entre otras actividades.

**Figura 10.14. Comparación de jornadas de monitoreo estación ALE02.**

En el transecto aproximado de 200 metros entre estaciones se evidenciaron múltiples tensionantes ambientales sobre el cuerpo de agua, con escenarios similares en cada uno de los sectores, los cuales se describen a continuación:

***Asentamientos informales***: en la ronda del arroyo en su sector nororiental entre las estaciones ALE 01 y ALE 02, se encuentran asentamientos informales (colindando con el *Barrio Pradera y la Urbanización Villa de San Carlos*) ocupados principalmente por familias en condición de vulnerabilidad, algunas de ellas con viviendas elaboradas con madera, plástico y zinc, así como viviendas en ladrillo y/o concreto; sin embargo, todas con una problemática afín: ausencia de sistemas de saneamiento básico y acueducto. Esta invasión de la ronda, es la resultante de la falta de vigilancia por parte de las autoridades competentes y genera otros impactos sobre el recurso.

**Vertimientos directos**: bajo la anterior premisa, uno de los efectos que conllevan los asentamientos informales por su condición en sí, es la ausencia de redes de acueducto y alcantarillado, que obligan a los dueños de las viviendas a generan conexiones irregulares para el vertimiento de sus aguas domésticas sobre el Arroyo León, esto trae consigo una alta carga contaminante sobre el cuerpo receptor y la proliferación de enfermedades por el estado de degradación del cuerpo de agua.

DOCUMENTO DEFINITIVO

**Figura 10.15. Vertimientos directos sobre Arroyo León entre estaciones ALE 01 y ALE02 sector Nororiental.**

Durante las jornadas de monitoreo, entre las estaciones (distancia aproximada de 200 metros), el equipo logró identificar en la zona nororiental de los puntos, más de 20 vertimientos directos sobre el Arroyo; número que puede aumentar con aquellos que no se evidencian por la vegetación o por encontrarse conectados de firma directa al suelo. Esta situación da cuenta de la magnitud de la problemática de la cual está siendo objeto el arroyo a lo largo de todo su recorrido.

En el sector Suroccidental de las estaciones se identificaron viviendas con predios superiores a la media hectárea con actividades como quema para carbón vegetal, criadero de porcinos, caprinos y bovinos. Las viviendas no cuentan con servicios básicos, gran parte de ellas son construidas con madera, plástico y teja de zinc y disponen de forma directa sobre la ronda y el arroyo sus residuos domésticos y vertimientos tanto de las viviendas como de las

parcelas en donde tienen cría de animales. Se evidenció también la quema de basuras, jagüeyes sin protección y avance de asentamientos informales.

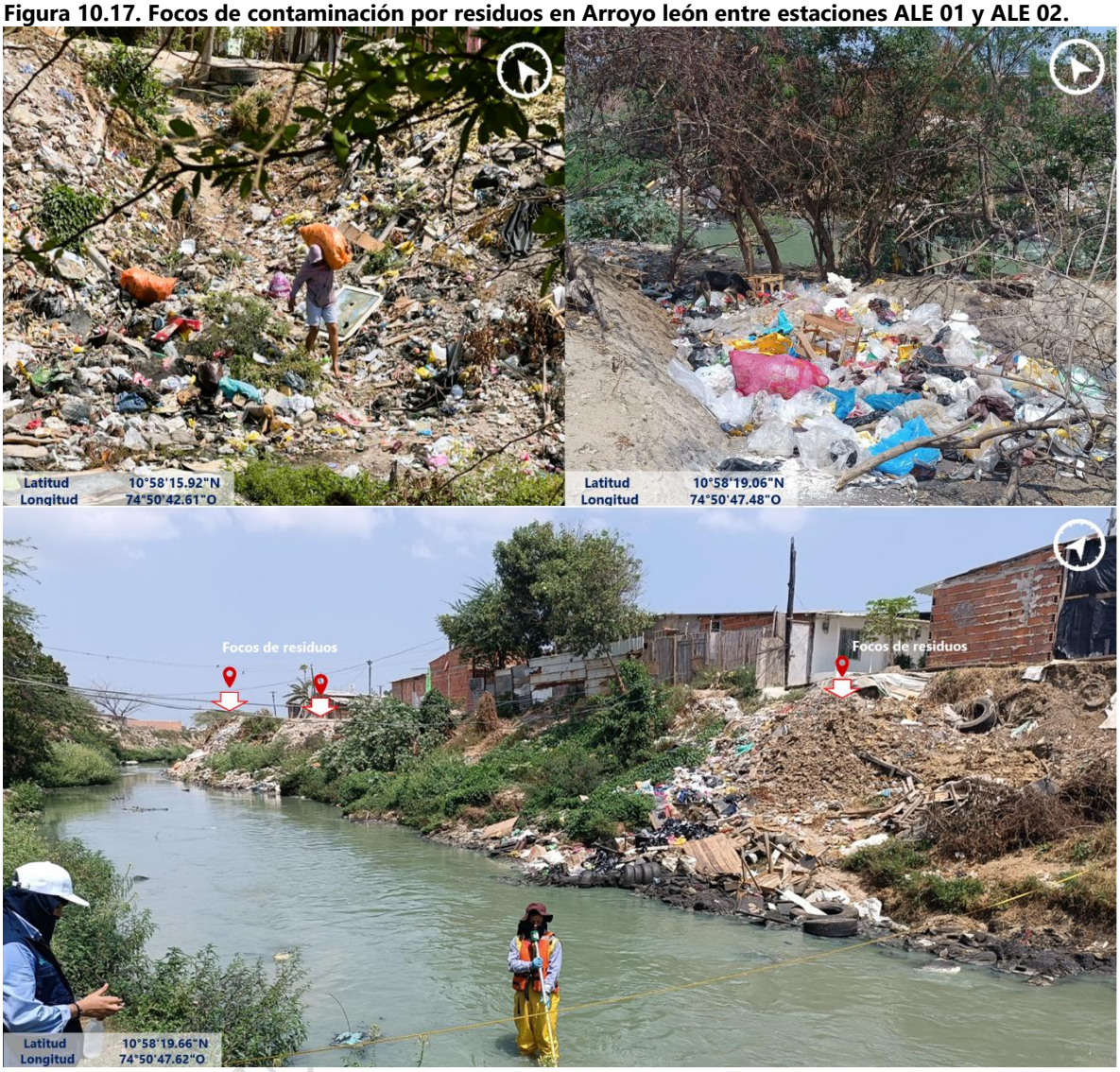
**Figura 10.16. Sector suroccidental entre estaciones ALE 01 y ALE02.**

***Focos críticos de contaminación por residuos***: en ambos puntos de monitoreo, se evidenciaron múltiples puntos de disposición de residuos tanto del sector residencial como del de otros sectores, durante la jornada el equipo evidenció habitantes de los barrios aledaños, arrojando bolsas de basura de forma directa al Arroyo y la disposición de otros residuos de construcción, muebles entre otros por parte de carreteros que llegan a la zona. Aparte de los residuos domésticos, se evidenciaron electrodomésticos como neveras, aires acondicionados, fragmentos de estufas, lavadoras muebles, llantas, escombros de construcción (tabletas, tejas, concreto, cables entre otros), residuos de ebanistería, animales muertos, colchones, muebles entre otros, evidenciando un escenario crítico, ausencia de cultura ambiental y desarraigo por el Arroyo en las comunidades. Estos puntos a su vez se convierten en un escenario de riesgo alto por la proliferación de vectores, comprometiendo la salud pública del sector.

Los puntos críticos por residuos si sitúan principalmente en la margen norte de las estaciones, donde se encuentran los asentamientos y en donde se identificaron entre las estaciones cinco puntos críticos, en la zona sur se identificaron principalmente residuos domésticos y algunos de insumos agropecuarios, sin embargo, en esta margen no se evidenció la magnitud de la problemática al grado del margen opuesto del arroyo.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE

**Figura 10.17. Focos de contaminación por residuos en Arroyo león entre estaciones ALE 01 y ALE 02.**




***Socavación:*** la alta densidad de viviendas informales asentadas en la ronda del Arroyo, la conexión de vertimientos directos y los eventos de alta precipitación en donde según la comunidad aledaña y la empresa, el Arroyo presenta un comportamiento torrencial y pueden alcanzar a subir su nivel hasta casi en dos metros, configuran un escenario de riesgo para las comunidades aledañas al cuerpo. Entre las estaciones de monitoreo se evidenció el desprendimiento de taludes, deslizamientos de árboles y casas en riesgo en desplome; esta situación se agrava cada vez más durante cada periodo de precipitación alta en la cuenca, por lo cual es imperativo la atención y prevención de un desastre a futuro, a pesar de ser asentamientos informales, es perentoria la atención de las entidades competentes de gestión del riesgo, planeación y autoridades ambientales.

DOCUMENTO

**Figura 10.18. Vivienda en riesgo por socavación del Arroyo.**

**Figura 10.19. Acompañamiento y contra muestreo empresa Triple A ESP.**

DOCUMENTO DE PO

### 10.2.3.2. *Arroyo León aguas abajo desembocadura Arroyo Grande*

**Tabla 10.10. Descripción estación.**

| **Nombre estación** | Arroyo Leon aguas abajo desembocadura Arroyo Grande | | **ID** | ALE-03 |
|---|---|---|---|---|
| **Municipio y vereda** | Límites Barranquilla – Puerto Colombia (*bajo puente de la Circunvalar prosperidad*) | **Coordenada Este** | 4794778,6600000001 | |
| | | **Coordenada Norte** | 2774808,5240000002 | |
| | | **Altitud** | 8 | |

**Registro de estación**

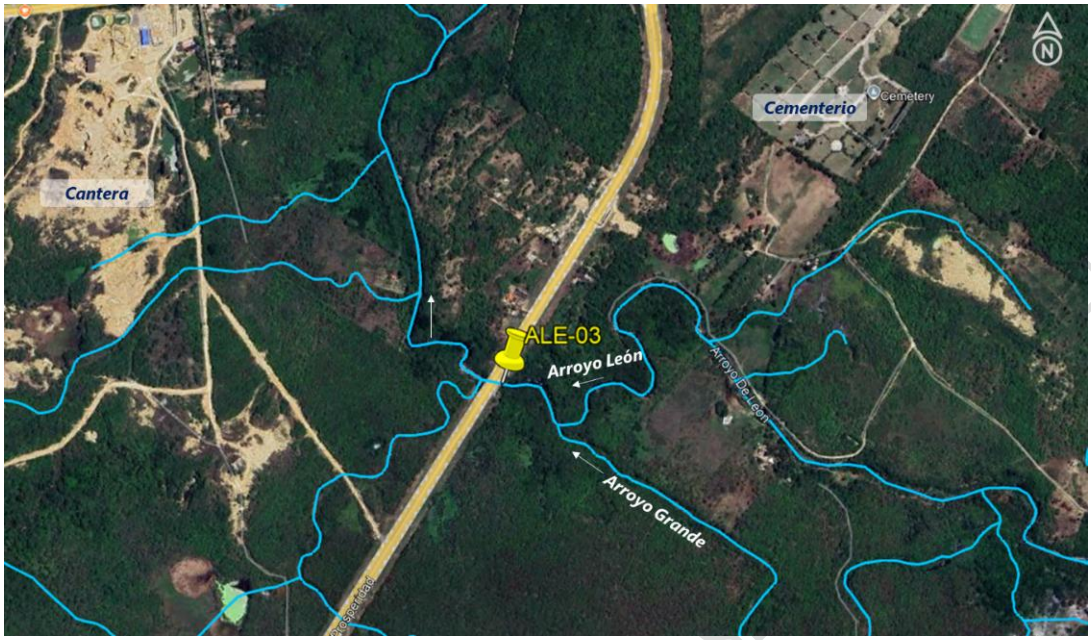
**Parámetros**

| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ep. Seca Marzo | 30,1 | 7,61 | 0,05 | 1128 | 29 | 41,3 | 67,5 | 35,8 | 3,5 | 3300 | 28000 | 326 |
| Ép. Normal Mayo | 30,8 | 7,56 | 0,01 | 1330 | 32,5 | 31,2 | 44,2 | 23,4 | 3,23 | 3900 | 22000 | 538 |

La estación ALE 03 se encuentra ubicada aproximadamente 170 metros aguas abajo de la desembocadura del Arroyo Grande (*trayendo consigo el caudal de los Arroyo provenientes del municipio de Tubará, Baranoa y Galapa*) al Arroyo León. Respecto al Arroyo León, este ha pasado por la EDAR El Pueblo y aproximadamente tres kilómetros antes de la estación, ha recolectado las aguas del canal de Alameda del río. El punto se localiza debajo del puente de la circunvalar la prosperidad en el sentido Barranquilla – Galapa. La zona oriental es área rural con algunas viviendas dispersas, no se evidencian cultivos u actividades de gran impacto. En la zona nororiente se encuentra el cementerio Jardines de la eternidad Norte sobre el corredor universitario.

DOCUMENTO

**Figura 10.20. Contexto ubicación de estación.**




Fuente: Google Earth, 2025

En la estación la sección cuenta con un ancho promedio de seis metros y taludes no superiores a los dos metros, vegetación de mediano porte con alturas entre los cuatro a ocho metros en promedio, principalmente en la ronda se identifica *Leucaena*, el cuerpo de agua presenta material vegetal de gran volumen arrastrado por la corriente, el contacto de la lámina de agua con la ronda deposita lodo color negro, se percibe un olor fuerte de agua

residual. Durante los monitoreos, se evidenció cambio de color verde en jornada de marzo a color negro en jornada de Mayo, además de evidenciar un aumento de caudal.

**Figura 10.21. Comparación de jornadas de monitoreo estación ALE03.**

A pesar de no contar con actividades o asentamientos directamente en la ronda de la estación, se evidenció el arrastre de residuos de todo tipo que el Arroyo trae consigo durante su recorrido, va consolidando "islas de basura", en donde se identificaron electrodomésticos, muebles, animales, ropa, lonas, colchonetas entre otros residuos.

**Figura 10.22. Isla de residuos en estación ALE03.**

### 10.2.3.3. *Arroyo León antes de desembocadura al Mar Caribe*

**Tabla 10.11. Descripción estación ALE04.**

| **Nombre estación** | Arroyo Leon antes de desembocadura al Mar Caribe | | **ID** | ALE-04 |
|---|---|---|---|---|
| **Municipio y vereda** | Puerto Colombia – vía La Playa – Sabanilla (*Finca Prisma Nova*) | **Coordenada Este** | 4795019,767 | |
| | | **Coordenada Norte** | 2778109,182 | |
| | | **Altitud** | 0 | |

**Registro de estación**

**Parámetros**

| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ép. Seca Marzo | 31,1 | 7,82 | 0,07 | 1228 | 35 | 45 | 67 | 31,7 | 2,79 | 1300 | 17000 | 988 |
| Ép. Normal Mayo | 30,2 | 7,73 | 1,60 | 1527 | 22,4 | 24,1 | 62,2 | 21,7 | 0,678 | 1700 | 18000 | 1338 |

La estación ALE04 es el último punto de monitoreo correspondiente al Arroyo León, se encuentra ubicada aproximadamente un kilómetro antes de la desembocadura del Arroyo en el Mar Caribe, en la vía que conduce del corregimiento La Playa al sector de Sabanilla (Puerto Colombia), teniendo en cuenta el reconocimiento previo que se realizó para acceder al punto original, se evidenció dificultad para la actividad de aforo; motivo por lo cual se desplazó 35 metros hacia el norte , accediendo por medio de la *Finca Prisma Nova* localizada en el sector occidental de la estación. En este sector el Arroyo ha recorrido la trampa de residuos, el lago El Cisne y Lagos del Caujaral, el ancho del cuerpo de agua en la estación oscila entre los nueve a doce metros.

DOCUMENTO N

**Figura 10.23. Contexto ubicación de estación ALE 04.**

Fuente: Google Earth, 2025

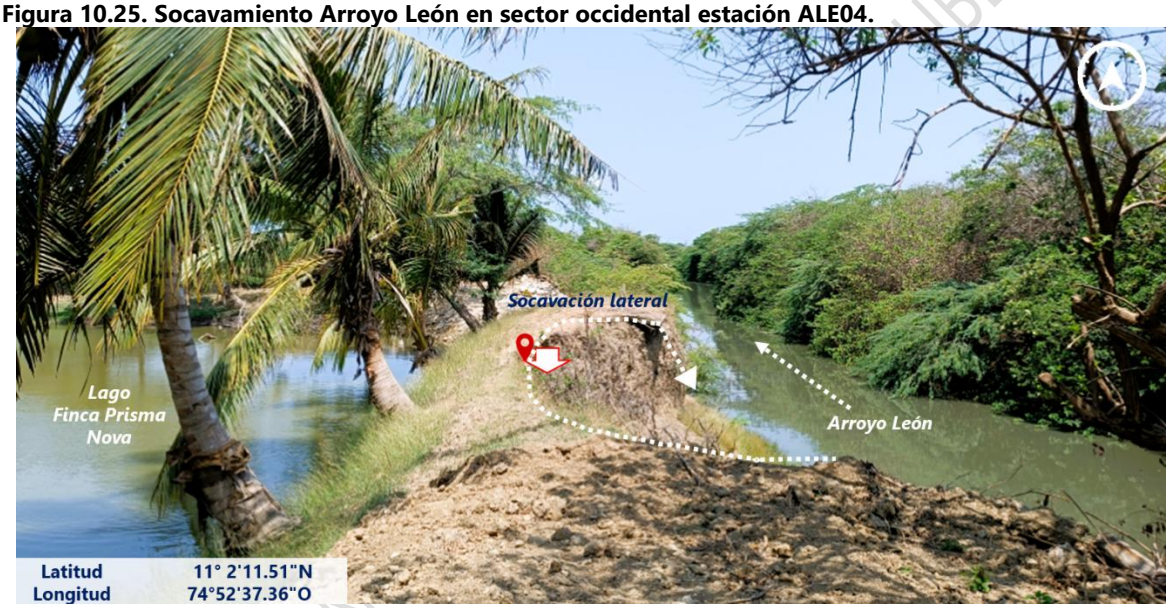
**Figura 10.24. Estación ALE 04.**

A partir del punto de monitoreo empieza a encañonarse con taludes entre los dos a cuatro metros de altura, su margen oriental cuenta con un buen estado de conservación con arbustales con alturas entre los cuatro a seis metros; sin embargo, en su margen occidental su ronda se encuentra con vegetación dispersa y con procesos acelerados de socavación, que colocan en riesgo la estabilidad de los taludes y que ha tenido precedentes de deslizamientos y colapso de estructura durante eventos de alta precipitación en años

previos. En las jornadas se evidenció un color gris a negro entre los monitoreos de marzo y mayo, un aumento de caudal y para la segunda jornada, mayor presencia de espumas en comparación de la primera jornada. El aforo se realizó mediante bote dadas las condiciones de profundidad del Arroyo en este punto y el método de molinete empleado. Se percibe olor fuerte; sin embargo, en menor medida frente al detectado en la estación ALE03.

Los habitantes de la finca Prisma Nova indicaron que el arroyo ha inundado la finca, siendo el año 2023 el de mayor impacto, donde el río alcanzó la altura suficiente (más de 2 metros), para desbordarse, causando graves daños a la finca, entre ellas el deslizamiento de al menos dos metros de la ronda y desplome de una estructura de tanque. Este proceso erosivo se agrava con cada creciente del Arroyo y compromete una amplia sección de la finca.

**Figura 10.25. Socavamiento Arroyo León en sector occidental estación ALE04.**




DOCUMENTO NO PUBLICADO

### 10.2.3.4. *Arroyo Grande aguas abajo casco urbano Galapa (antes de Peaje Juan Mina)*

**Tabla 10.12. Descripción estación AGR01.**

| **Nombre estación** | Arroyo Grande aguas abajo casco urbano Galapa (antes de Peaje Juan Mina) | | **ID** | AGR-01 |
|---|---|---|---|---|
| **Municipio y vereda** | Galapa – bajo circunvalar Prosperidad, aguas abajo de Barrio Mundo Feliz. | **Coordenada Este** | 4793689,5439999998 | |
| | | **Coordenada Norte** | 2766006,1099999999 | |
| | | **Altitud** | 42 | |

**Registro de estación**

**Parámetros**

| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ép. Seca Marzo | 35 | 8,14 | 4,54 | 1413 | 41 | 53,1 | 96,4 | 55,3 | 0,108 | 2200 | 7000 | 32 |
| Ép. Normal Mayo | 30,9 | 7,81 | 3,04 | 1606 | 15,6 | 49,4 | 93,8 | 39,2 | 2,93 | 110000 | **1100000** | 42 |

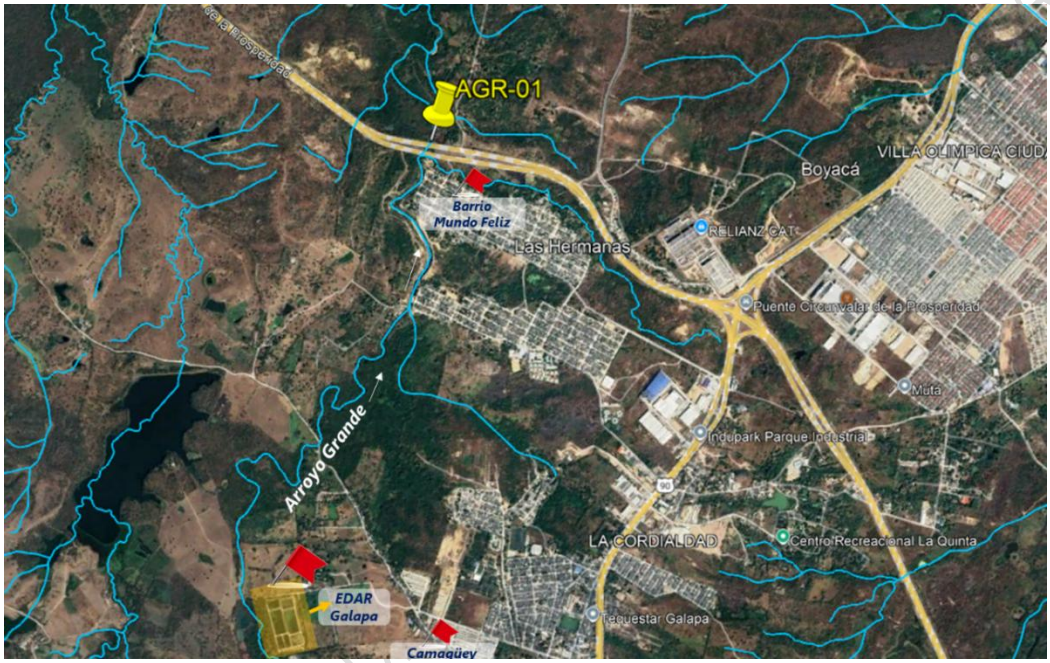
La estación AGR 01 correspondiente al Arroyo Grande, busca evaluar la condición del cuerpo de agua una vez ha recibido los aportes del Arroyo Megua del sector de Pital de Megua, concluido su paso por el municipio de Galapa y previo a recibir las aguas del Arroyo Granada. Aproximadamente tres kilómetros aguas arriba del punto de monitoreo, se encuentran los vertimientos del centro de beneficio animal Camagüey y la Estación Depuradora de Aguas Residuales – EDAR de Galapa operada por la empresa Triple A ESP y a 138 metros el Barrio Mundo Feliz. El punto se localiza bajo el puente de la circunvalar la prosperidad en el sentido Galapa – Barranquilla.

La sección tiene un ancho promedio de dos metros, los taludes son bajos y el material principal del suelo es arenoso, en el lecho se depositan fango color negro, además de las

DOCUMENTO N

orillas donde la lámina de agua hace contacto con el suelo, la vegetación es principalmente arbustiva en buen estado de conservación, se evidencian algunas plantas de plátano, pastos altos y presencia de bovinos provenientes del predio localizado en la margen oriental del punto. La coloración del agua entre jornadas es marrón (marzo) a gris oscura (mayo), se evidencia presencia de espumas especialmente en la segunda jornada y de manera particular el aumento de películas de grasas decantadas en las márgenes del cuerpo de agua de color negro y con mal olor.

**Figura 10.26. Contexto ubicación de estación AGR-01.**




Fuente: Google Earth, 2025

DOCUMENTO NO D AD

**Figura 10.27. Acumulación de grasas en márgenes de Arroyo Grande estación AGR01.**

Se evidenciaron residuos de material vegetal, llantas, lonas entre otros residuos, transportados por el cuerpo de agua probablemente durante épocas de alta precipitación, además de arrastre de arenas que forman pequeñas islas en medio del cuerpo de agua. Es importante señalar que este cuerpo de agua es receptor de las descargas de aguas servidas de las viviendas asentadas en la zona de ronda del Barrio Mundo Feliz de Galapa. Durante los recorridos realizados en el marco de la ruta del agua, se evidenciaron vertimientos directos sobre el arroyo que a su vez están acelerando el proceso de socavación lateral en taludes que superan los cuatro metros de altura, estas viviendas de carácter informal no cuentan con acceso a la red de alcantarillado del barrio y deben verter sus aguas domésticas de forma directa al arroyo, en algunos sectores, indica la población se ha deslizado hasta tres metros de la ronda.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

**Figura 10.28. Socavación Arroyo Grande en Barrio Mundo Feliz.**

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FA

### 10.2.3.5. *Arroyo Grande aguas abajo desembocadura Arroyo Granada*

**Tabla 10.13. Descripción estación AGR02**

| **Nombre estación** | Arroyo Grande aguas abajo desembocadura Arroyo Granada | | **ID** | AGR-02 |
|---|---|---|---|---|
| **Municipio y vereda** | Barranquilla – Corregimiento Juan Mina | **Coordenada Este** | 4793738,1299999999 | |
| | | **Coordenada Norte** | 2770556,0869999998 | |
| | | **Altitud** | 23 | |

**Registro de estación**

**Parámetros**

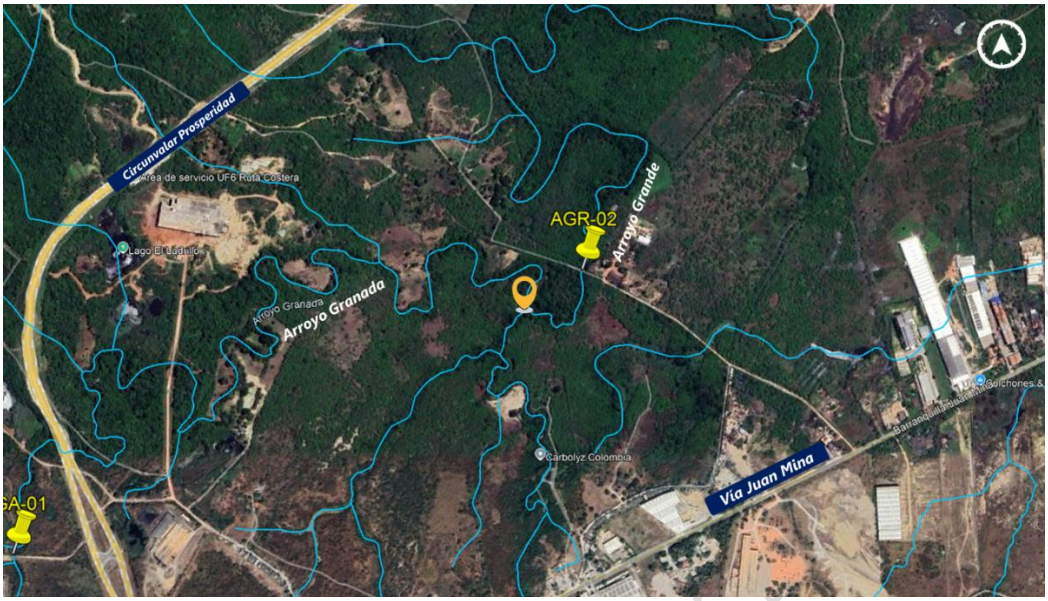
| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ép. Seca Marzo | 32,6 | 7,92 | 2,69 | 2020 | 14 | 7,97 | 35,2 | 19,5 | 3,33 | 1700 | 4700 | 50 |
| Ép. Normal Mayo | 31,7 | 7,78 | 2,58 | 1930 | 26,4 | 18,10 | 58,9 | 28 | 2,43 | 170000 | **2400000** | 61 |

La estación AGR02 se encuentra aproximadamente 280 metros aguas abajo de la desembocadura del Arroyo Granada sobre Arroyo Grande, a partir del punto AGR01 el arroyo ha atravesado el sector oriental del corregimiento de Juan Mina y ha recibido el caudal del *Arroyo Cascabel* que atraviesa el *Barrio Villa Iris* del mismo corregimiento, donde recibe una alta carga contaminante de vertimientos y residuos.

En la estación, la sección tiene un ancho promedio de cuatro metros, taludes con una altura entre 1.5 y 2 metros con bosque ripario o de galería en buen estado de conservación de tipo arbustivo con individuos de altura entre los tres y seis metros de altura dentro de los cuales se identifican algunas especies como *Leucaena, Trupillo, Caracolí* entre otras especies. El material del suelo es de tipo arenoso y no se perciben malos olores en el punto.

DOCUMENTO NO DE

**Figura 10.29. Contexto ubicación de estación AGR-02.**




Fuente: Google Earth, 2025

**Figura 10.30. Desembocadura de Arroyo Granada en Arroyo Grande.**

Durante el primer monitoreo, se evidencia desde la desembocadura del *Arroyo Granada* sobre el *Arroyo Grande*, el depósito de material fangoso proveniente de la alta carga contaminante del *Arroyo Granada* en el margen occidental del cuerpo de agua. A pesar de que en el punto AGR01 se evidenció un grado de contaminación alto, el recorrido a lo largo de los aproximadamente cinco kilómetros le ha permitido al Arroyo Grande la depuración, llegando a la estación AGR02 con aguas con baja carga de sedimentos (cristalina) y marcando una diferencia frente al agua y contaminación transportada por el Arroyo Granada como se evidencia a continuación:

**Figura 10.31. Estación AGR02 – monitoreo marzo 2025.**

Durante el monitoreo del mes de mayo, se evidencia la dilución de ambos cuerpos de agua y la tonalidad marrón oscura, además de un mayo depósito de arenas en las márgenes del Arroyo. En esta estación se identificaron actividades de minería artesanal, para la extracción de arenas por parte de "paleros" que trasportan el material en carretas para actividades de obra o construcción. En diálogo con habitantes aledaños y mineros, indican que Arroyo Grande este cuerpo de agua puede aumentar de torrencial su caudal y altura en más de dos metros, desbordándose y ocasionando incomunicación, dado que es un paso peatonal para los habitantes.

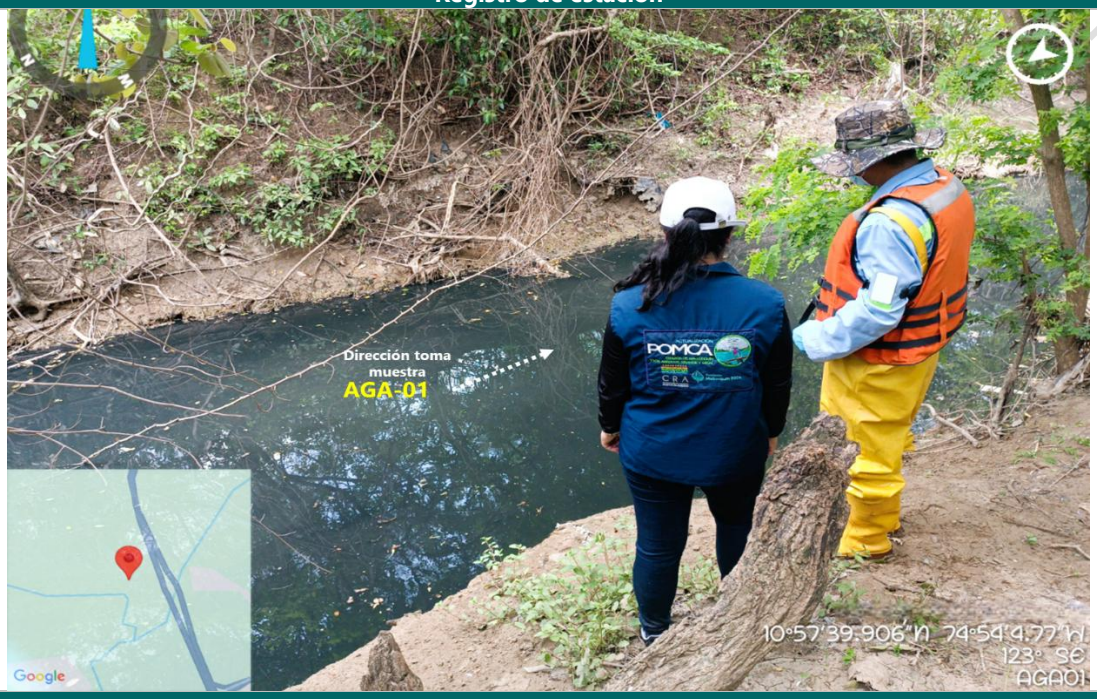
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

### 10.2.3.6. *Arroyo Granada antes de desembocadura en Arroyo Grande*

**Tabla 10.14. Descripción estación AGA01.**

| **Nombre estación** | Arroyo Granada antes de desembocadura en Arroyo Grande | | **ID** | AGA-01 |
|---|---|---|---|---|
| **Municipio y vereda** | Puerto Colombia (límite entre Puerto Colombia – Barranquilla) | **Coordenada Este** | 4792282,4699999997 | |
| | | **Coordenada Norte** | 2769848,3339999998 | |
| | | **Altitud** | 25 | |

**Registro de estación**




**Parámetros**

| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ép. Seca Marzo | 31,8 | 7,61 | 1,08 | 2950 | 32 | 12,3 | 23,7 | 1,41 | 0,792 | 2300 | 4600 | NA |
| Ép. Normal Mayo | 31,9 | 6,99 | 0,01 | 4160 | 40,6 | 60,9 | 86,4 | 5,54 | 0,386 | 210000 | **1300000** | NA |

Arroyo Granada ha sido señalado por múltiples actores como uno de los cuerpos de agua de la cuenca con mayor nivel de afectación por los vertimientos de origen doméstico y no doméstico. La estación propuesta permite identificar el estado del cuerpo de agua receptor de *Arroyos Eneal, Arroyo San Luis* (localizados en la zona suroccidental de la cuenca) en jurisdicción del municipio de Tubará y que recorren los asentamientos de Guaimaral y Cuatro bocas, así como su tránsito por inmediaciones del *Parque Ambiental Los Pocitos, Parque Tecnológico Ambiental de Veolia, ZILOG parque industrial y Zona Franca La Cayena* en el municipio de Galapa que entregan sus aguas al Arroyo Granada para finalmente desembocar en el Arroyo Grande. El punto inicial propuesto se encuentra localizado en la zona limítrofe entre el municipio de Puerto Colombia y Barranquilla, aproximadamente 50 metros aguas debajo de la Zona Franca La Cayena.

DOCUMENTO

Sin embargo, durante el recorrido previo de reconocimiento, se evidenció el estancamiento de las aguas impidiendo la actividad de aforo y dificultad en el acceso al punto propuesto, motivo por el cual el equipo debió relocalizar la estación aproximadamente 70 metros aguas abajo del punto inicial. Sin embargo, el comportamiento de estancamiento de las aguas se mantuvo, a pesar de los intentos de uso de molinete realizados por el equipo en la nueva sección; esto puede deberse a características topográficas de la zona y caudal, que impiden el tránsito de las aguas por el canal. Sin embargo, para garantizar la caracterización del agua que evidencia una fuerte carga de contaminación, se procede a la toma de muestras en las dos jornadas de monitoreo. Empero, se sugiere la relocalización de este punto de muestreo donde se facilite el aforo de caudal al menos 250 metros aguas abajo del propuesto.

**Figura 10.32. Contexto ubicación de estación AGA-01.**

Fuente: Google Earth, 2025

DOCUMENTO NO

**Figura 10.33. Punto inicial de monitoreo propuesto.**

Una vez ajustada la nueva estación de monitoreo, el cuerpo de agua presenta un ancho promedio de tres metros con taludes entre 1.5 metros de altura en promedio, se presenta vegetación riparia, sin embargo, tanto en la margen oriental como occidental se evidencias pastos y carretera de acceso a una finca colindante. Se evidencia presencia de fauna como iguanas, aves, serpientes. No se evidencian crecientes en las márgenes del arroyo y se identifica un olor fétido al acercarse al cuerpo de agua. Se evidencia cambio de color entre jornadas de monitoreo grisáceo con trazas de grasas y material flotante. Restos de material vegetal y residuos, en su lecho se deposita un fango color negro, al igual que en las márgenes.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE

**Figura 10.34. Estación AGA01.**

En el marco de los recorridos rurales, el equipo profesional realizó un recorrido sobre Arroyo Granada en compañía del Corregidor de Juan Mina y Líderes comunitarios, quienes solicitaron georreferenciar los principales puntos críticos de contaminación de este importante afluente de relevancia para la comunidad del corregimiento, quien ha visto su acelerado deterior a causa de múltiples tensores ambientales. Uno de los puntos es un vertimiento, el cual los líderes atribuyen presuntamente a la zona franca La Cayena, además de otros vertimientos difusos que están generando un gran perjuicio al cuerpo de agua y a la biodiversidad presente en él. En la carretera que conduce a la cantera, se evidencia el paso del Arroyo, dejando en las piedras una costra de color blanco y el oscurecimiento del cuerpo de agua, esto ha ido agravando las condiciones del Arroyo y se ha convertido en un punto

álgido de preocupación y discusión por parte de los líderes del corregimiento en los diferentes espacios de participación del plan.

**Figura 10.35. Vertimiento cerca de Zona Franca Cayena.**

Solicitan el acompañamiento y visita para supervisar estos puntos de vertimientos y las acciones para la intervención y recuperación de este importante cuerpo de agua, el cual era de atractivo turístico y frecuentado por la población, sin embargo, hoy en día los lideres indican se ha convertido en una cloaca a cielo abierto exponiendo la salud de los habitantes y su estado es cada vez más crítico sin acción alguna por parte de las autoridades competentes. Los detalles de esta visita se pueden detallar en el capítulo de recorrido rural del agua en el volumen de actividades complementarias.

### 10.2.3.7. *Ciénaga de Mallorquín (centro)*

Para la Ciénaga de Mallorquín se establecieron tres puntos de monitoreo que buscar identificar el comportamiento de la calidad de agua del cuerpo en sectores como corregimiento La Playa donde no se cuenta con sistema de alcantarillado, siendo sectores como Cangrejera uno de los más críticos (CMQ-02) , y el impacto de sectores como Barrio Palafitos del sector La Flores, cuyas viviendas y asentamientos subnormales no cuentan con sistemas de saneamiento básico y deposita sus residuos se forma directa a la ciénaga generando un gran impacto negativo sobre ella. Finalmente, el punto CMQ-01 para evaluar la calidad de agua en la Ciénaga y su capacidad de autosuperación.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Tabla 10.15. Descripción estación CMQ01.**

| Nombre estación | Ciénaga de Mallorquín (centro) | | ID | CMQ-01 |
|---|---|---|---|---|
| Municipio y vereda | Barranquilla Corregimiento Eduardo Santos, frente a sector Playa | Coordenada Este | 4798170,8229999999 | |
| | | Coordenada Norte | 2779060,6200000001 | |
| | | Altitud | 0 | |

**Registro de estación**

**Parámetros**

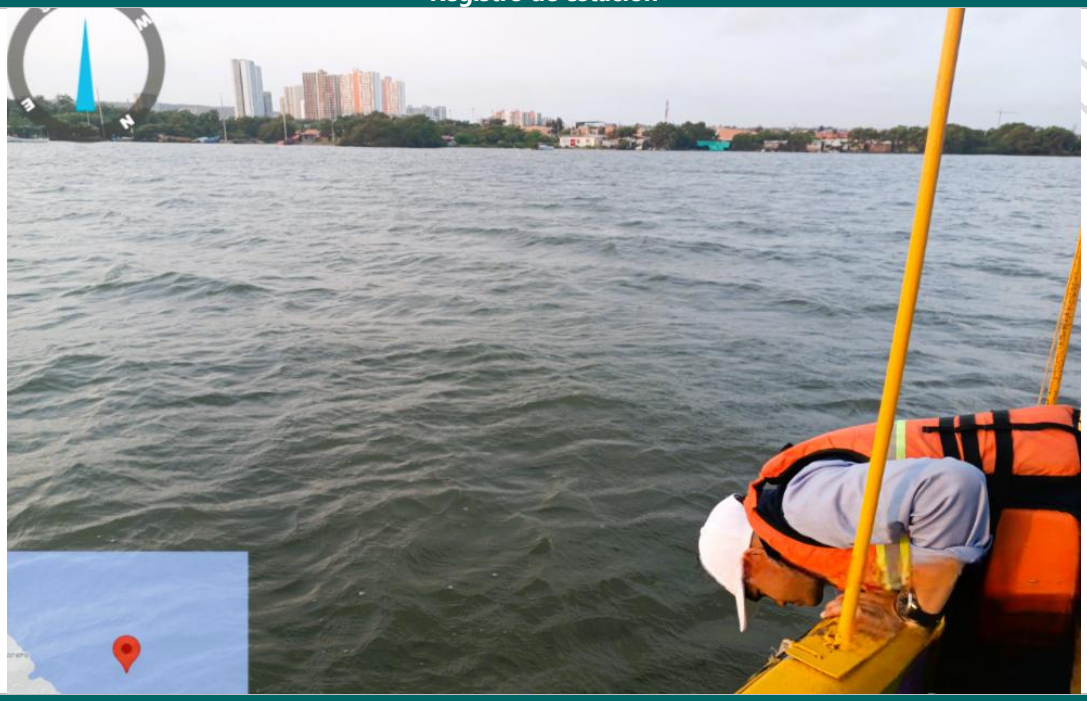
| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ep. Seca Marzo | 27 | 7,91 | 7,78 | 55300 | 19,6 | 6,99 | <20 | <1 | 0,075 | 1300 | 2300 | NA |
| Ép. Normal Mayo | 29,5 | 7,86 | 7,79 | 52100 | 6,40 | <2 | 41,1 | 2,02 | 0,195 | 1100 | 2700 | NA |

DOCUMENTO NO C

**Tabla 10.16. Descripción estación CMQ-02.**

| Nombre estación | Ciénaga de Mallorquín (Frente a Cg. Eduardo Santos) | | ID | CMQ-02 |
|---|---|---|---|---|
| Municipio y vereda | Barranquilla Corregimiento Eduardo Santos, frente a sector Cangrejera | Coordenada Este | 4796942,8389999997 | |
| | | Coordenada Norte | 2778393,4470000002 | |
| | | Altitud | 0 | |

**Registro de estación**



**Parámetros**

| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ÉP. Seca Marzo | 26,6 | 7,92 | 7,79 | 54700 | 35,2 | 7,34 | <20 | <1 | <0,075 | 1400 | 2200 | NA |
| Ép. Normal Mayo | 28,9 | 7,89 | 7,29 | 50600 | 29,9 | <2 | 41,7 | 3,42 | 0,387 | 1300 | 2600 | NA |

DOCUMENTO NO

**Tabla 10.17. Descripción estación CQM-03.**

| Nombre estación | Ciénaga de Mallorquín (Frente a Barrio Las Flores) | | ID | CMQ-03 |
|---|---|---|---|---|
| Municipio y vereda | Barranquilla Corregimiento Eduardo Santos, frente a Barrios Palafitos – Las Flores | Coordenada Este | 4799725,6689999998 | |
| | | Coordenada Norte | 2778879,6039999998 | |
| | | Altitud | 0 | |

**Registro de estación**

**Parámetros**

| Época | T° | pH | OD | Cond | SST | DBO | DQO | N ken | PT | COL Fecal | COL Totales | Q |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alta Precipit Marzo | 27,6 | 7,8 | 7,21 | 55600 | 28 | 8,48 | <20 | 1,10 | <0,075 | 2100 | 2600 | NA |
| Baja Precipit Mayo | 30 | 7,98 | 7,78 | 51800 | 47,7 | <2 | 44,2 | 2,97 | 0,133 | 2200 | 3300 | NA |

## 10.2.4. Objetivos de calidad

### 10.2.4.1. *Resolución 0503 de 2018 CRA*

Esta directriz normativa adopta el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la Ciénaga de Mallorquín con una vigencia de diez años (2028) y establece en su artículo los objetivos de calidad de corto, mediano y largo plazo para la Ciénaga de Mallorquín y Arroyo león, la capacidad de carga del embalse, fue determinada mediante estudio de modelación como se citan a continuación:

DOCUMENTO NO

**Tabla 10.18. Objetivos de calidad Ciénaga de Mallorquín y Arroyo León.**

| Parámetro | Unidad | *Usos preponderantes proyectados para la Ciénaga de Mallorquín y objetivos de Calidad* | | | *Usos preponderantes proyectados para el tramo final del arroyo y objetivos de calidad* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Clase I Res. 258/11 Corto plazo | Clase II Res. 258/11 Mediano plazo | Clase III Res. 258/11 Largo plazo | Clase I Res. 258/11 Corto plazo | Clase II Res. 258/11 Mediano plazo | Clase III Res. 258/11 Largo plazo |
| DBO5 | mg/l | <7 | <5 | <5 | <7 | <7 | <5 |
| OD | mg/l | >3 | >4 | >4 | >3 | >3 | >4 |
| Grasas y aceites | mg/l | <10 | <5 | <5 | <10 | <10 | <5 |
| Coliformes totales | NMP/ 100ml | <3000 | <5000 | <5000 | <24196 | <5000 | <5000 |
| Coliformes fecales | NMP/ 100ml | <2000 | <200 | <200 | <2000 | <2000 | <200 |
| Sólidos flotantes | Presencia | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| Sólidos suspendidos totales – SST | mg/l | <110 | <85 | <85 | <115.6 | <85 | <85 |
| Nitritos No2 | mg/l | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Nitratos No3 | mg/l | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Nitratos amoniacal N-NH3 | mg/l | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Fósforo orgánico P-FO4 | mg/l | <=0.1 | <=0.1 | <=0.1 | <=0.1 | <=0.1 | <=0.1 |
| pH | UpH | 7-9 | 7-9 | 7-9 | 7-9 | 7-9 | 7-9 |
| Temperatura del agua °C | °C | <40 | <40 | <40 | <40 | <40 | <40 |
| Olores ofensivos | Presencia | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes | Ausentes |

Fuente: CRA, 2018

### 10.2.4.2. *Resolución 0449 de 2021 CRA*

Esta directriz normativa define los objetivos de calidad para los cuerpos de agua de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico a corto, mediano y largo plazo. *Que para estos efectos, se tuvieron en cuenta: el perfil de calidad de los cuerpos de agua de la jurisdicción, los usos actuales y potenciales, las cargas totales dispuestas en la actualidad, los criterios y normas definidas en el Decreto 1076 de 2015, el establecimiento de los modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables, la conservación de límites acordes con las necesidades del consumo y el grado de desarrollo previsto en el área de influencia del recurso, definiendo sistemas de o tramos que para el caso específico de la cuenca, concuerda con el CUENCA LITORAL - SUBCUENCAS 1401-1, 1401-2, 1401-3, 1401-4, 1401-5, 2904-1, el cual abarca las ciénagas costeras y los arroyos que drenan en esta cuenca, donde se descargan aguas residuales de los cascos urbanos de los municipios de Puerto Colombia, Tubará, Juan de Acosta, Piojó, Galapa y Barranquilla.*

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

De acuerdo a la clasificación que establece la CRA para la cuenca litoral Caribe, se identificaron las siguientes clases, objetivos de calidad y usos:

**Tabla 10.19. Clasificación de los tramos de control para el establecimiento de los objetivos de calidad CRA.**

| Clase | Descripción de usos posibles para el cuerpo de agua |
|---|---|
| I | Corresponde a los valores de los usos del agua para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, uso agrícola y uso pecuario |
| II | Corresponde a los valores de los usos del agua para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, uso agrícola con restricciones y uso pecuario. |
| V | Corresponde a valores de los usos para asimilación de materia orgánica, uso Industrial restringido y recuperación para paisajismo |

Fuente: CRA, 2021

**Tabla 10.20. Objetivos de calidad Resolución 0449 de 2021 CRA.**

| Parámetro | Unidades | Valor más restrictivo (*máximo que se puede obtener*) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Clase I | Clase II | Clase V |
| Parámetros Orgánicos | | | | |
| DBO | mg/L | 7 | 7 | 70 |
| OD | mg/L | >4 | >4 | |
| Coliformes totales | NMP/100 ml | 5000 | 20000 | |
| Parámetros Nutrientes | | | | |
| Nitratos | mg/L | 10 | 10 | |
| Nitritos | mg/L | 10 | 10 | |
| Solidos | | | | |
| Solidos Suspendidos | mg/L | 10 | 10 | 50 |
| Parámetros de Interés Sanitario | | | | |
| Aluminio | mg/L | 5 | | 5 |
| Amoniaco | CL 96/50 | 0.1 | 1 | |
| Arsénico | CL 96/50 | 0,05 | 0,05 | 0,1 |
| Bario | CL 96/50 | 0,1 | 1 | |
| Berilio | CL 96/50 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Boro | mg/L | 0.3-0.4 | | 0,3-0,4 |
| Cadmio | CL 96/50 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Cianuro Libre | CL 96/50 | 0,05 | 0,2 | |
| Cinc | CL 96/50 | 0.01 | 2 | 2 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 250 | |
| Cobalto | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Cobre | CL 96/50 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Color | Unidades escala Piallno - | | 75 | |
| Compuestos Fenólicos | mg/L | 0,002 | 0,002 | |
| Cromo | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,1 |
| Difenil Policlorados | Concentración de Agente Activo | No detectable | No detectable | |
| Mercurio | mg/L | 0,002 | 0,002 | 0,01 |
| pH | Unidades | 6,5-8,5 | 5,0-9,0 | 4,5-9 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

| Parámetro | Unidades | Valor más restrictivo (*máximo que se puede obtener*) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Clase I | Clase II | Clase V |
| Plata | mg/L | 0,01 | 0,05 | |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,05 | 0,1 |
| Selenio | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| Sulfatos | mg/L | 400 | 400 | |
| Tensoactivos | mg/L | 0,143 | 0,5 | |
| Vanadio | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Fuente: CRA, 2021

**Tabla 10.21. Usos y clase (parámetros y topes de calidad) a corto, mediano y largo plazo.**

| Sistema | Usos | | | | Clase | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo | Principal | Secundarios | Restringidos | Prohibidos | Corto plazo 2 años | Medio plazo 5 años | Largo plazo 10 años |
| Aguas marinas en balnearios reglamentados | Contacto primario | Contacto secundario, pesca | Uso industrial | Asimilación de aguas residuales | I | I | I |
| Aguas marinas no reglamentadas para balnearios | Pesca, contacto, primario, transporte | | Asimilación y manejo de aguas residuales con pretratamiento | Asimilación de aguas residuales sin tratamiento | V | V | V |
| Arroyos, caños y fuentes de agua que entregan sus aguas directamente al mar Caribe | Uso paisajístico, industrial y agropecuario | | Consumo humano y doméstico, Pesca de subsistencia | Aguas residuales sin tratamiento | V | V | II |
| Complejo de humedales y ciénagas | Preservación de flora y fauna | Transporte, contacto primario, contacto secundario, pesca y acuicultura | Consumo humano y domestico | Asimilación de aguas residuales | V | V | I |

Fuente: CRA, 2021

Es importante señalar que Barranquilla Verde como Autoridad Ambiental Urbana en el Distrito de Barranquilla realiza también monitoreo de calidad de agua y establece objetivos de calidad para el Arroyo León y LA Ciénaga de Mallorquín mediante Resolución 0851 de 20 de abril de 2020 con una vigencia hasta el año 2030. Estos objetivos de calidad son consistentes con los establecidos por la Corporación Autónoma, con excepción de la clase I, para la cual eleva el valor máximo de DBO hasta 10 mg $O_2$/L, y disminuye el valor mínimo de oxígeno disuelto a 3 mg $O_2$/L.

### 10.2.5. Análisis de los resultados del monitoreo

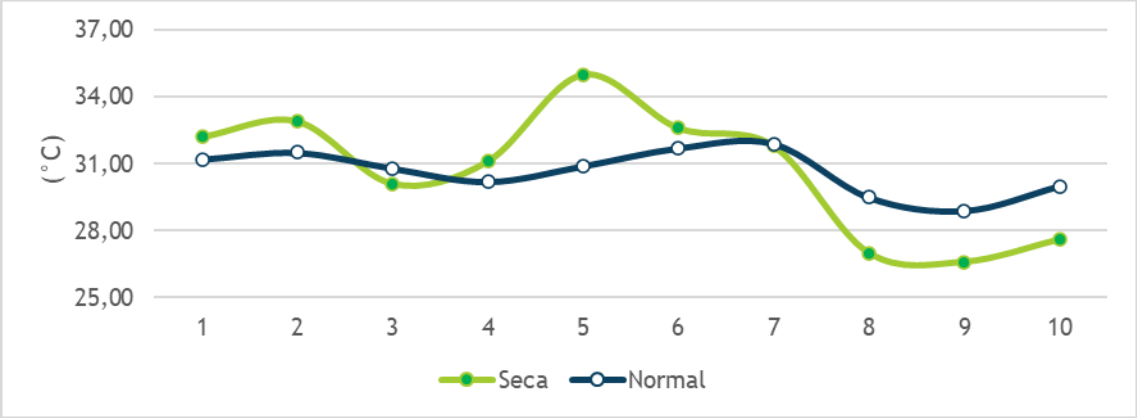
A continuación, se presentan los resultados y análisis de los parámetros de calidad en la red, tanto para las condiciones secas como normales (de transición a condición húmeda).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 10.2.5.1. *Temperatura*

El comportamiento de la temperatura no presenta variaciones significativas durante las dos jornadas de muestreo. En condiciones secas la temperatura osciló entre 26,6°C en la Ciénaga de Mallorquín (Frente a Cg. Eduardo Santos) y 35°C sobre la estación del Arroyo Grande Aguas abajo del casco urbano de Galapa (Antes del peaje de Juan Mina).

**Figura 10.36. Comportamiento de temperatura.**



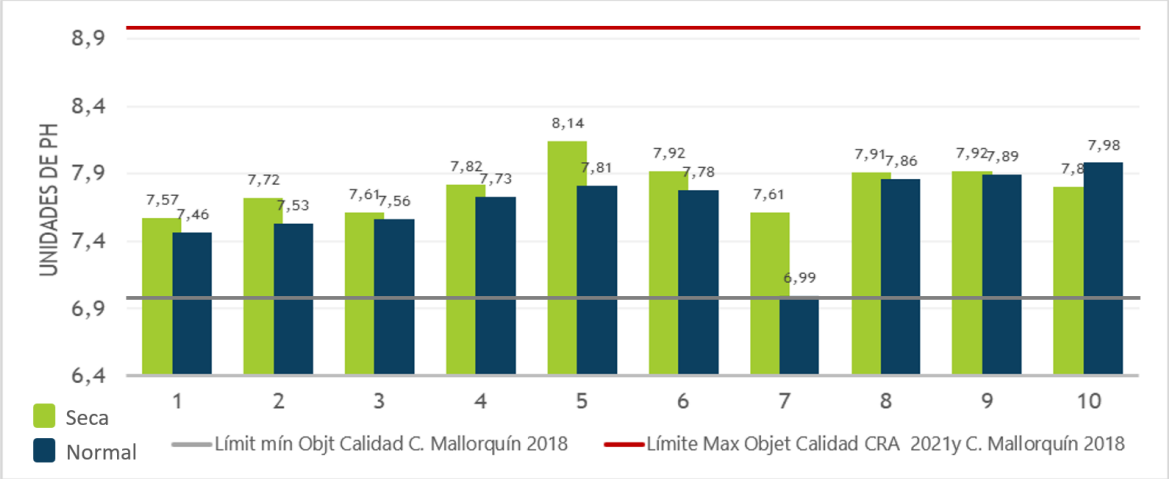

En condiciones normales, los registros de temperatura fluctuaron entre 28,9°C y 31,9°C, siendo la estación de Arroyo Granada antes de la desembocadura en el Arroyo Grande la que registra el valor más alto de temperatura. Este parámetro no presenta un factor de riesgo para el desarrollo de los ecosistemas acuáticos, ya que sus registros se encuentran por debajo de 40°C, cumpliendo con los objetivos de calidad de la Ciénaga y de los demás cuerpos de agua.

### 10.2.5.2. *Potencial de Hidrógeno pH*

Los registros de potencial de hidrógeno para el territorio en ordenación se enmarcan en los parámetros esperados para cuerpos de agua naturales. En condiciones secas, la estación ubicada sobre el Arroyo Grande, aguas abajo del casco urbano de Galapa, esboza tendencia a la alcalinidad (pH:8,14), lo cual puede ser atribuido a la presencia de contaminación amoniacal proveniente de la disposición de las aguas servidas resultantes de las actividades domésticas. Por otro lado, en condiciones normales, los valores más altos de pH se registraron en la Ciénaga de Mallorquín, siendo el punto con mayor alcalinidad frente al Barrio Las Flores, situación que permite denotar la presión de la comunidad sobre el recurso hídrico.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

**Figura 10.37. Comportamiento del pH.**



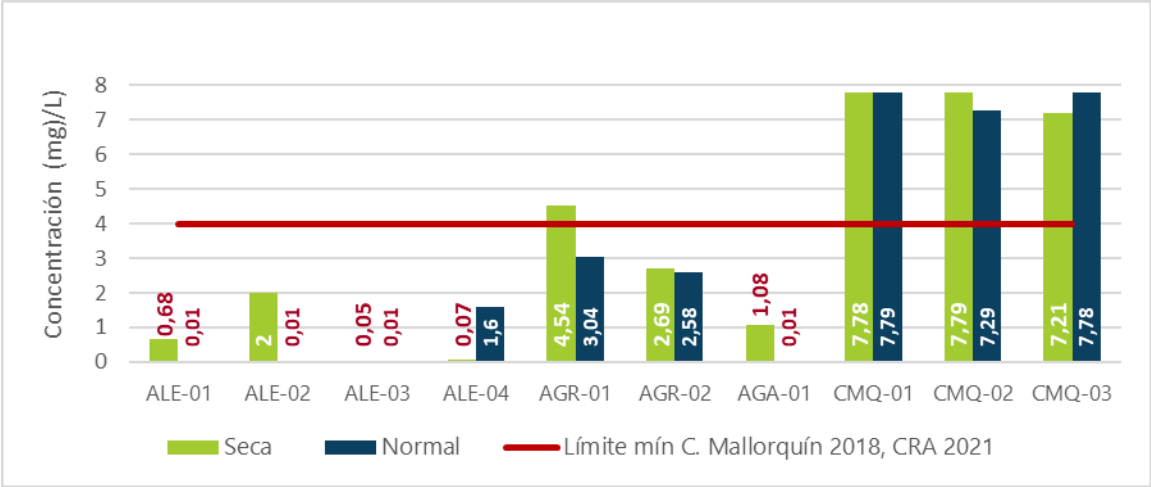

Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad La Ciénaga de Mallorquín y el tramo final del Arroyo León, éstos cuentan con objetivos definidos a través del Plan de Ordenamiento de Recurso Hídrico adoptado en el año 2018 y con una vigencia de diez años, adicionalmente se cuentan con los objetivos de calidad definidos por la corporación en vigencia hasta el año 2031 y los criterios de preservación de Flora y Fauna que establece el Decreto 1076 de 2015. Analizando los resultados obtenidos tanto en época seca como normal, se evidencia el cumplimiento del límite máximo de pH para los diez puntos de monitoreo.

### 10.2.5.3. *Oxígeno disuelto*

Las condiciones de oxígeno disuelto se mantienen en niveles críticos a lo largo de la cuenca, tanto en condiciones secas como normales; con excepción de las estaciones ubicadas sobre la Ciénaga de Mallorquín, cuyos valores revelan un contenido de OD mayor a 7mg/L. En condiciones normales, las estaciones sobre el arroyo León y Arroyo Granada registran valores de 0,001 mg/L, indicando precaria capacidad de los cuerpos de agua para permitir la supervivencia de las especies acuáticas y mantener el equilibrio del ecosistema; para la misma época de monitoreo, el OD en el arroyo Grande oscilan entre 2,58 mg/L y 3,04 mg/L, representando una capacidad moderada para la depuración de la materia orgánica presente en el cuerpo hídrico.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE P

**Figura 10.38. Comportamiento Oxígeno disuelto.**




Bajo condiciones secas, se denota un leve aumento de los niveles de oxígeno disuelto; no obstante, la cuenca sigue presentando niveles críticos para su autodepuración, especialmente en el arroyo León, el cual registra valores menores a 1 mg/L. El comportamiento de este parámetro exhibe un grave problema de contaminación como resultado de la descarga de aguas residuales y arrastre de productos químicos empleados en el desarrollo de actividades agropecuarias. El punto de monitoreo de Arroyo Grande aguas abajo del casco urbano (sector de Barrio Mundo Feliz), registra cumplimiento de los objetivos de calidad en época seca con un 4.54 mg/L; sin embargo, durante la época normal cae el indicador a 3.04 mg/L.

El punto más crítico dentro del monitoreo se registra en el Arroyo León aguas debajo de la entrega de las aguas de Arroyo Grande (ALE-03); este punto durante el monitoreo en campo, registraba una de las condiciones más críticas de la red (olores fétidos, basuras y coloración verde oscura en época seca a color negro en época normal), que evidenciaba una fuerte carga contaminante y procesos de descomposición de materia orgánica. El escenario crítico se presenta principalmente en época normal para las estaciones de Arroyo León y Arroyo Granada, siendo este último otro de los puntos críticos de la red por el mal estado del cuerpo, con alta carga contaminante por las descargas de vertimientos domésticos desde el sector de Villa Iris (*arroyo Cascabel*) y vertimientos de origen industrial durante su recorrido en las inmediaciones de las zonas industriales que colindan con el cuerpo. Estas condiciones de oxígeno son propias de ambientes de hipoxia, generando una fuerte presión sobre la vida acuática con alta probabilidad de generar muerte.

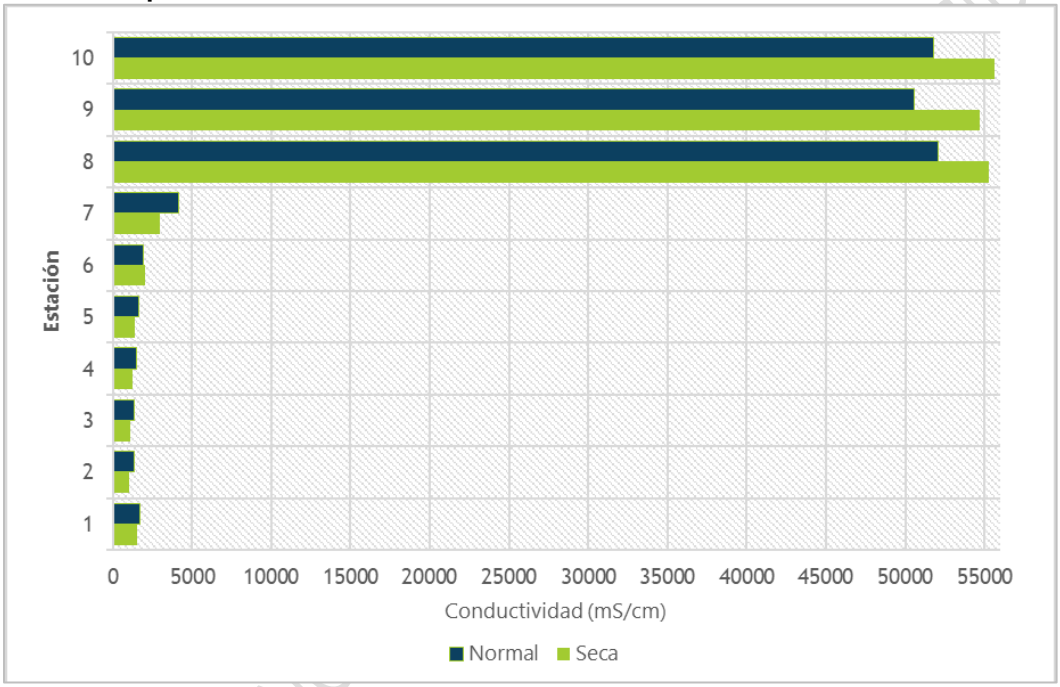
De manera general el 60% de los puntos de monitoreo en la actualización del presente instrumento, no cumplen con los objetivos de calidad de la autoridad ambiental vigente (2021-2031) , los tres puntos correspondientes a la Ciénaga de Mallorquín indican cumplimiento con los objetivos de calidad que le rigen 2018-2028; lo anterior puede asociarse a la capacidad de disolución del cuerpo de agua , en comparación con los otros cuerpos de agua como Arroyo Granada, Arroyo Grande y el propio Arroyo León.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PU

### 10.2.5.4. *Conductividad*

Para la cuenca hidrográfica objeto de ordenación, los valores de conductividad oscilan entre 1330 µS/cm y 52100 µS/cm para condiciones normales y entre 1056 µS/cm y 55600 µS/cm para condiciones secas; siendo los valores más altos registrados en la ciénaga de Mallorquín. Las variaciones significativas en el contenido de las sales disueltas de este cuerpo léntico se atribuyen al ingreso de agua salobre como resultado de la dinámica hidrológica entre el río Magdalena y el mar Caribe. Esto genera un alto grado de mineralización en el agua, por la presencia alta de iones y sales disueltas.

**Figura 10.39. Comportamiento de conductividad.**

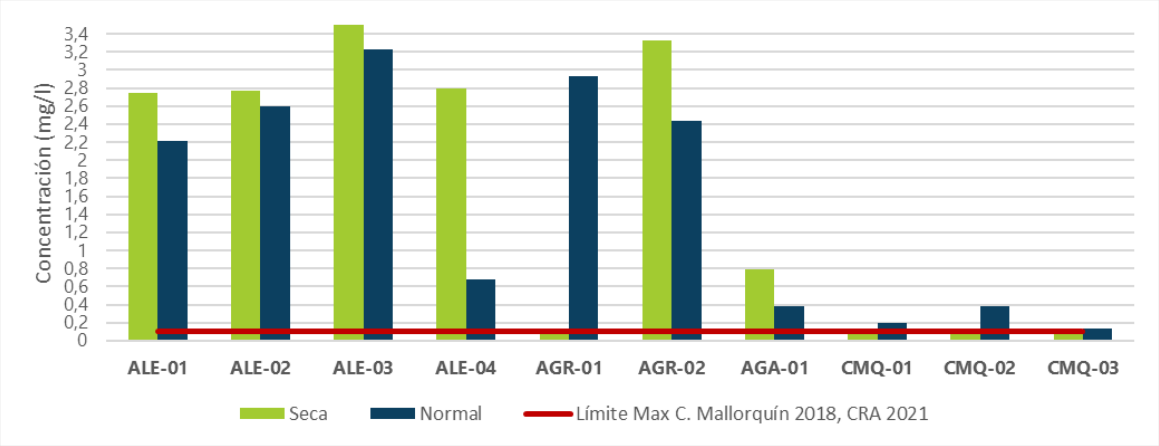



DOCUMENTO NO

### 10.2.5.5. *Fósforo*

Las concentraciones de fósforo en la cuenca hidrográfica oscilan entre 0,133 mg P/L y 3,23 mg P/L para condiciones normales y entre 0,108 mg P/L y 3,5 mg P/L para condiciones secas. Los valores más altos se presentan en el Arroyo León aguas debajo de la desembocadura del Arroyo Grande y Arroyo Grande aguas debajo de la desembocadura del Arroyo Granada, lo cual es atribuido al arrastre de sustancias organofosforadas derivadas de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de los centros poblados adyacentes y actividades industriales.

**Figura 10.40. Comportamiento fósforo.**




Valores por encima de 0,1 mg P/L pueden representar un alto riesgo del cuerpo de agua hacia la eutrofización, ya que el exceso de fósforo favorece el crecimiento excesivo y descontrolado de las algas y fitoplancton, reduce la disponibilidad de oxígeno; alterando así, las condiciones generales del ecosistema. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad para la Ciénaga de Mallorquín y los objetivos vigentes de la autoridad ambiental, el 60% de los puntos de monitoreo no cumplen con el valor máximo permisible (≤0.1 mg/l) de los objetivos de calidad vigentes, reportando cifras alarmantes de hasta 3.5 mg/l aguas debajo de que el *arroyo Grande* desemboque en el *arroyo León* , situación similar se presenta para el punto de monitoreo aguas debajo de la desembocadura del Arroyo Granada (del cual e ha realizado referencia por su alta carga contaminante) al Arroyo Grande.

Es importante identificar evidenciar el aumento abrupto de la concentración de fósforo entre la estación seca y normal en el punto de monitoreo que corresponde aguas abajo del casco urbano de Galapa (pasando de 0.108 en época seca a 2.93 mg/l en época normal), además de ser la zona receptora del efluente proveniente de la EDAR de Galapa, centro de beneficio animal de Camagüey y vertimientos difusos y directos sobre el Arroyo Grande, originados en los asentamientos informales que se encuentra en inmediaciones del cuerpo de agua.

Las estaciones correspondientes a la Ciénaga de Mallorquín cumplen con los objetivos de calidad durante la época seca, durante la época normal se presenta un leve aumento en la concentración, siendo la más representativa la que presenta el punto al frente del

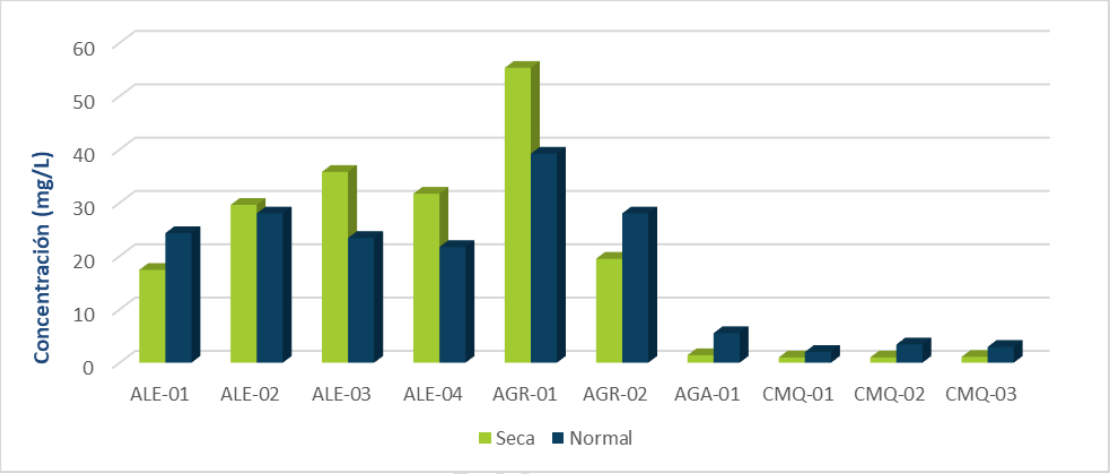
DOCUMENTO NO DEFINITIVO

corregimiento de La Playa (0.387 mg/l); lo anterior puede asociarse a aguas servidas de los sectores que no cuentan con el servicio de alcantarillado.

### 10.2.5.6. *Nitrógeno*

Las concentraciones de nitrógeno presentan fluctuaciones significativas en las diferentes estaciones evaluadas, cuyos valores más bajos se registran en la Ciénaga de Mallorquín. Los cuerpos lóticos (Arroyo, León, Arroyo Grande, Arroyo Granada) exhiben valores superiores a 10 mg/L tanto en condiciones normales como en condiciones secas, reflejando un alto potencial hacia la eutrofización debido al contenido amoniacal.

**Figura 10.41. Comportamiento nitrógeno.**



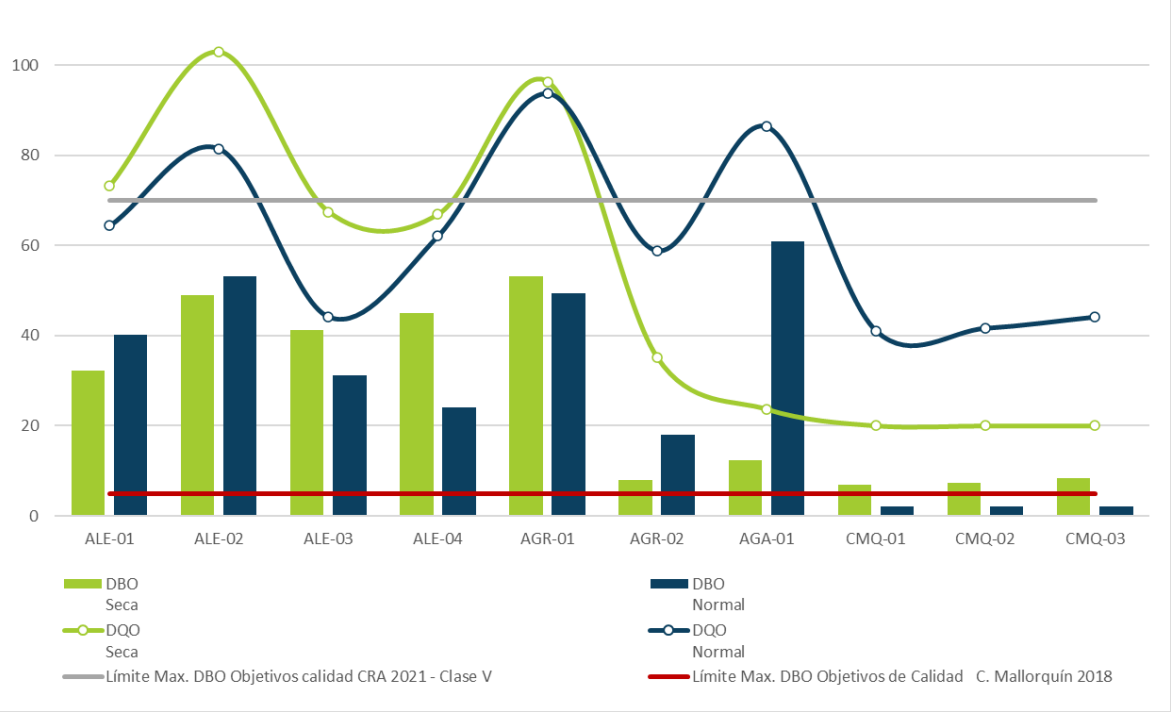

Las mayores concentraciones de nitrógeno total se evidenciaron bajo condiciones secas debido a que el bajo volumen de agua y las bajas velocidades de los cuerpos hídricos hacen que cualquier carga de nitrógeno que entre quede menos diluida. Se evidencia además que los puntos más críticos se ubican sobre el arroyo Grande aguas abajo del casco urbano de Galapa con registros de hasta 55 mg/L y el *arroyo León* aguas debajo de la desembocadura del *arroyo grande* con 35.8 mg/L, lo cual refleja la alta presión que ejerce el desarrollo urbano y sus actividades sobre el recurso hídrico. Los valores más bajos se presentan durante la época seca en las estaciones correspondientes a la Ciénaga de Mallorquín con valores que oscilan entre los <1 mg/L a 1.1 mg/L; para la época normal sus valores se duplican con valores entre los 2.02 mg/L a 3.42 mg/L, este último frente al sector del corregimiento de la playa.

### 10.2.5.7. *Materia orgánica (Demanda Bioquímica de Oxígeno -$DBO_5$- y Demanda Química de Oxigeno – DQO-)*

El comportamiento de los cuerpos hídricos revela concentraciones de DBO y DQO superiores a 30 mg/L tanto en condiciones secas como en condiciones normales, reflejando un alto potencial de contaminación por presencia de aguas residuales domésticas, industriales o agrícolas. Los valores registrados denotan un alto consumo de oxígeno por parte de los

microorganismos para degradar la materia orgánica, lo cual explicaría la disminución drástica de oxígeno disuelto en el agua.

**Figura 10.42. Comportamiento de $DBO_5$ y DQO.**




Durante la época seca se identifican $DBO_5$ entre los 6.99 mg O2/L y los 53.1 mg $O_2$/L, éste último valor corresponde a la estación del Arroyo Grande aguas abajo del casco urbano y de los vertimientos de la *EDAR Galapa* , Camagüey y sectores de asentamientos informales del barrio mundo feliz, seguido a este punto crítico, se registra otra correspondiente agua abajo del vertimiento de la *EDAR El Pueblo* con un valor de 49 mg $O_2$/L, 50% de la red presentó para esta época valores por encima de los 32 mg $O_2$/L, denotando una alta carga contaminante orgánica vehiculizada por los diferentes arroyos.

Para la época normal el comportamiento de la $DBO_5$ es fluctuante y se encuentra entre <2 mg $O_2$/L en la Ciénaga de Mallorquín y un punto crítico en Arroyo Granada con 60.9 mg $O_2$/L, durante la visita y toma de muestras por parte del equipo profesional, este punto presenta un alto grado de degradación y por condiciones topográficas un estancamiento de las aguas, las cuales circulan a mínima velocidad. Aunado a lo anterior sus aguas presentan un color negro y alto contenido de lodos que evidencian ser un cuerpo receptor de vertimientos directos y sin tratamiento de origen doméstico e industrial. Este punto presentó una diferencia de hasta 500% aproximadamente en su $DBO_5$ entre las dos épocas de monitoreo, signo de alarma que requiere de manera prioritaria el seguimiento por parte de la corporación. Estos valores ratifican la presión que ejerce los sistemas urbanos sobre el recurso hídrico y las posibles falencias de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

DOCUMENTO EN DEFINITIVO

Los valores detectados en la Ciénaga de Mallorquín, de acuerdo CON los objetivos de calidad que le rigen, no cumplen el más permisible de <5 mg $O_2$/L durante el monitoreo realizado en época seca, el valor más alto es de 8,48 mg/L, registrado en condiciones secas frente al barrio Las Flores; escenario contrario para la época normal donde los puntos registraron valores por debajo de los 2 mg $O_2$/L cumpliendo con los objetivos. Respecto a los demás puntos de la red de monitoreo se toma como referencia los objetivos de calidad de la autoridad ambiental con vigencia hasta el año 2031 la cuenca objeto de ordenación se clasifica al mediano plazo en la clase V, donde el valor máximo permisible de $DBO_5$ es de 70 mg $O_2$/L, frente a este valor de referencia y con base en los resultados obtenidos durante las dos épocas de monitoreo, los puntos localizados sobre los arroyos cumplirían con el objetivo de calidad. Sin embargo, es importante acotar que la autoridad aspira que este parámetro se reduzca a <7 mg $O_2$/L al largo plazo, lo cual requerirá el planteamiento de estrategias asertivas que aborden de manera oportuna el control y vigilancia de los vertimientos, como principal detonante de la degradación de estos cuerpos de agua.

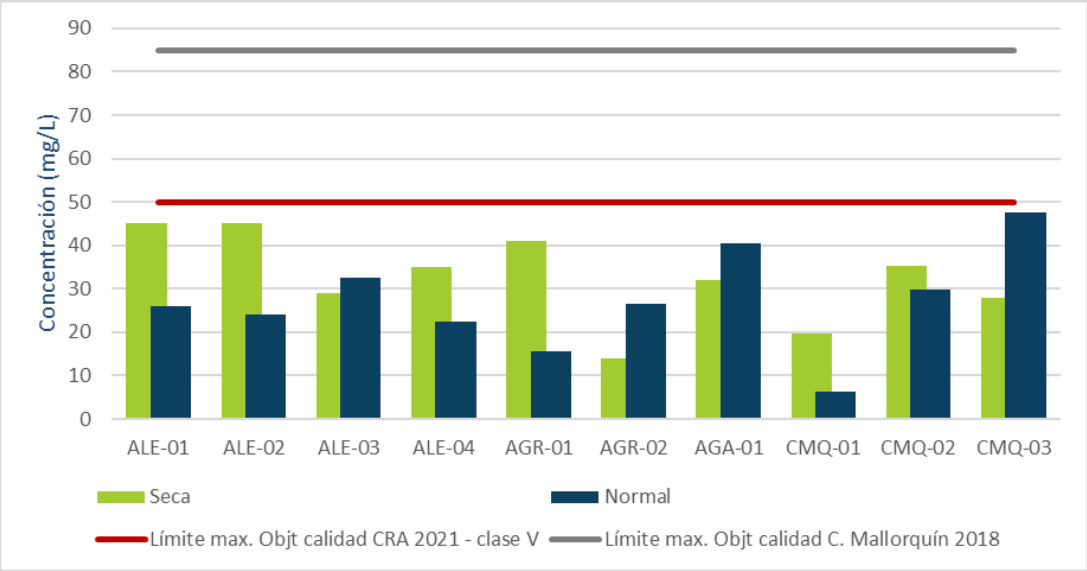
Teniendo en cuenta que la Demanda Química de Oxigeno engloba la $DBO_5$, sus valores son mayores que los reportados en la demanda biológica. Dentro de la red de monitoreo de la cuenca la DQO registra en época seca valores entre 20 mg $O_2$/L y 103 mg $O_2$/L, éste último en la estación aguas abajo del vertimiento de la *EDAR Pueblo*, particularidad que requiere la revisión y seguimiento por parte de la autoridad ambiental, teniendo en cuenta el objeto de depuración de este sistema. Durante la época normal el rango de valores se encuentra entre 41.1 mg $O_2$/L y 93.8 $O_2$/L. Teniendo en cuenta la relación entre los dos parámetros, es importante señalar que el punto de Arroyo Grande aguas abajo del casco urbano de Galapa, presenta un registro uniforme frente a la $DBO_5$ y DQO en las dos épocas de monitoreo, evidenciando una alta carga contaminante sobre el cuerpo de agua, aunado a lo anterior el punto localizado aguas abajo del vertimiento de la EDAR El Pueblo, presenta una amplia diferencia entre parámetros. Estas diferencias entre las concentraciones entre DBO y DQO, revelan que los aportes contaminantes a la ciénaga no son de tipo biodegradable, sino que provienen de sustancias no biodegradables.

### 10.2.5.8. *Sólidos en suspensión totales*

Los resultados de sólidos suspendidos totales muestran un comportamiento mixto entre los distintos puntos, evidenciando que las variaciones de este parámetro dependen de la dinámica hidrológica del cuerpo de agua y del aporte de sedimentos desde los tributarios. Para época seca, los SST presentaron valores entre 14 mg/L (*Arroyo Grande* aguas debajo de la desembocadura de *Arroyo Granada*) y 45 mg/L (*aguas arriba y aguas debajo de vertimiento de EDAR El Pueblo*). En varios tramos de los arroyos León y Grande, los SST disminuyen, la concentración varia de 45 mg/L en el Arroyo León aguas abajo vertimiento *EDAR El Pueblo* a 29 mg/L aguas abajo desembocadura Ay Grande., lo que sugiere un efecto de dilución por incremento de caudal.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.43. Comportamiento sólidos suspendidos totales.**




Durante la época normal los valores oscilaron entre los 6.4 mg/L hasta los 47.7 mg/L ; sin embargo estos valores se posicionan en el mismo cuerpo de agua (Ciénaga de Mallorquín) , siendo el de menor registro (*CMQ-01*:*Ciénaga de Mallorquín centro*) y el de mayor registro (*CMQ-03: Ciénaga de Mallorquín -Frente a Barrio Las Flores*), o cual puede estar asociado en este último punto a un mayor arrastre de sedimentos o aporte de material particulado procedente de las urbanizaciones formales e informales de la zona , las cuales generan una alta carga contaminante al cuerpo de agua. Adicionalmente durante época normal, otro de los puntos con mayor registro de SST, se presenta sobre el *Arroyo Granada antes de su desembocadura sobre el Ay. Grande* con registro de 40 mg/L; este Arroyo ha sido objeto de múltiples preocupaciones en especial por parte de la comunidad de Juan Mina, quien manifiesta de manera permanente la pérdida y alta degradación de este importante cuerpo de agua, a causa de los vertimientos residuales domésticos y no domésticos.

Frente al cumplimiento de los objetivos de calidad en lo que corresponde las estaciones localizadas en la Ciénaga de Mallorquín, éstas cumplen y se encuentran con valores por debajo del valor máximo permisible (<85 mg/L); respecto a las demás estaciones de la cuenca, cumplen con los objetivos de calidad de la autoridad <50 mg/L (Res. 0000004409 de 2021) al mediano plazo (clase V); sin embargo, es importante tener en cuenta que para el largo plazo (clase II) el límite máximo permitido será de <10 mg/L, lo que requerirá el planteamiento de estrategias para dar cumplimiento con la proyección de la corporación.

### 10.2.5.9. *Coliformes*

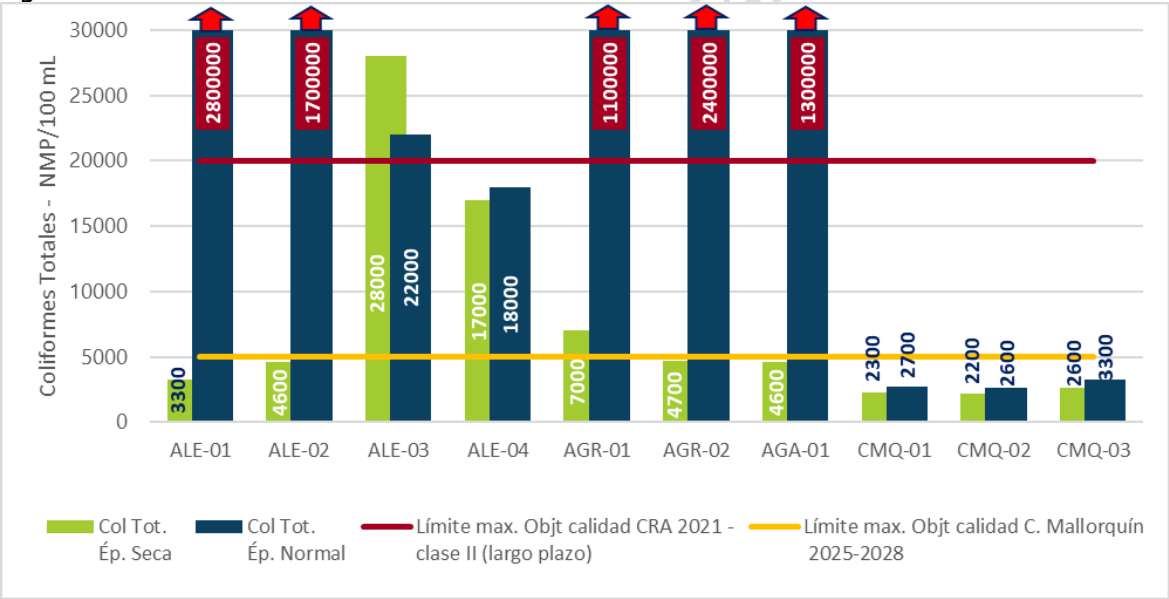
El monitoreo contempló el análisis de los Coliformes Totales definidos como el conjunto de bacterias gram negativas anaerobias o aerobias facultativas presentes en la naturaleza (agua, suelo y demás) e indicadores de calidad de agua (IDEAM, s.f) y de los Coliformes Fecales las cuales son un subgrupo de los coliformes totales, estas coliformes fecales se originan en el

DOCUMENTO NO OFICIAL - FASE D

tracto intestinal (heces) de animales de sangre caliente y en seres humanos, por lo cual su presencia en aguas denota contaminación por presencia de agentes patógenos presentes en estas bacterias, lo cual puede suponer riesgo para la salud pública.

Los objetivos de calidad de la autoridad adoptados mediante Resolución 00049 de 2021 y con vigencia de diez años (2031) en donde los arroyos y tramos de la cuenca han sido definidos en la clase V al mediano plazo, no se establece un valor límite para los parámetros de coliformes totales ni coliformes fecales; sin embargo teniendo en cuenta que a largo plazo se establece que estos cuerpos de agua deberán cumplir con los parámetros de la clase II, la autoridad establece como valor máximo en coliformes totales el valor de <20.000 NMP/100 mL, por lo cual éste será tomado como referencia para efectos del presente análisis comparativo en lo que a coliformes totales se refiere. Las estaciones correspondientes a la Ciénaga de Mallorquín (*CMQ-01, CMQ-02 y CMQ-03*) se evaluarán a partir de los objetivos de calidad de la Ciénaga adoptados como se indicó anteriormente mediante Resolución 0000503 de 2018 en donde se establecen los valores permisibles a largo plazo (2025-2028) para los coliformes totales (<5000 NMP/100 mL) y fecales (<200 NMP/100 mL).

**Figura 10.44. Coliformes totales en la cuenca.**




Los resultados indican un incremento marcado de coliformes fecales y totales durante la temporada de alta precipitación en la mayoría de los puntos, especialmente en los arroyos León, Grande y Granada. Este patrón es consistente con la mayor escorrentía superficial que arrastra aguas residuales no tratadas, lixiviados de suelos urbanos y agrícolas, y descargas difusas desde barrios, parcelas y sistemas sépticos durante las lluvias.

Los valores de coliformes totales en época de baja precipitación, oscila entre los 2200 NMP/100 mL en la ciénaga de Mallorquín y los 28000 NMP/100 mL en Arroyo León aguas debajo de la desembocadura del Arroyo Grande. Durante el monitoreo realizado en los

DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICACIÓN

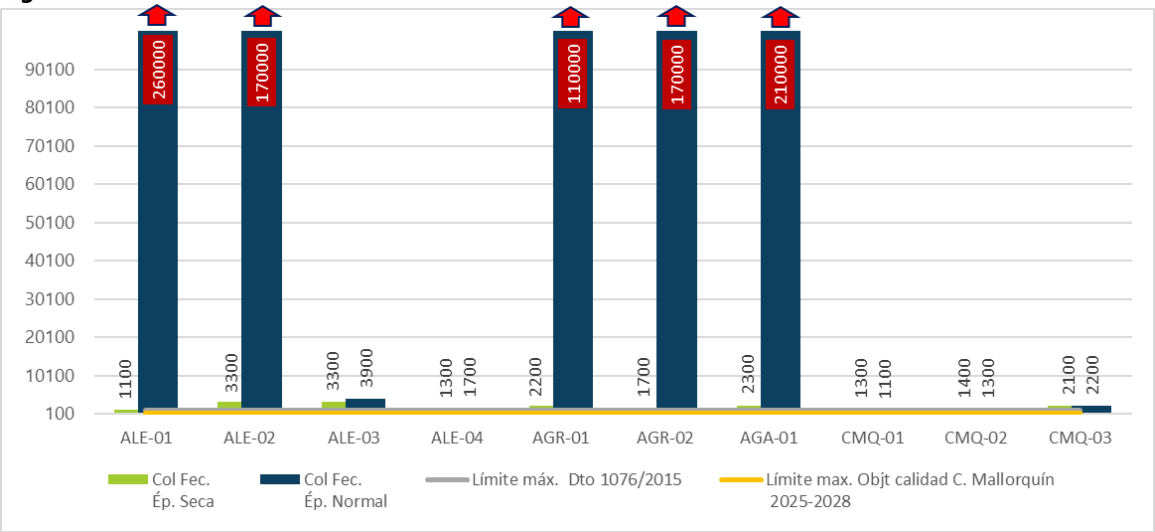
cuerpos de agua posterior a las época de lluvia en la cuenca, se evidenció la fuerte influencia de la precipitación sobre la calidad microbiológica del agua por efecto del arrastre de materia orgánica, la infiltración de aguas servidas en el suelo; lo anterior con base en los altos registros que un mismo punto de monitoreo, siendo los dos puntos más críticos de la red de monitoreo, *Arroyo León antes del vertimiento de la EDAR El pueblo* pasó de registrar en época de baja precipitación un valor de 3300 NMP/100 mL a un valor crítico de 2.800.000 NMP/100 mL en época normal y *Arroyo Grande aguas abajo del Arroyo Granada* en época de baja precipitación con 4700 NMP/100 mL a 2.400.000 NMP/100 mL en época normal. Esto puede denotar una alta carga contaminante de las zonas aledañas a estos cuerpos de agua

Frente al cumplimiento de los coliformes totales frente a los objetivos de calidad vigentes de la autoridad ambiental, durante la época de baja precipitación y con base en la proyección de máximo valor permisible a largo plazo para los cuerpos y tramos de la clase II, las estaciones el 90% de ellas cumplen a excepción de la estación de Arroyo León aguas debajo de la desembocadura de Arroyo Grande (ALE-03) con registro superior a 20000 NMP/100 mL en ambas épocas de monitoreo. Respecto a las estaciones localizadas en la Ciénaga de Mallorquín y en línea con los objetivos que rigen a este cuerpo de agua desde el 2018, los coliformes totales cumplen los objetivos de calidad durante ambos monitoreos con registros entre los 2200 NMP/100 mL a 3300 NMP/100 mL.

Los coliformes fecales o Termotolerantes, registraron para época de baja precipitación valores entre los 1100 y los 3300 NMP/100 mL, este último valor se presentó en la estación aguas abajo del vertimiento de la EDAR El Pueblo y en Arroyo León aguas abajo desembocadura Arroyo Grande. Durante la época normal se presenta un aumento abrupto de coliformes fecales como resultado de las precipitaciones y posterior escorrentía superficial que arrastra aguas residuales no tratadas, lixiviados de suelos urbanos y agrícolas, y descargas difusas desde barrios, parcelas y sistemas sépticos durante las lluvias. El rango de valores está entre los 1100 NMP/100 mL en la Ciénaga hasta registros de 260.000 NMP/100 mL en el Arroyo León aguas arriba del vertimiento de la EDAR El Pueblo, otra de las estaciones con mayor reporte se presentó en el Arroyo Granada con 210.000 NMP/100 mL.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.45. Coliformes Termotolerantes.**




El panorama frente al cumplimiento de los valores máximos permisibles de coliformes fecales en la red de monitoreo de la cuenca, evidencian un escenarios desfavorable, dado que la totalidad de las estaciones superan el límite máximo para uso agrícola que establece el Decreto 1076 de 2015 (<1000 NMP/100 mL), adicionalmente las estaciones de la Ciénaga cuyo objetivo de calidad a largo plazo debe ser <200 NMP/100 mL no cumplen con los objetivos de calidad, aunque presentan un comportamiento homogéneo durante las dos épocas de monitoreo, éstos superan en más de cinco veces el valor máximo permitido.

## *10.3. Identificación de Actividades Generadoras de Vertimientos*

### 10.3.1. Antecedentes POMCA 2007

Se identifica el vertimiento de aguas residuales en especial provenientes del Arroyo León, se señala que, durante los monitoreos de calidad del agua sobre los Arroyos Grande y León realizados por la CRA entre noviembre de 2004 y febrero 2005, evidenciaron el incremento de la carga contaminante posterior al vertimiento de la EDAR el Pueblito operada para entonces por la empresa Triple A. ESP. También se identifica la contaminación originada por los efluentes provenientes del relleno Henequén en operación para la fecha de la primera elaboración del instrumento. Aunado a lo anterior la contaminación directa sobre la Ciénaga de Mallorquín por los barrios palafitos de Las Flores

Algunas de las actividades generadoras de vertimientos identificadas en la primera versión del instrumento, se listan a continuación:

- Contaminación de la Ciénaga de Mallorquín por disposición de residuos de origen industrial, especialmente por la empresa Cementos del Caribe y Monómeros Colombo venezolanos, señalado por la comunidad de las Flores
- Para el año 2005, la Universidad del Norte identificó siete fuentes de contaminación, provenientes principalmente del barrio Las Flores, posible filtración de reactor UASB de

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE

la urbanización Antonio Santos, vertimientos de origen industrial, lixiviados del antiguo botadero de las flores, contaminación proveniente de la conexión con el río Magdalena, contaminación por los asentamientos informales en la ronda de la Ciénaga, quienes vierten de forma directa al cuerpo de agua sus residuos y aguas servidas.

- Aunado a lo anterior, la contaminación de los arroyos de la cuenca por disposición inadecuada de residuos y vertimientos de origen industrial y doméstico tanto del área rural como urbana. Puntualiza el impacto de la EDAR el Pueblo y del Relleno Sanitario Henequén.
- Vertimientos difusos de viviendas que no cuentan con sistema de alcantarillado ni pozos sépticos, además de granjas avícolas, porcícolas y de ganado.
- Vertimientos del sector suroccidental de Barranquilla que no se encuentra conectado a la red de la EDAR y que vierten de forma directa sobre el Arroyo León sobre sus costados sur y oeste se están haciendo rellenos e invasiones ilegales al cuerpo de agua de la ciénaga.
- Disposición de residuos de construcción (escombros)
- De acuerdo con la comunidad de Las Flores, relleno de la ciénaga para ampliación de predios de industrias aledañas al cuerpo de agua (20 ha) aproximadamente
- Denuncia de relleno de la Ciénaga por parte de la empresa Agromar en proximidades de la vía que conduce al tajamar occidental
- Asentamientos informales por familias desplazadas de los departamentos de Cesar y Córdoba y Urabá antioqueño, lo que se traduce en ausencia de sistemas de saneamiento básico, aumento de carga contaminante por vertimientos de aguas servidas y residuos.

### 10.3.2. Actividades revisadas en actualización 2025

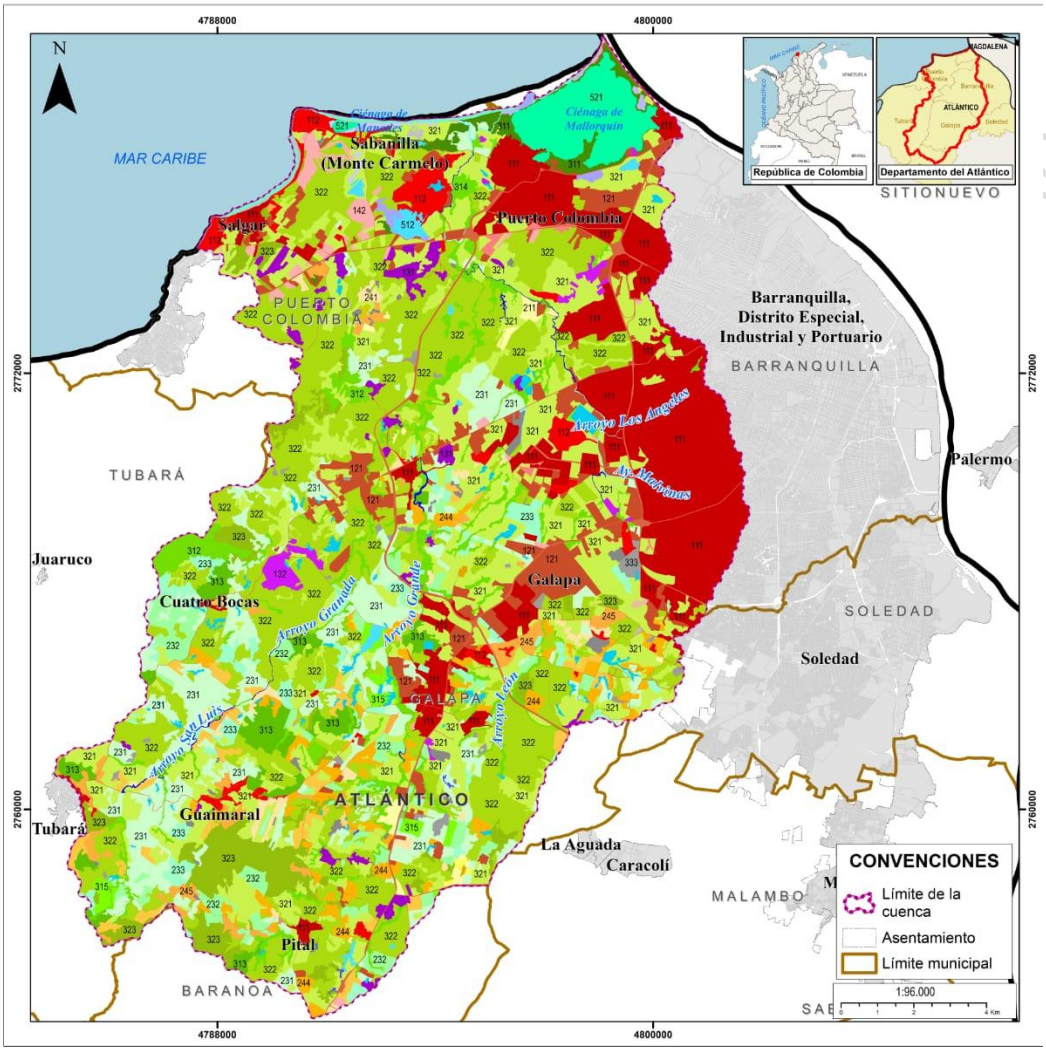
En la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín, Arroyos Grande y León la identificación de las principales actividades generadoras de vertimientos, se realizó con base en la consulta de documentos oficiales de los municipios en jurisdicción de la cuenca (POT, EOT, PBOT, PDM, PSMV, PGIRS, entre otros) y los recorridos rurales en el marco de la estrategia de participación durante la fase de diagnóstico. Es importante mencionar que no se contó con información detallada de los permisos de vertimientos por parte de la corporación al corte de elaboración del presente informe y que algunas entidades territoriales no suministraron al equipo profesional documentación solicitada durante la fase de aprestamiento, lo cual requirió del esfuerzo del equipo profesional para poder recopilar por diversas fuentes, documentación que permitiera perfilar los posibles tensionantes ambientales sobre los cuerpos de agua.

Es importante resaltar que está cuenca cuenta con una importante presión principalmente a partir del desarrollo económico y urbanístico del Distrito de Barranquilla y su área metropolitana, lo cual ha generado en los municipios aledaños, el cambio de paradigma económico y el crecimiento acelerado de actividades de los sectores secundario y terciario en la cuenca. A continuación, se presentan las principales actividades en la cuenca; sin embargo, el detalle de cada una de ellas se puede encontrar a nivel municipal en el numeral 10.4. A continuación, se presentan los principales usos identificados en la cuenca para la

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

presente actualización, sirviendo como referente para el análisis de los posibles tensores ambientales:

**Figura 10.46. Coberturas de la tierra.**




### 10.3.2.1. *Sector doméstico*

La cuenca cuenta con seis municipios en jurisdicción de los cuales tan solo Barranquilla cuenta con un área parcial de su casco urbano y Galapa con la totalidad dentro de la cuenca, los cascos urbanos de Tubará, Puerto Colombia, Baranoa y Soledad se encuentran por fuera de la jurisdicción. Específicamente el Distrito de Barranquilla, cuenta con un 29,7% del área total de la cuenca, dentro de la cual, parte del sector occidental del casco urbano se encuentra en jurisdicción de la cuenca y sus corregimientos de Juan Mina y Eduardo Santos La Playa, 57,2% del área total del distrito se encuentra en jurisdicción de la cuenca.

Parte del sector suroccidental del casco urbano del distrito y zonas aledañas como Juan Mina recolectan y direccionan sus aguas servidas mediante sistemas de bombeo hacia una estación depuradora de aguas residuales EDAR. El sector norte bombea sus aguas servidas

para verterlas en río Magdalena; sin embargo tanto en área rural como urbana del distrito en la cuenca, se presenta un crecimiento acelerado de asentamientos subnormales que adolecen de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas en inmediaciones al Arroyo León y en la zona norte en sectores como los barrios palafitos de las flores, sector la playa , cangrejera entre otros que generan descargas difusas y sin ningún tratamiento afectando de forma directa a los arroyos.

El municipio de Galapa con un 31%, es el territorio con mayor porcentaje de área en la cuenca, dado que el 94,1% de su área total inmersa en la jurisdicción del POMCA, incluyendo la totalidad del casco urbano y el centro poblado de Paluato en límite con el municipio de Tubará. Cuenta con sistema de bombeo de aguas servidas tan solo para el casco urbano, que conduce por bombeo las aguas servidas hacia una Estación de depuración de aguas residuales EDAR, algunas zonas informales del casco urbano no cuentan con sistema de alcantarillado y realizan de forma directa las descargas a suelo y arroyos cercanos. El centro poblado de Paluato no cuenta tampoco con este servicio.

Tubará con un 14,3% del área de la cuenca, tiene en jurisdicción de esta, tan solo el centro poblado de Cuatro Bocas y Guaimaral, los cuales no cuentan con sistema de alcantarillado, algunas viviendas cuentan con pozas sépticas, pero otras deben verter de forma directa a suelo o cuerpos de agua cercanos. Baranoa con un 5,5% del área de la cuenca, cuenta con el centro poblado de Pital de Megua en jurisdicción, este corregimiento no cuenta con sistema de alcantarillado.

Puerto Colombia con un 18.9% del área de la cuenca cuenta con el sector de Salgar cuyas aguas servidas se direccionan hacia una EDAR por fuera de la jurisdicción de la cuenca, sectores como Sabanilla y algunas zonas de Villa Campestre no cuentan con sistema de alcantarillado vertiendo de forma directa y sin tratamiento. Algunos sectores del municipio colindantes con el distrito de Barranquilla cuentan con bombeo de aguas residuales que vierten de forma directa al río Magdalena.

Como se evidencia, la cuenca en su zona sur no cuenta con sistemas de alcantarillado ni tratamiento y la zona media y baja de la cuenca, cuenta con sistemas insuficientes y con una carga que sobrepasa la capacidad de los sistemas existentes para el número de usuarios. La ausencia de estos sistemas de tratamiento, inciden directamente en un alto riesgo de contaminación de los cuerpos de agua y suelo y en el deterioro de la calidad de agua en la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO, FASE DE PUBLICIDAD

#### 10.3.2.2. *Sector agrícola*

Durante los recorridos rurales en la fase, no se evidenciaron cultivos de gran escala en la cuenca, por lo cual la producción se ciñe a pequeño y mediano productor. La cuenca posee un 18.65% (más de 5500 hectáreas) de su área dedicada al sector agrícola, de los cuales imperan los pastos con más del 12% y los cultivos y mosaicos con un bajo porcentaje de 3.87% (1146 Ha aprox.) del área de la cuenca. Estos cultivos principalmente se desarrollan en parcelas para producción local con poco manejo tecnificado, lo que puede generar vertimientos difusos a suelo y cuerpos de agua por actividades propias de riego, mantenimiento y cosecha de los mismos. Dentro de los recorridos se evidenciaron cultivos de maíz, ñame, fríjol, guandul, ahuyama, yuca, millo, caña para artesanías, ají, frutales, legumbres, entre otros, los cultivos se identificaron principalmente en la zona sur de la cuenca sector de Tubará.

#### 10.3.2.3. *Sector pecuario y agroindustria*

La actividad pecuaria se encuentra de manera dispersa, durante los recorridos se evidenció en la zona sur, especialmente en lo que corresponde al municipio de Baranoa, el establecimiento de granjas porcícolas de pequeña y mediana producción. Se evidenciaron a lo largo de la cuenca Galapa, Puerto Colombia granjas avícolas de la empresa Acondesa, cuya producción surte a nivel regional, además de otrs avícolas de pequeña y mediana producción asociadas a Fenavi. En el municipio de Galapa se cuenta con el centro de beneficio animal Camagüey, frigorífico de alcance regional. Las comunidades manifestaron que estas agroindustrias generan múltiples afectaciones a suelo, agua y aire en el área de influencia de sus operaciones.

El sector piscícola se desarrolla a pequeña escala y de forma dispersa, durante los recorridos se identificaron tanques de producción piscícola en la vereda Petronitas, Alpes de Sevilla entre otros sectores en el municipio de Galapa, adicionalmente se evidenció la actividad a escala de mediana producción entre el corregimiento de Cuatro bocas hasta el sector de Matadivi en el municipio de Tubará. Se evidenciaron también durante los recorridos, zoocriaderos en Galapa y en el corregimiento de cuatro bocas de Tubará como por ejemplo la presencia de la empresa Dupal Pets Farm Ltda dedicada a la producción de *Chelonoidis carbonarius* para exportación.

#### 10.3.2.4. *Sector Industrial*

El crecimiento económico de Barranquilla y su área metropolitana, el desarrollo de su infraestructura de conectividad vial, así como portuaria fluvial y marítima y el interés de múltiples sectores económicos en invertir en el área, ha generado la consolidación de la centralidad Metropolitana, Barranquilla - Galapa como un enclave industrial y logístico, evidenciado en la consolidación de un amplio número de parques industriales y zonas francas. En la cuenca las zonas industriales o comerciales recogen un 6.47% del área de la cuenca.

DOCUMENTO DEFINITIVO. FASE DE PUBLICIDAD

El asentamiento de estas industrias ha sido objeto de tensiones, una de ellas argumentado por (Parra, 2018) ha sido la contrariedad del uso establecido por las determinantes ambientales frente a lo planteado por el PBOT de Galapa favoreciendo el establecimiento de este tipo de industrias, las cuales han ocupado el espacio periurbano entre el año 2005 – 2015 aumentando en un 123% las hectáreas ocupadas respecto al periodo anterior.

Durante los recorridos rurales de la fase, se identificaron zonas industriales como ZOFIA (Zona Franca Internacional del Atlántico), Zona Franca La Cayena, Indupark, Parque industrial ZILOG, Parque Logístico e Industrial Green Park Atlántico, Galapark, Steckerl Aceros Galapa, Stock Caribe Centro Logístico, Parque Internacional del Caribe PIC, Parque Industrial y Empresarial Rionorte, Bodegas de Gerónimo Martins entre otros.

- Adicionalmente en el sector Galapa – Baranoa se encuentran empresas del sector petrolero como *Ecopetrol, Primax, Terpel y empresa generadora de Biodiesel de la Costa*
- *Empresa Silicar SAS del sector de olequímicos derivados*
- *Planta Baterías Willard*
- *Empresas de fabricación de plástico e icopor como Kangupor*
- *Empresa CEDI Alpina, lácteos Los Campanos*
- *Empresa de muebles Jamar*
- *Fábrica templado sas, Tecnogalss, Relianz Cat,*
- *Cementos Ultracem* entre otras.
- Hacia el sector de Petronitas de Galapa y con la consolidación de las zonas y parques industriales, la comunidad manifiesta que se favoreció la instalación de empresas plastiqueras, las cuales ahora generan un fuerte impacto ambiental negativo (malos olores, residuos, vertimientos, proliferación de vectores) afectando a la comunidad.
- Entre otras.

*Barranquilla y corredor Juan Mina*: otro de los corredores con gran relevancia es entre barranquilla y el corregimiento de Juan Mina, donde se identifica el Parque Industrial Clavería y empresas de la industria ladrillera como Gres Caribe, Ladrillera Barranquiilla Ltda, Contrublock del Caribe, empresa de textiles, Colturbinas, industrias de metal entre otras. Hacia el distrito de Barranquilla se destaca la presencia de empresas como Cementos ARGOS, SENTEL, Tecnoglass entre otras.

### 10.3.2.5. *Sector minero*

Se identifican aproximadamente 491.7 hectáreas (1.66% del área de la cuenca) destinadas a esta actividad, principalmente minas y canteras para el aprovechamiento de material caliza, arena, arcilla, grava, conglomerado de piedra china y materiales de construcción. Durante el desplazamiento en campo del equipo, se identificaron minas cerca del sector Canteras del corregimiento La Playa, en la vía que conduce de Barranquilla hacia Puerto Colombia se identificaron las minas con mayor área, algunas de ellas como Canteras Munarriz cerca del peaje Papiros, Argos planta Loma China, Cantera Sello Rojo entre otras. Puerto Colombia

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

concentra gran parte de la actividad minera no metálica en el departamento (Espectador, 2014)

**Figura 10.47. Cantera Munarriz.**

Fuente: Espectador, 2014

Hacia el sector que conecta al corregimiento de Cuatro Bocas en Tubará y el corregimiento de Guaimaral fue identifica una mina de material inerte activa y hacia el sector de Pital de Megua en la margen oriental de la báscula en la vía Baranoa-Galapa se identificó la Cantera Los Manguitos. Hacia el municipio de Galapa se identificaron canteras, alguna de ella como Cantera Padula

### 10.3.2.6. *Sector Servicios*

***Servicios ambientales***: En la cuenca se encuentra un amplio portafolio de empresas orientadas a la gestión integral de residuos sólidos y líquidos ordinarios, RCD, peligrosos a través de parques ambientales como Los Pocitos, relleno sanitario de carácter departamental, Centro Inteligente de Gestión Ecológica del Caribe de la empresa Veolia, Ecopars SAS, Ecosol, Renoboy, Soluciones Ambientales 4R SAS, servicios ambientales SAE, entre otros, que consolidan un clúster de servicios ambientales en la cuenca.

***Servicios recreativos***: La zona norte de la cuenca en especial en jurisdicción del municipio de Puerto Colombia cuenta con servicios de clubes y centros recreativos, como Centro Recreacional Solinilla, playas de Sabanilla, Club Lagos de Caujaral, centro recreacional comfamiliar entre otros,

***Otros servicios:*** Se identificaron otros servicios en el corredor universitario como parques cementerios (Jardines del Recuerdo, Parque Los Olivos, Parque Cementerio Inversiones y

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

Planes De La Paz Norte, Jardines de la Eternidad, Jardines de la Eternidad norte) y una amplia oferta de instalaciones educativas como colegios y universidades.

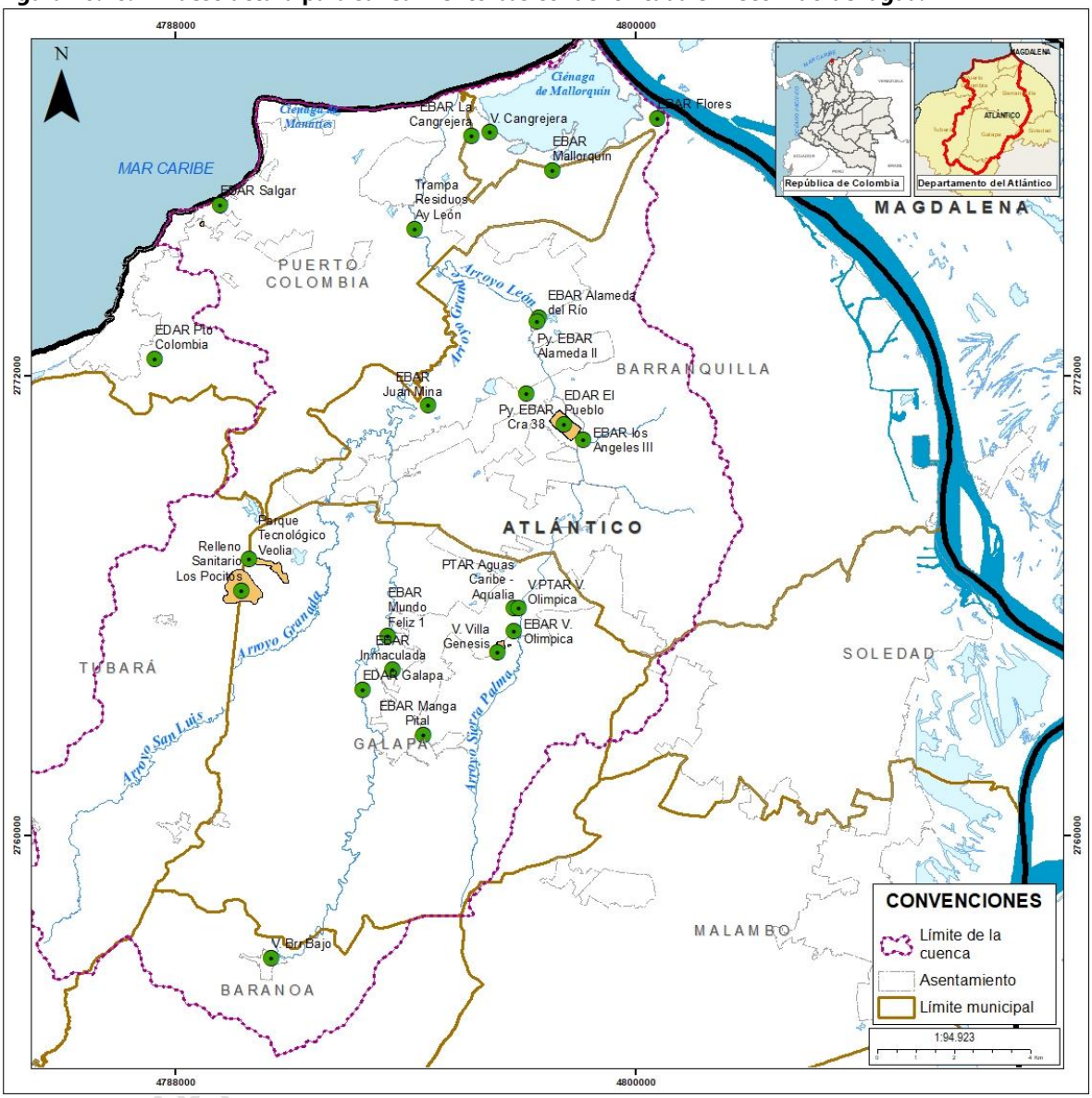
### *10.4. Manejo de Vertimientos y Residuos Sólidos*

Durante la recopilación de información preliminar y el cotejo de información en el marco de los recorridos rurales durante la fase de diagnóstico, se identificaron los diferentes sistemas e infraestructura para la prestación de servicio de alcantarillado y aseo en la cuenca, su estado, percepción de la población frente a la prestación del servicio y los diferentes factores que pueden afectar la calidad del mismo. Teniendo en cuenta el grado de urbanización de la cuenca, el porcentaje de cobertura de estos servicios es favorable frente a otras unidades hidrográficas; sin embargo y al igual que el panorama a nivel nacional, el área rural presente un déficit en el acceso a los servicios básicos.

Empero, es importante señalar que el crecimiento acelerado del área metropolitana, los efectos de conurbación y la absorción de los pequeños centros poblados por el crecimiento acelerado y no planificado de las grandes urbes, así como las áreas rurales destinadas, entre otros factores están colocando en un carretera de tiempo a las entidades territoriales para la planificación de infraestructura que permita atender de manera eficiente la demanda de los usuarios sin comprometer el auge económico ni la calidad de vida de los habitantes de la cuenca. A continuación, se presenta la infraestructura identificada por parte del equipo profesional para la prestación del servicio de alcantarillado y aseo en la cuenca, así como los puntos críticos identificados en el marco de los recorridos rurales de la fase. Es importante aclarar que esta infraestructura es un acercamiento al ejercicio del equipo profesional en campo durante el año 2025, por lo cual esta infraestructura puede tener cambios, adecuaciones o nuevas proyecciones de acuerdo a lo que se plantee en el nuevo PSMV para el 2026.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 10.48. Infraestructura para saneamiento básico identificada en recorrido del agua.**




En la cuenca objeto de ordenación, se evidencia principalmente la presencia de la Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla S.A. E.S.P. (Triple A S.A. E.S.P.) constituida en 1991 (Triple A ESP, s.f) como principal operador de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en el departamento, cobijando gran parte del departamento. Su presencia en gran parte del territorio ha favorecido a su vez, la construcción de sistemas y/o infraestructuras desde un enfoque regional, que buscan alinearse con las necesidades y particularidades de cada uno de los municipios y garantizar así mismo la homogeneidad de estándares en la prestación del servicio. Otras empresas presentes en la cuenca que complementan la prestación de estos servicios son AGUAS DEL CARIBE S.A. E.S.P quien cede su operación en el año 2025 a la empresa española AQUALIA S.A E.S.P especialmente para atender los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo de la urbanización de Villa Olímpica

del municipio de Galapa e INTERASEO E.S.P como empresa operadora de aseo en otras áreas de la cuenca como Pital de Megua en Baranoa y sectores del municipio de Soledad en jurisdicción de la cuenca.

Es importante señalar que en la cuenca se cuenta con uno de los rellenos sanitarios referentes del país con alta tecnología para la disposición y tratamiento de residuos del país, además de contar con tecnología limpia como la planta de biogás más grande el país para la generación de energía. (Alcaldía de Barranquilla, 2025). A continuación, se presenta la evaluación y particularidades de los servicios en cada uno de los municipios en jurisdicción de la cuenca:

### 10.4.1. Municipio de Baranoa

El corregimiento de Pital de Megua (área en jurisdicción de la cuenca correspondiente al municipio de Baranoa), a pesar de su cercanía a la vía la cordialidad y a la cabecera urbana no cuenta con el servicio de alcantarillado, la población de acuerdo con su nivel de acceso implementa sistemas puntuales como pozas sépticas, vertimiento de las aguas servidas al suelo y/o a cuerpos de aguas próximos a sus viviendas y/o canales elaborados por la propia comunidad. Los cuerpos receptores más afectados por vertimientos difusos de actividades domésticas y productivas son *Arroyo Megua - Arroyo Simón y Arroyo Grande*.

**Figura 10.49. Vertimientos directos sobre Arroyo Simón – Megua.**

Se evidencian vías que conectan desde la cordialidad al corregimiento y a nivel interno, en buen estado; sin embargo, inversiones básicas y prioritarias para la población por parte de las entidades, como la prestación de servicios básicos (acueducto y alcantarillado) son ausentes y una preocupación permanente en la comunidad. Durante el recorrido rural del

DOCUMENTO - FASE DE PUBLICIDAD

agua, se estableció un diálogo con la comunidad para indagar las principales afectaciones generadas por el déficit de estos sistemas de saneamiento básico y se visitaron puntos críticos asociados a vertimientos y disposición inadecuada de residuos, en compañía de líderes comunitarios y el cuerpo de bomberos de Baranoa.

La comunidad indica que el crecimiento del área urbana del corregimiento se ha realizado de manera inadecuada, sin planificación ni vigilancia por parte de las autoridades; a pesar de no contar con servicios básicos de acueducto ni alcantarillado, el número de viviendas se ha ido incrementando, lo que ha traído consigo una mayor presión por acceder a los recursos y una mayor carga contaminante sobre los cuerpos de agua. Durante el recorrido se evidenció el encerramiento de zonas de ronda por parte de dueños de predios colindantes y una construcción no planificada de las viviendas en zonas de tránsito natural de cauces temporales, lo cual genera inundaciones y afectaciones a las viviendas.

En el área urbana del corregimiento se evidenció la construcción de un sistema de tuberías con diámetros superiores a las 4 pulgadas que buscan reunir las aguas de las viviendas del sector norte del corregimiento con y culmina en el sector de Barrio Bajo, se evidenciaron tres estructuras "*cajuelas*" donde se pudieron evidenciar las conexiones. No obstante, la ausencia de un sistema que permita manejar las aguas lluvias del corregimiento genera la combinación de caudales (aguas servidas y aguas lluvia) trayendo consigo el colapso de esta conducción. Estas estructuras se rebosan generando inundaciones principalmente en Barrio Bajo (*uno de los puntos más críticos según comunidad es el sector entre la carrera 13, carrera 14 entre calle 12 y calle 13*), ocasionando pérdidas de enseres en sus viviendas y afectación a su salud por la alta contaminación de las aguas que se desbordan.

La situación crítica que se presenta en este sector y de manera general en el corregimiento por el rebose de las aguas servidas, es la resultante de varios factores: ausencia de sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, declive natural de la zona, intervención y/o encerramiento de trayectos de cauces intermitentes por construcción de viviendas e invasión de su ronda hídrica, construcción de sistemas de conducción de aguas servidas sin planeación, estudios ni diseños técnicos adecuados de acuerdo a la topografía y características del suelo, alto arrastre de arenas en los cauces durante época de lluvia, ausencia de vigilancia y control de las construcciones por parte de la entidad municipal, lo cual ha generado conexiones informales que agravan aún más la problemática entre otros.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.50. Cajuelas con problemas de rebose sector Barrio Bajo Pital de Megua.**

En el caso de las viviendas que cuentan con pozas sépticas, manifestaron como principal problemática la obsolescencia de los tanques, provocando colmatación y rebose, que generan olores fétidos y proliferación de vectores; propiciando escenarios de riesgos para la salud pública como enfermedades gastrointestinales, infecciosas, respiratorias, de piel entre otros impactos. Junto con los vertimientos de aguas servidas de origen doméstico, la comunidad señala verse afectada por los impactos de los vertimientos de empresas de aprovechamiento de llantas, granjas porcícolas y avícolas que se han ido asentando en el corregimiento, señalan que las autoridades ambientales no realizan el debido control y/o seguimiento a estas actividades, las cuales generan principalmente para el caso de las granjas, contaminación de aire (malos olores) los cuales afectan la salud de la comunidad y contaminación de los cauces por los vertimientos de las aguas con heces de las granjas.

DOCUMENTO

También señalan problemática por la presencia de una empresa en donde se realiza la quema de llantas (*desvío planta Primax vía cordialidad – Pital de Megua*) indican verse afectados por los olores y la contaminación de los arroyos con residuos de las quemas como se evidencia a continuación:

**Figura 10.51. Vertimientos sobre Arroyo Megua – Barrio Bajo.**

Respecto al servicio de aseo en el corregimiento, es el único servicio con cobertura favorable de 90% con vehículos compactadores de 25 y 20 yardas cúbicas y volquetas de siete metros cúbicos (Alcaldía de Baranoa, 2024), el servicio se presta por parte de la empresa INTERASEO solamente en el área urbana del corregimiento Pital de Megua y tiene una frecuencia de

recolección de lunes, miércoles y viernes y se trasladan al relleno sanitario el Clavo en jurisdicción del municipio de Palmar de Varela. El área rural no cuenta con servicio de recolección, por lo cual las fincas acuden al entierro, quema o disposición al aire libre de los residuos.

Durante los recorridos se identificaron puntos críticos de disposición de residuos domésticos, electrodomésticos, muebles, residuos de construcción, animales muertos entre otros, especialmente en la ronda del Arroyo Megua y Arroyo Grande; sin embargo, se asocia principalmente a la falta de cultura ambiental de las viviendas que se asientan en el margen de los cuerpos de agua, dado que si cuentan con el servicio de recolección en el corregimiento.

**Figura 10.52. Disposición de residuos en Arroyo Megua.**

La baja y/o nula cobertura de alcantarillado y los impactos que conlleva la ausencia de esta infraestructura, según la entidad municipal, se convierte en una limitante para el asentamiento de empresas y sector industrial en su jurisdicción, condicionando la competitividad y productiva del municipio frente a otros de la región. (Alcaldía de Baranoa, 2024).

*Proyectos para la prestación de servicios de saneamiento básico*

- Aumentar la cobertura del servicio de alcantarillado en zona rural al 20%
- Construir 1 sistema de alcantarillado en la zona rural del municipio

DOCUMENTO NO PUBLICIDAD

## 10.4.2. Distrito de Barranquilla

### 10.4.2.1. *Manejo de vertimientos en la cuenca*

En el área correspondiente al Distrito dentro de la cuenca, en especial lo que corresponde a las zonas urbanizadas, la prestación del servicio de tratamiento de vertimientos se encuentra a cargo de la empresa Triple A S.A E.S. P, quien indica que para el año 2022 la cobertura en el distrito del servicio de alcantarillado es de 98.62% (Alcaldía Distrital de Barranquilla,2024). El tratamiento de las aguas que son recolectadas mediante el sistema de alcantarillado, se realiza mediante dos sistemas: la zona suroccidental de la cuenca dispone de sus aguas servidas en la Estación Depuradora de Aguas Residuales – **EDAR "*El Pueblo*"** cuyo principal cuerpo receptor es *Arroyo León*, las aguas del sector noroccidental (Corregimiento Eduardo Santos - Playa, Alameda, Villa Santos, Ciudad Mallorquín Etapa 1 y 2, corredor universitario, Villa Campestre (Puerto Colombia) por condiciones topográficas son recolectadas y bombeadas a Estación de Bombeo de Aguas Residuales -EBAR Alameda, EBAR Cangrejera y **EBAR de Mallorquín** como principal estación , que tiene como principal cuerpo receptor el Río Magdalena sin tratamiento.

Teniendo en cuenta el grado de urbanización y la presencia de múltiples sectores (industriales, empresarial, agrícola y pecuario, comerciales, residenciales entre otros), también se identifican algunos sistemas de tratamiento de carácter privado en la cuenca. A continuación, se detallan los diferentes mecanismos de tratamiento identificados por el equipo profesional durante la validación en campo y la interacción con los actores durante la fase de diagnóstico. Como se mencionó anteriormente, dadas las condiciones topográficas de la cuenca, el sector suroccidental del distrito debe bombear las aguas servidas a través de tres estaciones con las siguientes características:

**Tabla 10.22. Estaciones de bombeo de aguas residuales en jurisdicción de la cuenca.**

| Estación | Descripción |
|---|---|
| Estación de bombeo El pueblo | Esta estación cuenta con un sistema de desbaste de limpieza manual, un tren de desarenadores de flujo horizontal y un sistema de bombeo accionado automáticamente; no obstante, a pesar de que los equipos pueden ser controlados por Telemando, tres turnos de operadores supervisan el buen funcionamiento de los equipos, garantizando una gran confiabilidad en el sistema<br><br>La estación está dividida en dos subestaciones: en la primera de ellas se encuentran instaladas cinco (05) bombas centrífugas de eje vertical y de pozo seco accionadas por equipos electromecánicos, cada una con capacidad de 236 lps, quienes alimentan los módulos Nos. 1 – 2 de la EDAR; en la subestación No. 2, se instalaron cinco (05) equipos de bombeo que alimentan a los módulos 3 – 6 de la EDAR, dos de ellos con capacidad de 126 lps y los restantes con capacidad de 236 lps.<br><br>La estación está provista de sensores que accionan automáticamente las bombas de acuerdo a la programación de nivel previamente fijada y que indica los tiempos de encendido o apagado de ellas. El sistema electromecánico es permanentemente monitoreado desde el Centro de Operaciones de la organización localizado en el Acueducto Distrital, mediante la utilización de Telemetría y Telemando. |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Estación | Descripción |
|---|---|
| Estación de bombeo La Pradera | Esta estación está localizada en la carrera 20 con la calle 119 del barrio La Pradera al Sur Occidente del Distrito de Barranquilla, recibe las aguas de los barrios La Pradera, Olivos 1, y la Esmeralda. Fue construida en el año de 1998. El sistema cuenta con unas rejillas de desbaste de limpieza manual, con inclinación de 60° adyacentes al pozo húmedo, un pozo húmedo o Pozo de bombeo dentro del cual se encuentran instaladas tres (03) bombas sumergibles inatacables, con capacidad de 180 l/s cada una. Su operación es automática y monitoreada por Telemando |
| Estación Mallorquín | Está provista de rejillas de desbaste de limpieza automática, sistema de barrelodos para eliminación de sólidos flotantes, pozo húmedo y cámara seca; esta última está constituida por cuatro (04) equipos de bombeo de eje vertical y bombas centrífugas con capacidad para 140 lps cada uno. La estación es operada de forma manual.<br><br>"Los proyectos de Ciudad Mallorquín son afluentes del río Magdalena, mediante la Estación de Aguas Residuales Mallorquín que conducen sus aguas al río, aguas debajo de la captación del acueducto de Puerto Colombia", indicó Ramón Hemer, el gerente general encargado de Triple A. (El Tiempo, 2025) |

Adicional a estas bombas se encuentran otras complementarias localizadas en el corregimiento de Juan Mina, barrios Pinar del río, Las Flores, Los Laureles, Campoalegre, La Playa, Los Ángeles III en jurisdicción de la cuenca.

#### 10.4.2.1.1. *Estación Depuradora de Aguas Residuales – EDAR El Pueblo*

El crecimiento de la zona suroccidente del distrito ha sido principalmente por asentamientos de carácter informal sin infraestructura de servicios básicos, las aguas servidas del sector eran dispuestas a través de poza sépticas o vertimiento directo sobre cuerpos de agua y/o al suelo. La EDAR El Pueblo (10°58'09.53" N y 74°50'54.75" O) construida en el año 1990, se plantea como una solución para el tratamiento primario biológico de estos vertimientos, principalmente a través de lagunas en las cuales se realiza la estabilización de las aguas residuales con una eficiencia de remoción de carga de material orgánico (DBO5 y SST) del 80% y un caudal aproximado de 800 Lps cuyo cuerpo receptor es *Arroyo León*. Esta planta atiende alrededor de 53 barrios que cobijan un área aproximada de 2033 hectáreas beneficiando a más de 337 mil habitantes. (Triple A, 2016).

El sistema cuenta principalmente con cuatro componentes: zona de desbaste, desarenadores, estación de bombeo y zona de tratamiento biológico. A continuación, se detalla el proceso en cada uno de ellos:

DOCUMENTO DE ENTREGA FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.53. Sistema de tratamiento EDAR El Pueblo.**

**Tabla 10.23. Componentes del sistema de tratamiento EDAR El Pueblo.**

| Componente | Descripción |
|---|---|
| Canaleta Parshall | En esta misma estructura se encuentra ubicada la canaleta Parshall, que permite realizar la medición de los caudales que se encuentran llegando a la estación depuradora. |
| Zona de desbaste | Se conforma por dos rejas de desbaste grueso y dos rejas de desbaste fino, que retienen el paso de material o elementos gruesos que puedan afectar u obstruir a los equipos de bombeo y el sistema de tratamiento. La limpieza de esta zona se realiza de forma manual, durante visita del equipo profesional a la planta, funcionario de la empresa Triple A, indica que los residuos se aíslan, se les aplica cal para controlar los vectores y olores, se disponen en contenedores y posteriormente son trasladados al relleno sanitario Pocitos, con un promedio de ocho a dieciséis metros cúbicos semanales. |
| Desarenador | En los desarenadores se dan las condiciones de tiempo de retención para permitir la decantación de las arenas contenidas en el agua residual. Estas arenas pueden ocasionar daños en los equipos de bombeo por abrasión de las partes mecánicas de los mismos. El Desarenador de la Estación de Bombeo el Pueblo es convencional de flujo horizontal |
| Estación de Bombeo | Para el sistema se cuenta con dos estaciones de bombeo mencionadas anteriormente, Estación El Pueblo y Estación en Barrio La Pradera.<br><br>La Estación El Pueblo La estación de bombeo localizada a la entrada de la EDAR El Pueblo, después del desarenador, impulsa las aguas a través de una tubería de 24" en hierro dúctil hasta los módulos de tratamiento. Esta estación se requiere debido a que el colector llega a una cota inferior a los niveles en que se encuentran las lagunas de estabilización, requiriéndose entonces elevar el agua con ayuda de las bombas para enviar el agua residual hacia el tratamiento en las lagunas.<br><br>La estación de bombeo del Pueblito está diseñada para manejar un caudal máximo de 1885 L/s y se encuentra dividida en dos subestaciones. La primera de ellas maneja un caudal de 940 l/s con cinco bombas de 235 l/s de caudal cada una; una de ellas es de suplencia y surten a los módulos 1 y 2 de la EDAR. La subestación 2 maneja una caudal máximo de 945 l/s, consta de dos bombas de 120 l/s cada una y tres bombas de 235 l/s; una de ellas de suplencia, esta subestación surte a los módulos 3 a 6 de la EDAR.<br><br>La estación de bombeo La Pradera posee tres bombas de 196 L/s cada una (una es de suplencia), construida en el año 1998, cuenta con rejillas de desbaste de limpieza manual, con inclinación de 60° adyacentes al pozo de bombeo dentro del cual se encuentran instaladas |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PU

| Componente | Descripción |
|---|---|
| | las tres (03) bombas sumergibles inatascables de operación automática y monitoreada por Telemando. Envía las aguas bombeadas directamente al módulo II de la EDAR. |
| Tratamiento biológico | Inicialmente La EDAR cuenta con módulos conformados por lagunas de estabilización, el módulo No. 1 es una laguna facultativa con lámina de agua de 3.0 m. El módulo No. 2 está conformado por dos lagunas anaeróbicas de alta carga en paralelo y con lámina de agua de 4.5m; una laguna anaeróbica de baja carga con lámina de agua de 3.5m y una laguna facultativa de 2.0m de lámina de agua que actúa como pulimiento final. En la fase anaeróbica, se buscar reducir la concentración de la materia orgánica y el efluente de esta fase es conducido a una laguna facultativa donde se finaliza el proceso, puliéndose aún más el agua a tratar obteniéndose como resultado un efluente con baja concentración en materia orgánica, y microorganismos patógenos y alta concentración de oxígeno disuelto.<br><br>En la actualidad la estación cuenta con seis módulos (módulo III fuera de servicio), los cuales se encuentran operando con un caudal de 970 Lps. El módulo I y II manejan un caudal de diseño de 250 Lps con procesos anaeróbico y facultativo, los módulos IV a VI manejan procesos aeróbicos cada uno con caudal de diseño de 700 Lps. La EDAR tiene una capacidad máxima de diseño de 1200 Lps, capacidad que está llegando a su límite, requiriendo una optimización y ampliación de la capacidad del sistema, dado el crecimiento de la población que se proyecta para este sector de la ciudad. (Triple A ESP, s.f). |

**Figura 10.54. Vertimiento EDAR El Pueblo.**

Al concluir el tratamiento a través de los módulos, la empresa Triple A , realiza la descarga y/o vertimiento del efluente sobre el Arroyo León con un caudal promedio de 800 L/s, este vertimiento presenta un fuerte olor y trazas de espuma, en el marco de los escenarios de participación, población asentada en los barrios que colindan con este punto, manifiestan afectación por los olores y proliferación de vectores no solo a causa del estado del arroyo en este punto, sino por la ausencia de cultura ambiental de aquellos habitantes que

disponen residuos de grande volumen, electrodomésticos , industriales entre otros sobre esta misma zona, agudizando la problemática de salud pública.

La EDAR ha sido objeto de múltiples debates, dado que el auge económico del distrito y el crecimiento de la población ha generado una alta demanda del servicio, el cual fue diseñado para atender tan solo a un sector de la zona suroccidental; sin embargo, el crecimiento acelerado, en especial de zonas subnormales y la presión para garantizar la conexión de estas zonas al sistema de tratamiento, ha generado la sobrecarga del mismo, colocando al máximo su capacidad y funcionalidad. La Asociación Colombiana de Ingenieros Químicos (ACIQCA), indica que la planta está recibiendo el doble del caudal para el cual fue diseñada y por lo tanto su eficiencia de remoción no es óptima, generando graves impactos por el efluente que se vierte en el Arroyo León, lo cual puede repercutir riesgo a la salud pública (El Heraldo, 2018).

Dentro de los recorridos realizados por el equipo profesional en compañía de veeduría ciudadana, se indicó que los barrios y familias en viviendas aledañas al punto de vertimiento de la EDAR, se están viendo afectadas por los malos olores, gases y la alta carga contaminante que transporta el Arroyo León; el cual durante época de lluvia se desborda en algunos sectores generando inundaciones y riesgo sanitario por el estado de contaminación de las aguas. Sin embargo, es importante señalar que parte de estos asentamientos informales (en especial los que se encuentran sobre la zona de ronda hídrica en el sector norte del punto de vertimiento sobre el Arroyo León) se construyeron posterior a la EDAR, evidenciando la falta de control y seguimiento por parte de las autoridades territoriales para evitar la ocupación de estas zonas colindantes al sistema de tratamiento, en especial zonas de ronda del Arroyo. Este escenario impide por lo tanto el cumplimiento de la distancia mínima de sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante tecnología de lagunas anaeróbicas que establece el RAS con respecto a centros poblados de 500 metros; motivo por el cual es necesario adoptar estrategias que permitan mitigar los impactos de la EDAR mediante la articulación de las autoridad distrital, ambiental, empresa de servicios y demás actores estratégicos.

Dentro del recorrido llevado a cabo por el equipo profesional al sistema, funcionario de la empresa Triple A, señala como principales problemáticas para la operación de la planta:

- Vertimientos industriales no vigilados, que alteran de forma considerable las condiciones fisicoquímicas en los cuerpos de agua, cita como ejemplo vertimientos probablemente de industria textilera (agua color azul), empresas de manejo de aceites entre otros ejemplos. Como medida de manejo, la empresa creó desde el año 2024, cuadrillas que permitan identificar y vigilar estos puntos críticos, para realizar el reporte oportuno a la autoridad ambiental del distrito (Barranquilla verde), solicitando el debido seguimiento.
- También indica que en época de lluvia se han presentado ocasiones en los cuales el colector se desborda, para lo cual la empresa ha tenido que aumentar la altura del canal.
- Falta de cultura ambiental en las comunidades por el alto volumen de residuos que puede transportar el arroyo.

DOCUMENTO DEFINITIVO. PASE DE PUBLICIDAD

- Asentamientos informales en la zona de influencia de la EDAR, indica que la empresa ha realizado desde el área de gestión social la intervención en dichas áreas.
- Durante la visita al sistema, se evidenció inconformidad por parte de algunos propietarios de predios que se encuentran entre los linderos de la empresa y el punto de vertimiento, por el tránsito del personal; esto evidencia un conflicto latente por la servidumbre para acceder a este lugar.

**Figura 10.55. Zona de desbaste EDAR El Pueblo – visita equipo POMCA.**

DOCUMENTO NO

**Figura 10.56. Zona de rejas (izquierda) y sedimentadores (derecha).**

**Figura 10.57. Cuarto de bombas (izquierdo) laboratorio EDAR (derecha).**

**Figura 10.58. Visita a lagunas EDAR Pueblo.**

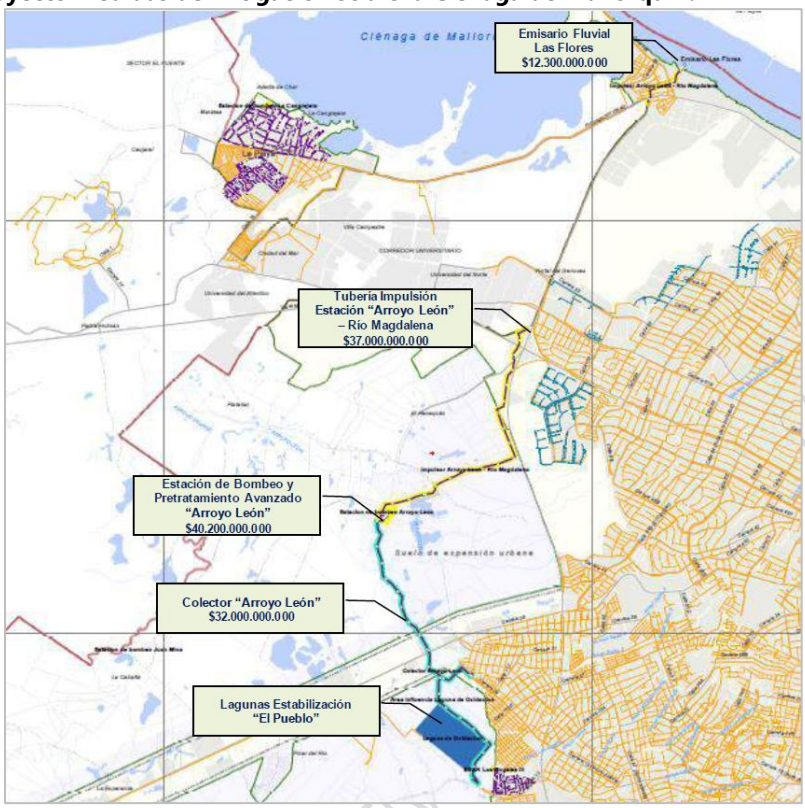
Durante la visita del equipo al sistema, el representante de la empresa Triple A E.S.P, señaló que dentro de los proyectos que se contemplan para mejorar el funcionamiento del sistema, está la implementación de sistema de aireación, adopción de sistema de tratamiento de lodos, mejora en la zona de box culvert para manejo de inundaciones en época de lluvia y proyectos para ampliación de redes de manera articulada con el distrito.

Algunos de los proyectos establecidos en el PSMV del Distrito el cual caduca en el año en curso (2025) son:

- Proyecto de eliminación de vertimiento de la EDAR El Pueblo sobre el Arroyo León mediante construcción de un sistema de conducciones y estación de bombeo EBAR que redireccionen el vertimiento hacia el Río Magdalena (aprovechando los procesos de difusión y advección y la longitud del tajamar occidental que encauza la corriente cinco (5) kilómetros a mar abierto), atenuando los efectos sobre el Arroyo y la Ciénaga de Mallorquín. Este proyecto se plantea con un costo estimado de 121 mil millones de pesos. La materialización de este importante proyecto podría significar un aliciente para el Arroyo León, como principal fuente de contaminación en la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

**Figura 10.59. Proyecto medidas de mitigación sobre la Ciénaga de Mallorquín.**




Fuente: Triple A E.S.P, 2016

- Instalación de redes de alcantarillado sanitario en el barrio Los Ángeles II Sector La Isla del Distrito de Barranquilla.
- Instalación de redes de alcantarillado sanitario en el barrio La Cangrejera, Corregimiento La Playa del Distrito de Barranquilla. Según informe de la empresa Triple A E.S.P. para el año 2024, este proyecto ha requerido de una inversión de más de 25 mil millones de pesos, culminó su primera etapa (instalación de redes) y beneficia a más de 12 mil personas y lleva un avance del 92%. Durante la segunda etapa se construirá la estación de bombeo de aguas residuales – EBAR con una capacidad de 77Lps. (Alcaldía de Barranquilla, 2022)
- Instalación de redes de alcantarillado sanitario en la Zona de Expansión de los barrios Alex Char y Ángeles I del Distrito de Barranquilla.

Dentro de los proyectos que la empresa proyecta para la optimización del sistema de alcantarillado sanitario para Barranquilla en el periodo 2026-2036 se tienen los de la siguiente tabla.

DOCUMENTO DEFINITIVO

**Tabla 10.24. Proyectos 2026-2036 de alcantarillado sanitario en distrito de Barranquilla en jurisdicción de la cuenca.**

| Proyecto | Descripción |
|---|---|
| Optimización EDAR El Pueblo | ▪ Aumento de calidad de agua tratada en la primera etapa para disminuir la carga sobre el cuerpo receptor Arroyo León.<br>▪ Ampliar la capacidad en el caudal tratado debido al crecimiento poblacional proyectado (se proyecta un caudal medio al 2050 de 2656 lps frente a 983 Lps en el año 2025)<br>▪ Distancia de retiro ambiental de los asentamientos no controlados alrededor de la EDAR<br>Las obras propuestas para la optimización del sistema:<br>▪ *Optimización del pretratamiento de la EDAR (Medición, desarenador y rejillas)*<br>▪ *Adecuación de los equipos de bombeo EBAR No.1 y 2. y múltiples de impulsión.*<br>▪ *Construcción de nuevos módulos aeróbicos para aumentar capacidad y calidad de tratamiento.*<br>▪ *Construcción de sistema de tratamiento de lodos y adecuaciones varias.* |
| Alcantarillado sanitario Barrio La Padrera y zona de expansión | Un sector del barrio La Padrera no cuenta con servicio de alcantarillado sanitario, por lo cual los vertimientos de las viviendas se realizan sobre la vía o sobre el Arroyo león.<br> <br>Para ello la empresa proyecta las siguientes obras:<br>▪ Construcción de redes de alcantarillado sanitario barrio la pradera<br>▪ Construcción colectora la pradera<br>▪ Estación de bombeo EBAR Alameda Nº 2<br>▪ Impulsión EBAR Alameda hacia la EDAR El Pueblo. |
| Saneamiento cuenca noroccidental de Barranquilla | Se compone por subcuencas Alameda, Villa Santos, Playa y Ciudad Mallorquín en donde en la actualidad se cuenta con un promedio de 30 mil usuarios y caudal máximo horario de 650 Lps; sin embargo con las proyecciones al año 2050 se estima que los usuarios asciendan a 181739 y un caudal máximo de 1890 Lps; la estación de bombeo Mallorquín y su la tubería de impulsión se encuentran operando en su capacidad máxima y han presentado fallas técnicas que han generado descargas eventuales a la Ciénaga de Mallorquín; motivo por el cual la empresa proyecta desconectar el sector de Alameda para llevar directamente a la EDAR Pueblo alivianando la EBAR Mallorquín. Dentro de las obras que se contemplan son:<br>▪ Reemplazo tramo impulsión existente<br>▪ Reubicación de alivio de EBAR (construcción de una estación de bombeo de aguas de alivio para descarga lejos de la zona de acceso al ecoparque |
| Colectores zona expansión sector occidental: | Construcción de colectores previendo los proyectos urbanísticos, comerciales y de logística en el sector de cerro Sevilla hasta sector de Caribe verde, conduciendo las aguas hacia la EDAR Pueblo. |

DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

| Proyecto | Descripción |
|---|---|
| | Colector Granja Catalina |
| Alcantarillado sanitario cra 38 desde arroyo león hasta juan mina | Construcción de redes de acueducto y alcantarillado lateralmente durante la ampliación de la carrera 38 y construcción de una EBAR que conduzca las aguas a la EDAR Pueblo. |
| Construcción de alcantarillados faltantes en Barranquilla | |

Fuente: Triple A E.S.P 2025

1) Cangrejera cuenca2
2) Las Canteras
3) Las Flores
4) Manga de Juan Mina 1
5) Manga de Juan Mina 2
6) Pinar del río
7) Ciudad de Paz
8) Pradera 2
9) Pradera
10) EBAR Alex Char
11) La Loma
13) Los Angeles III La Isla
15) Los Traigales
16) Las Gradenias
17) Villa Valery
18) Sinaí
19) Evaristo Sourdis

Fuente: Triple A E.S.P, 2025

#### 10.4.2.1.2. *Sectores críticos y/o con ausencia de sistemas de alcantarillado*

Con base en la identificación de los puntos críticos o con conflicto por el componente de saneamiento básico en el marco de los escenarios de participación y el rastreo de información llevado a cabo por el equipo profesional, se señalan a continuación los puntos identificados con la comunidad, durante los recorridos rurales del agua en la fase de diagnóstico:

***Corregimiento de Juan Mina***

Los líderes comunitarios identificaron en el corregimiento, tres puntos críticos por cuenta de los vertimientos regulares e irregulares sobre cuerpos de agua como *Arroyo Cascabel, Arroyo Granada y Arroyo Grande*. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

Dentro de las encuestas aplicadas, el corregimiento de Juan Mina manifestó contar con sistema de alcantarillado y estación de bombeo operado por la empresa Triple A; sin embargo, algunas viviendas disponen de sus aguas sobre Arroyo Cascabel (tributario de Arroyo Grande) , este cuerpo de agua es afectado seriamente por los vertimientos, además de desbordarse en época de lluvia generando graves perjuicios en la comunidad aledaña

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

(pérdida de enseres , enfermedades de piel, intestinales , malos olores entre otros impactos negativos).

**Figura 10.60. Vertimientos sobre Arroyo Cascabel sector Villa Iris – Juan Mina.**

**Figura 10.61. Vertimientos en zona de Juan Mina (origen doméstico y presuntamente textil (color azul).**

Dentro del recorrido la comunidad manifestó preocupación por los vertimientos provenientes de las zonas industriales como Cayena, empresas como SAE, Centro de Bienestar Animal, empresas ladrilleras, zonas de restaurantes del corregimiento entre otros. El asentamiento de un gran número de industrias y actividad comercial, según los líderes

comunitarios no se ha realizado de forma planificada, afectando gravemente a cuerpos de agua de importancia ancestral para la comunidad como *Arroyo Cascabel - Arroyo Granada, Arroyo Grande y Arroyo León*. El alto nivel de polución que presentan estos cuerpos de agua y humedales en la zona es la resultante de una serie de errores sistémicos producto de la desarticulación institucional y la baja presencia de las autoridades distritales y ambientales para ejercer control y vigilancia sobre estas empresas y/o actividades que están generando un daño irreversible en el ecosistema.

**Figura 10.62. Contaminación Arroyo Granada aguas abajo de vertimientos zona industrial.**

Durante el recorrido los lideres mencionaron que el Arroyo Granada, era reconocido como un lugar de descanso, pesca y reconocido por su belleza natural, sin embargo, desde la llegada de las zonas industriales, la comunidad manifiesta ha visto su pérdida y degradación, la cual ha sido denunciada en múltiples ocasiones por los líderes sin evidenciar respuesta alguna por parte de las autoridades. *Solicitan que la autoridad ambiental lleve a cabo el seguimiento, sancionamiento y muestreo de los vertimientos que están generando estas industrias en cuanto a metales pesados, sustancias químicas, parámetros de acidez entre otros que permitan evidenciar si estos vertimientos se están adhiriendo a la norma, ya que han generado una degradación aguda de los ecosistemas acuáticos (muerte de recurso ictico, desplazamiento de especies y efectos sobre la salud de las comunidades aledañas a estos cauces), así mismo exigir la adopción de tecnologías que permitan el tratamiento de estos efluentes para garantizar el equilibrio de los ecosistemas y la protección de la salud de los habitantes}.*

DOCUMENTO NO CONTROLADO

***Corregimiento Eduardo Santos – Sector Cangrejera***

El corregimiento de Eduardo Santos - sector Cangrejera, los líderes comunitarios manifestaron que aunque se están desarrollando obras de acueducto y alcantarillado estación de bombeo de aguas servidas en la zona desde el año 2023, aun se presentan zonas con ausencia del servicio de alcantarillado, viéndose obligados a disponer de las aguas servidas en zanjas a cielo abierto en las áreas subnormales y en áreas pavimentadas las aguas corren, se empozan y generan múltiples problemáticas ambientales y de salud en la comunidad.

**Figura 10.63. Aguas servidas a cielo abierto – foco riesgo salud pública Barrio La Cangrejera.**

Según manifestó la líder Marley Alviz Rodríguez, *uno de los sectores con mayor problemática, cuenta con 30 viviendas al lado y lado vertiendo aguas a cielo abierto, situación por la cual la comunidad tuvo la iniciativa de realizar adecuación para canalizar las aguas e instalar un tubo de 24", estas aguas llegan de forma directa a la Ciénaga de Mallorquín. Algunas viviendas cuentan con pozo séptico, pero es insuficiente frente al gran número de viviendas que dispone sus aguas a cielo abierto*. Este mismo escenario se presenta en el sector de La Playa, donde tanto líderes como habitantes de la zona señalan la afectación de la Ciénaga de Mallorquín por los vertimientos a cielo abierto de algunas zonas, donde se adecuan zanjas que permitan direccionar las aguas domésticas sin ninguna clase de tratamiento de forma directa a la ciénaga.

DOCUMENTO NO CONTROLADO

**Figura 10.64. Vertimientos directos canal abierto sector Cangrejera.**

**Figura 10.65. Tubería adecuada por la comunidad Cangrejera sin servicio de alcantarillado con destino a la Ciénaga de Mallorquín.**

Esta misma situación se presenta en el sector La Playa, donde algunos sectores no cuentan la comunidad que no se encuentra conectada a la red de alcantarillado, adecua zanjas a cielo abierto por donde circulan las aguas domésticas no tratadas, generando focos de contaminación y escenarios propicios para proliferación de vectores, malos olores y enfermedades en los habitantes que habitan cerca de estos canales. Estos canales vierten de forman directa hacia la Ciénaga de Mallorquín y en algunas zonas donde se cuenta con el sistema de alcantarillado, colapsan en épocas de lluvia generando grave afectaciones a los habitantes. Algunos líderes indican que aparte de la preocupación por los vertimientos

domésticos de la zona de La Cangrejera y La Playa, se suma los vertimientos de los pueblos Palafitos localizados en el Barrio Las Flores, en especial sector Chipi.que por motivos de seguridad no pudo ser visitado por el equipo durante la jornada de campo.

**Figura 10.66. Vertimientos en sector La Playa.**

### 10.4.2.2. *Manejo de residuos sólidos*

#### 10.4.2.2.1. *Antecedentes antiguo Relleno Sanitario Henequén*

El manejo de los residuos se realizaba anteriormente en el *Relleno Sanitario Henequén*, construido en el año 1990 por Empresas Públicas Municipales – EPM y a partir del año 1992 por la empresa Triple A E.S.P ubicado en la vereda las nubes del distrito de Barranquilla a partir de la intersección de la autopista al mar y la avenida circunvalar, al suroeste, contaba con un área de 60 hectáreas y una disposición promedio de 1600 toneladas diarias de residuos de Barranquilla, Puerto Colombia y Galapa. Sin embargo, teniendo en cuenta que su vida útil la cual culminaba en el año 2008, estaba llegando a su capacidad máxima de operación, las problemáticas por la presencia de más de 380 recicladores (informales y/o en condiciones laborales desfavorables para aquellos que pertenecían a cooperativas y expuestos a adquirir enfermedades) y los diversos impactos negativos a las comunidades aledañas por fugas de lixiviados, residuos volantes en las fincas aledañas., enfermedades respiratorias, enfermedades de piel, vectores por la disposición de materiales reciclables a la intemperie (AMB, 2005), se dio clausura oficial al relleno en el año 2009.

Sin embargo la operación de postclausura del relleno ha sido objeto de preocupación por parte de diferentes entidades y organizaciones de la sociedad civil, quienes han denunciado que aún década después del cierre del relleno, se presentan problemáticas por el manejo inadecuado de lixiviados (Asocavnu, 2022), lo anterior, debido al proceso normal de

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

oxidación biológica de los residuos orgánicos y la infiltración de aguas lluvia que al contacto con los residuos, detona en la generación de lixiviados. Los que se generan en el relleno son considerados viejos dado que superan cinco años de maduración y son manejados a través de tres lagunas para su evaporación y recirculación; sin embargo, no se realiza la remoción de contaminantes. (Higuita, 2015). Durante las labores de postclausura se han llevado a cabo obras de control de procesos erosivos, manejo de agua de escorrentía y sellamiento de taludes, limpieza de canales, mantenimiento de vías, monitoreo de gases, lixiviados, aguas subterráneas y superficiales, estabilidad mediante topografía, así como el monitoreo de flora y fauna. (Triple A ESP, 2024)

En el año 2024 la empresa llevó a cabo un estudio para verificar la efectividad de las diferentes obras de clausura y postclausura del relleno evidenciando:

- Proceso de regeneración natural
- Registro de 25 especies de plantas con capacidad para fijación de nitrógeno y mejoramiento de suelos
- Aumento de vegetación secundaria
- Mejoras en la conectividad ecológica que a su vez favorecen la movilidad de la fauna del lugar
- Consolidación de áreas de vegetación densa
- Monitoreo empleando tecnología como drones e imágenes multiespectrales a partir de las cuales se puede calcular índices de vegetación que ofrecen un panorama detallado del estado de salud de la cobertura vegetal a partir de análisis de clorofila, estado nutricional, estado hídrio y deficiencias estructurales (Triple A & Bioma, 2024)

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.67. Relleno Henequén 2007 – 2025.**

Fuente: Google Earth

A pesar de las medidas adoptadas en el proceso de postclausura, en el marco de los escenarios de participación del instrumento y reportes hechos por la Asociación Campesina de la Vereda Las Nubes -ASOCAVNU, sobre desbordamiento de canales de lixiviados en octubre de 2022 por ola invernal, generando una emergencia sanitaria y ambiental en

especial de la comunidad infantil de las familias que se encuentran aledañas al antiguo relleno, quienes presentaron alergias de piel y enfermedades respiratorias, perdida de cultivos de pancoger y animales de patio de los cuales se sostienen las familias. (Asocavnu, 2022).

**Figura 10.68. Lixiviados antiguo Henequén 2022.**

Fuente: Asocavnu, 2022

### 10.4.2.2.2. *Relleno Sanitario Parque Ambiental Los Pocitos*

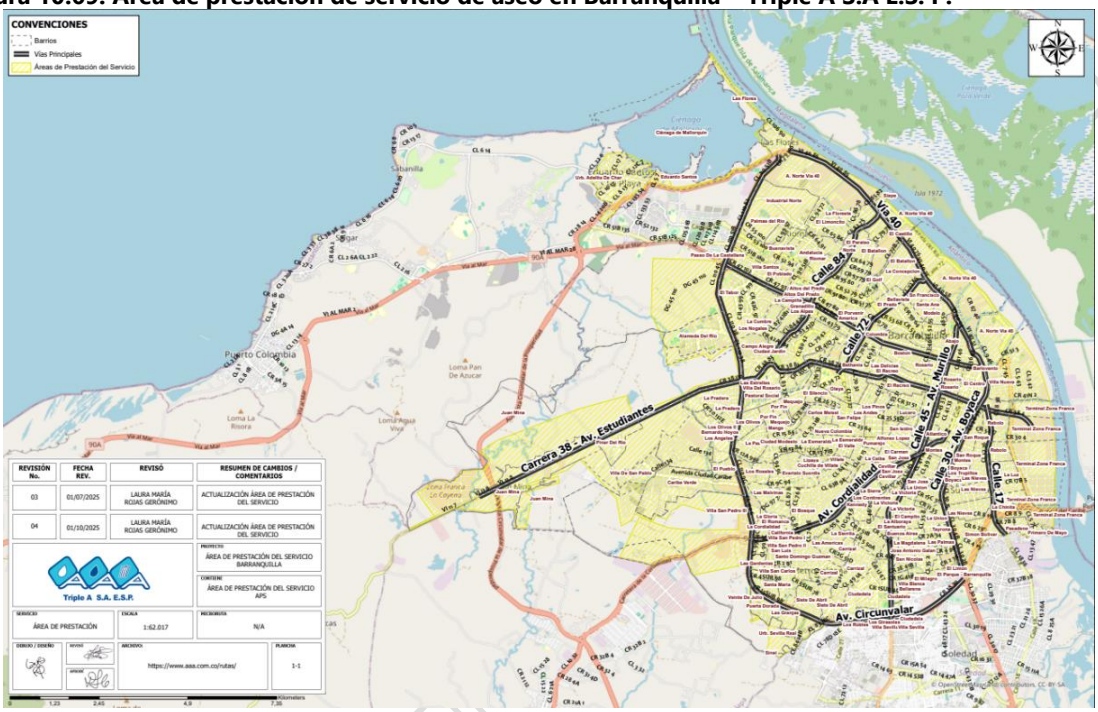
En el presente apartado se describe la infraestructura encontrada a nivel de la cuenca, para el manejo y disposición de los residuos sólidos, teniendo en cuenta el alto grado de urbanización de la cuenca, la presencia del área metropolitana y el Distrito de Barranquilla, se identificó el relleno sanitario de los Pocitos como prestador de servicio a nivel regional. Lo anterior permite entonces caracterizar esta importante infraestructura localizada en la cuenca y receptora de un gran porcentaje de los residuos generados en la misma, así como de otras cuencas continuas. Sus servicios tienen alcance principalmente para el Distrito de Barranquilla y los municipios de Galapa, Puerto Colombia y Tubará y por lo tanto permiten realizar un análisis conjunto del sistema de recolección, tratamiento y disposición para el área de interés de la cuenca.

Una vez se clausura la operación del antiguo relleno Henequén, la empresa Triple A E.S.P comienza la operación del Relleno Sanitario Los Pocitos en abril del año 2009 bajo la licencia ambiental 000049 del 22 de febrero de 2007 de la CRA. Este relleno de categoría III (Minvivienda,2021) se encuentra localizado entre el sector noroccidental del municipio de Galapa (vereda Bajo San Luis) y Tubará en la vía que de Juan Mina conduce a Tubará, posicionándose como referente en el país y a nivel internacional por sus avances tecnológicos en diseño y operación de sitios de disposición final con el aprovechamiento del biogás generado por los residuos y el reusó del agua resultante del tratamiento de lixiviados en actividades de riego (MinVivienda, 2021) , recibe en promedio 2 mil toneladas diarias de residuos de Barranquilla, Galapa, Puerto Colombia, Malambo, Sabanalarga,

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

Soledad y Zona costera de Tubará (Alcaldía de Barranquilla, 2021, El Tiempo, 2019). El terreno en tres áreas principales a saber: áreas de disposición de residuos (55%), áreas industriales (22.1%) y áreas de protección ambiental (22.7%); para un total de 135.6 ha, la vida útil del proyecto es de 30 años (Ramírez A, 2009)

**Figura 10.69. Área de prestación de servicio de aseo en Barranquilla – Triple A S.A E.S. P.**




Fuente: Triple A S.A E.SP., 2020.

A parte de la recolección de residuos domésticos y empresariales, la empresa ofrece servicios de recolección, transporte y disposición de residuos especiales y peligrosos en celdas de seguridad mediante procesos como neutralización, solidificación, encapsulamiento y deshidratación, servicio de incineración de residuos industriales y hospitalarios. También realizan el manejo de residuos de construcción, podas entre otros. (Triple A ESP, s.f). A continuación, se describen de forma general los procesos para la disposición en el relleno:

**Tabla 10.25. Procesos Relleno Sanitario Los Pocitos.**

| Parque Ambiental Relleno Sanitario Los Pocitos | |
|---|---|
| **Proceso** | **Descripción** |
| Recepción y pesaje | El Relleno cuenta con cercamiento y vigilancia, cuenta con dos básculas electrónicas de ochenta toneladas cada una para el pesaje de los vehículos con residuos, |
| Celdas | Antes de ingresar a las celdas, los vehículos realizan la descarga de los lixiviados que se encuentran en el vehículo y se trasladan a disponer en las celdas los residuos donde una maquina buldócer distribuye de manera uniforme los residuos para proseguir con su compactación a través de una máquina. Estas celdas son monitoreadas por el equipo topográfico del relleno, para vigiar la homogeneidad (niveles, pendientes, estado de relleno de la celda) y manejo de pendientes para garantizar la escorrentía. Al llegar a los niveles topográficos, se procede a cubrir los residuos con material terreo; antes de que la celda alcance su máximo nivel, los residuos se cubren de manera temporal con material sintético |

DOCUMENTO DEFINITIVO

| Parque Ambiental Relleno Sanitario Los Pocitos | |
|---|---|
| **Proceso** | **Descripción** |
| | de manera diaria para evitar la proliferación de vectores. Para el manejo de los gases, se construyen chimeneas para el desfogue del biogás y construcción de filtros en forma de espina de pescado para la evacuación de los lixiviados. |
| Tratamiento de lixiviados | El tratamiento de los lixiviados se trabaja en tres fases:<br>El tratamiento de lixiviados empieza en la zona de desarenador, trampa de grasas y una estructura para la medición de caudal de ingreso al sistema y la toma de muestras. Posteriormente el lixiviado llega a dos lagunas facultativas, construidas con geomembrana geotextil con filtros con desfogues para los gases generados por cambios de temperatura en el subsuelo y estructura en concreto para el paso de una laguna a otra. Una vez el lixiviado pasa por las lagunas se prosigue con el tratamiento biológico y fisicoquímico del efluente con sistema compuesto por: *tanque de homogenización, reactor UASB, filtro percolador, clarificador, espesador de lodos, lechos de secado, filtros* lo cual permite un proceso eficiente que remueva la máxima carga contaminante para el posterior vertimiento cumpliendo con los estándares de la normatividad ambiental vigente o para su recirculación (contando con cuarto de bombas).<br><br>Para la vigilancia de este tratamiento, el relleno cuenta con un laboratorio en el cual se pueden realizar mediciones diarias de acidez, demandan bioquímica de oxígeno, solidos suspendidos, temperatura entre otros parámetros básicos. |
| Residuos Peligrosos | Este se lleva a cabo mediante el confinamiento en canecas con capacidad de 5 galones para ser posteriormente encapsulados en celdas de seguridad, las cuales cuentan a su vez con sistema de recolección de lixiviados. |
| Seguimiento y monitoreo ambiental | Teniendo en cuenta los subproductos generados durante la operación del relleno) lixiviados, residuos livianos, biogás.), la empresa realiza monitoreo y seguimiento como el control de vectores (aves, moscas), control de olores, manejo paisajístico, calidad de aire (biogás, ruido, partículas aerotransportables), calidad de agua superficial y subterránea, monitoreo geotécnico y de estabilidad de los residuos, seguimiento meteorológico topográfico y trabajo social y educación ambiental. |

Fuente: Peralta, 2010, Ramos, 2019, Álvarez, 2019.

El relleno se encuentra zonificado en seis áreas, tres de ellas para residuos ordinarios, dos de ellas (ZODME) para la disposición de material de excavación sobrante y un área dispuesta a la protección ambiental. (Escobar & García, 2023).

El área de influencia del relleno cobija en el sector nororiental el corregimiento de Juan Mina que dista aproximadamente poco más de cuatro kilómetros de distancia, Zona Franca Cayena, ZILOG Parque Industrial, C.I SILICAR y de manera colindante la empresa ECOPARS SAS, el Parque Tecnológico Ambiental del Caribe de la empresa VEOLIA y el Parque Solar Vatia. Hacia la zona suroccidental a una distancia aproximada de kilómetro y medio se encuentra el corregimiento de Cuatro Bocas con un aproximado de habitantes, el cual sería el centro poblado más próximo al relleno sanitario y por la vía que conduce a Tubará, aproximadamente a seis kilómetros se encuentran los corregimientos de Guaimaral del municipio de Tubará y contiguo el corregimiento de Paluato del municipio de Galapa. Cuatro kilómetros en sentido suroriental se encuentra el municipio de Galapa.

DOCUMENTO PRELIMINAR FASE DE POSTULADO

**Figura 10.70. Relleno sanitario Los Pocitos.**

**Figura 10.71. Zonificación interna del relleno sanitario Los Pocitos.**

Fuente: Escobar & García, 2023.

El área de influencia del relleno cobija en el sector nororiental el corregimiento de Juan Mina que dista aproximadamente poco más de cuatro kilómetros de distancia, Zona Franca Cayena, ZILOG Parque Industrial, C.I SILICAR y de manera colindante la empresa ECOPARS SAS, el Parque Tecnológico Ambiental del Caribe de la empresa VEOLIA y el Parque Solar Vatia. Hacia la zona suroccidental a una distancia aproximada de kilómetro y medio se encuentra el corregimiento de Cuatro Bocas el cual sería el centro poblado más próximo al

relleno sanitario y por la vía que conduce a Tubará, aproximadamente a seis kilómetros se encuentran los corregimientos de Guaimaral del municipio de Tubará y contiguo el corregimiento de Paluato del municipio de Galapa. Cuatro kilómetros en sentido suroriental se encuentra el municipio de Galapa.

**Figura 10.72. Carros recolectores de residuos en Corregimiento de Guaimaral (Tubará).**

Durante los recorridos realizados por el equipo profesional, la comunidad en especial de los corregimientos Guaimaral (Tubará) y Paluato (Galapa), manifestaron inconformidad por los malos olores y proliferación de vectores que están generando un fuerte impacto a la salud de la población en especial niños y personas de la tercera edad por problemas respiratorios, dérmicos e intestinales. Atribuyen que la presencia del relleno, además de generar impactos negativos en la salud de la población de cada uno de los corregimientos, también ha generado perjuicios a cultivos, animales y otros escalones económicos como el turismo. Adicionalmente indican preocupación por la contaminación que puede generar a nivel superficial por escorrentía y subterránea a los cuerpos de agua cercanos (*Arroyo Eneal, Arroyo San Luis, Arroyo Blanco, tributarios de Arroyo Granada*).

La Consejera de Cuenca en representación de la alcaldía municipal de Tubará, señaló durante entrevista que las quejas por la contaminación atmosférica, en especial malos olores provenientes del relleno, han sido recurrentes en la población, incluso alcanzando el casco urbano de Tubará; situación que la alcaldía ha puesto en conocimiento de la empresa Triple A S.A E.S.P.

A pesar de contar con alta tecnología, algunos estudios señalan que el relleno maneja un promedio de 49.365,51 $m^3$ de lixiviado en promedio al año, los cuales al ser tratados

DOCUMENTO DEFINITIVO

fisicoquicamente, se dirigen a una laguna cuyo volumen es limitado, estos lixiviados son recirculados para humectar los vasos semiclausurados y acelerar su proceso de descomposición, las lagunas de tratamiento del lixiviado en época de lluvia rebasarían su capacidad, configurándose un riesgo alto de saturación (desborde), lo cual puede generar una alta contaminación. El relleno adoptó como medida de manejo el sistema de aspersión en el año 2022, en que, en estudio realizado, garantizaba hasta un 85% de eficiencia en la evaporación del lixiviado en época de alta temperatura (Sánchez & Márquez, 2019).

Sin embargo, en el año 2022 como 2024 se han reportado eventos de presunto desborde de lixiviados por las altas precipitaciones y por la baja capacidad de almacenamiento de las lagunas frente al volumen del efluente; esto ha generado afectaciones a los predios y empresas colindantes y ponen en evidencia la imperiosa necesidad de que la empresa plantee una estrategia y adecuaciones técnicas de fondo que permitan un manejo más eficiente de los lixiviados, dado que es una situación que se ha presentado de forma recurrente y que teniendo en cuenta la vida útil del relleno, se debe atender de manera prioritaria. Este efluente presenta en su composición compuestos orgánicos e inorgánicos con compuestos tóxicos, metales pesados, patógenos, sustancias peligrosas (Villamizar Et al., 2022) entre otros componentes que, por percolación o escorrentía directa a cuerpos de agua cercanos, puede generar una contaminación crítica en la calidad del agua y alteración en el equilibrio ecosistémico, además de exponer a la población a riesgos de salud pública.

Aunado al manejo adecuado de los lixiviados, también es necesario un mayor monitoreo y vigilancia por parte de las autoridades correspondientes, para garantizar el cumplimiento y manejo adecuado de los aspectos ambientales en el proyecto, además de brindar atención y evaluar los impactos reportados de manera continua en el marco de los escenarios del POMCA, por las comunidades asentadas en los corregimientos de Guaimaral y Cuatro bocas (Tubará) y Paluato (Galapa) en donde la población manifestó inconformidad por los efectos y/o problemáticas que padecen por malos olores, vectores y otras afectaciones que incurren en la salud de esta población.

Dentro del actual Plan de Gestión Integral de Residuos del Distrito y lo reportado ante los Ministerios, la empresa plantea que el relleno lleve a cabo los siguientes proyectos:

- *Diseño y construcción de planta de tratamiento de residuos orgánicos de plazas de mercados públicas y de residuos vegetales de vías y áreas públicas*
- *Establecimiento de los lineamientos para la gestiona integral de los residuos de construcción y demolición (RCD), generados en el Distrito en relación con la generación, recolección, transporte*
- *Tratamiento térmico Waste to Energy o termovalorización eléctrica*
- *Tratamiento mecánico o separación en fuente con tratamiento biológico aerobio de compostaje.*

En alianza estratégica con la empresa china BCCY la empresa Triple A, llevó a cabo un proyecto en el cual se realiza el aprovechamiento de los gases (generados en el relleno

DOCUMENTO DE ENTIVO - FASE DE PUBLICIDAD

producto de la descomposición de los residuos) mediante la construcción de una planta de biogás, pionera en el país como para la generación de energía renovable con una capacidad de 4.1 MW. Esta planta permitiría reducir 150 mil toneladas/año de CO2 beneficiando cerca de 30 mil habitantes. (Triple A E.S.P, 2024).

**Figura 10.73. Planta de Biogás Relleno Sanitario Los Pocitos.**

Fuente: Triple A E.S.P, 2025

Es importante mencionar que además de la presencia de este relleno sanitario de carácter regional, el corredor industrial entre Barranquilla – Juan Mina – Galapa y Barranquilla – Tubará, concentra un clúster de servicios ambientales para la recolección, manejo y tratamiento de residuos ordinarios y especiales a nivel regional. Algunas de las empresas presentes en la cuenca en estos corredores y al corte del presente informe, son VEOLIA con el parque/Centro Inteligente de Gestión Ecológica del Caribe localizado al lado del relleno sanitario Los Pocitos, que cuenta con servicios para empresas de los departamentos de Atlántico, Cesar, Córdoba, Bolívar, Magdalena, Sucre, dentro de los que se encuentra la incineración de residuos industriales y hospitalarios (promedio mil Kg por hora), generación de combustible alternativo (CDR) a partir de residuos del sector industrial y petróleo gas para la operación de empresas cementeras, celdas de seguridad para confinamiento de residuos peligrosos con impermeabilización con concreto entre otros servicios (Veolia, 2023)

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 10.74. Parque tecnológico Ambiental del Caribe – VEOLIA.**

Fuente: Veolia, 2023

Otras empresas asentadas en la cuenca con prestación de servicios para la recolección, tratamiento y disposición de residuos que se lograron identificar durante los recorridos del equipo profesional son: ECOPARS, PROCAR, ECOSOL, RENOBOY, SAE SAS, ECOAMBIENTE SAS entre otras empresas, que probablemente aumenten la consolidación de un clúster para este tipo de servicios en la cuenca; sin embargo es importante que las autoridades competentes evalúen los efectos/impactos sobre el recurso hidrobiológico reportados actualmente por los distintos sectores y se fortalezca el ejercicio de vigilancia y control por parte de las autoridades ambientales en coordinación con las entidades y organizaciones civiles y comunitarias que permitan resguardar los bienes y servicios ambientales de la cuenca.

Paradójicamente, algunas de estas empresas que deberían garantizar el tratamiento y disposición adecuada de los residuos para evitar un mayor impacto en la cuenca, han sido señaladas por la comunidad en el marco de los recorridos de la fase de diagnóstico e incluso documentado por las propias autoridades ambientales y distritales, como los principales autores de vertimientos y contaminación de áreas estratégicas en la cuenca, exponiendo incluso a las poblaciones cercanas y generando daños irreversibles al ecosistema. A modo de ejemplo se cita la problemática de la cual es objeto de la Ciénaga de Mallorquín, en donde este tipo de empresas, como el caso reportado en junio del año 2025, realiza de manera clandestina vertimiento de lodos y residuos peligrosos en las inmediaciones de este cuerpo de agua (Alcaldía de Barranquilla, 2025). Este tipo de comportamiento clandestino no solo se presenta en la ciénaga sino en distintos focos en la cuenca, algunos de ellos generados por las empresas mismas y otros por terceros que disponen de manera ilegal y

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

en alto riesgo, residuos de todo sector (hospitalario, construcción, industrial, entre otros) en lotes baldíos sin ningún tipo de vigilancia ni medida.

**Figura 10.75. Vertimiento de lodos peligrosos empresa SAE SAS en inmediaciones Ciénaga de Mallorquín.**

Fuente: Alcaldía de Barranquilla, 2025

Algunos líderes comunitarios señalan que esto se debe a una débil presencia de la autoridad ambiental en el área y/o permisividad frente a los infractores; lo cual evidencia la necesidad de migrar del actual modelo (sancionatorio y reactivo) a uno donde se le brinde herramientas y mayor injerencia a la autoridad para el control y vigilancia preventivo y oportuno de estas empresas, evitando eventos como los mencionados anteriormente. Desde la percepción de varios actores, la reacción de las autoridades es tardía y muchas de las veces las medidas sancionatorias son de tipo económico, algo que para algunas empresas es de fácil solvencia; herramienta que no garantiza que vuelvan a incurrir en impactos sobre los recursos naturales a futuro.

El manejo inadecuado de los residuos en el Distrito, tanto en casco urbano como en área rural, es un problema permanente en la cuenca, especialmente por la ausencia de cultura ambiental y/o la ausencia de sistema de recolección, especialmente en zonas subnormales, además de una débil vigilancia de la disposición de residuos por parte del sector empresarial. Sectores como la Cangrejera, presentan en la actualidad problemáticas por la ausencia de servicio de recolección de basuras, obligando a la comunidad a crear puntos de acopio en medio de las calles de tránsito permanente. Esta disposición se realiza sin ningún tipo de protección, a la intemperie y generando focos de contaminación que comprometen la salud pública.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 10.76. Disposición de residuos en sector Cangrejera.**

Para garantizar una mayor vigilancia sobre el accionar de estas empresas, es necesario el fortalecimiento técnico, económico y administrativo de las entidades, a fin de poder garantizar un rol activo y la protección de la cuenca. Teniendo en cuenta el alto grado de urbanización de la cuenca y la alta presión sobre las áreas naturales por el actual modelo de desarrollo económico que se está impulsando en los municipios de la cuenca, el cual se encuentra centrando en el desarrollo industrial y urbano, es necesario contemplar estrategias asertivas que permitan abordar de manera oportuna estas problemáticas de aseo en los puntos más críticos de la cuenca, no solo desde la vigilancia, sancionamiento sino también a través de la promoción de economía circular y especialidad en disposición y manejo de cada tipo de residuo.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

### 10.4.3. Municipio de Galapa

El municipio de Galapa cuenta en la actualidad con dos prestadores de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo a saber: la empresa AQUALIA S.A E.S.P (antiguamente operado por la empresa AGUAS DEL CARIBE S.A E.S.P), esta última limita sus servicios a la urbanización Villa Olímpica y área industrial aledaña localizada en el sector nororiental del casco urbano de Galapa y la empresa Triple A S.A. E.S.P en las demás zonas de municipio. Según el plan de desarrollo en vigencia, el municipio cuenta con una cobertura en alcantarillado de 97,78% en área urbana y 4,93% en área rural dispersa, en servicio de aseo 96,45%, en casco urbano y 47.94% en área rural. A continuación, se describen las características de infraestructura y prestación del servicio para el manejo de los vertimientos y de residuos sólidos del municipio:

#### 10.4.3.1. *Manejo de vertimientos*

El área de operación a cargo de la empresa Triple A S.A. E.S.P , cuenta con un sistema de alcantarillado, el cual, debido a las condiciones topográficas del municipio, funciona principalmente por sistema de bombeo hacia una Estación Depuradora de Aguas Residuales – EDAR Galapa, inaugurada en el año 2006 y localizada en las coordenadas 10°54'22.16"N y longitud 74°53'44.38"O cerca de la Hacienda Camagüey en el sector occidental del municipio, colindando en el sector occidental con Arroyo Grande, cuerpo receptor del efluente resultante del tratamiento biológico de la EDAR.

El municipio se delimita en siete cuencas sanitarias dentro de la red de alcantarillado diseñada, y cinco de ellas deben elevar las aguas mediante estaciones de bombeo automatizadas y operadas desde centro de operaciones, las cuales cuentan con planta de energía suplente para garantizar el funcionamiento permanente de las estaciones. La EDAR cuenta con dos módulos de lagunas en serie en un área aproximada de 2 hectáreas y su funcionamiento se basa principalmente en tratamiento biológico mediante degradación de materia orgánica. Se cuenta con una laguna anaeróbica, laguna facultativa primaria y laguna de maduración. El sistema tiene un caudal de diseño de 60 L/s. En la EDAR se llevan a cabo monitoreos semanales de parámetros fisicoquímicos como (DBO, DQO, SST y grasas), remoción de material y mantenimiento preventivo mensual y programado cada tres meses. (SSPD, 2017).

En el año 2019 bajo el financiamiento de la Gobernación, se realizaron obras de optimización al sistema: modificación de una laguna anaeróbica a aeróbica, con sistema de tratamiento de aireación (instalación de 18 bombas para inyección de aire al agua) disminuyendo el tiempo de tratamiento de las aguas, aunado a lo anterior la instalación de 2191 metros de línea de impulsión desde el Barrio Mundo Feliz , alcantarillado en segunda etapa de Petronitas, así como extensión de redes en zona franca, estas obras favorecerían el funcionamiento del sistema hasta el año 2045 (Gobernación del Atlántico, 2019) . Además, cuenta con un sedimentador y dos lechos de secado para el tratamiento de lodos.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.77. EDAR Galapa año 2025.**

**Figura 10.78. Estación de bombeo I Barrio Mundo Feliz.**

En el marco del diálogo entablado entre el equipo y el funcionario a cargo de la operación de las EDAR se indicó que, para el caso particular de Galapa, una de las mayores dificultades en el tratamiento de las aguas residuales doméstica y no doméstica que recibe el sistema, es la alteración de los niveles de acidez en el agua por los vertimientos presuntamente procedentes en especial de empresas productores de biodiesel.

### 10.4.3.1.2. *Urbanización Villa Olímpica*

La urbanización Villa Olímpica en su primera etapa, fue construida en el año 2003 para albergar a los deportistas de los juegos centroamericanos y del caribe del año 2006, para entonces la operación del servicio estaba a cargo de la empresa AGUAS DEL ATLÁNTICO S.A E.S.P quien entregó en el año 2019 la operación a la empresa AGUAS DEL CARIBE SAS E.S.P y ésta a su vez en el año 2025 a la empresa AQUALIA S.A E.S.P. La urbanización cuenta con un promedio de 1861 viviendas en un área aproximada de 137 Hectáreas (Aguas del Caribe SAS, 2025), tiene un aproximado de 5458 usuarios en el servicio de alcantarillado (SSPD, 2023) y una población de alrededor de 25 mil habitantes (Aqualia, 2025).

El equipo profesional del POMCA de manera coordinada con la empresa AGUAS DE CARIBE, programó la visita a la infraestructura, en donde se identificó el siguiente tren de tratamiento. El sistema de alcantarillado, aunque se proyectó para función sanitaria, actualmente trabaja combinado con pluvial, al igual que en otros municipios de la cuenca, la variabilidad topográfica requiere el empleo de estaciones de bombeo de aguas residuales - EBAR que permitan elevar las aguas y conducirlas hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales -PTAR. En el área en jurisdicción de la empresa, se encuentran tres estaciones de bombeo:

**Tabla 10.26. EBAR Villa Olímpica Galapa.**

| Estación | Área que recoge | Capacidad y operación | Estación destino |
|---|---|---|---|
| EBAR 1 | Calle 5 a 8b y carrera 61 a 64 | 18 L/s – opera 12 horas/día | EBAR 3 |
| EBAR 2 | Calles 1 a 2 y carrera 58 a 62 | 17 L/s – opera 12 horas/día | EBAR 3 |
| EBAR 3 | EBAR 1 y 2 y demás urbanización | 28 L/s – opera 18 horas/día | PTAR |

**Figura 10.79. Estación de bombeo 1 urbanización Villa Olímpica – AGUAS CARIBE E.S.P.**

Fuente: SSPD, 2023

DOCUMENTO EN CONSENTIMIENTO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.80. Estación de bombeo 1 urbanización Villa Olímpica – AGUAS CARIBE E.S.P.**

La PTAR ubicada en 10°55'32.06"N y 74°51'34.31"O, fue puesta en funcionamiento en noviembre de 2020 bajo la financiación total de AGUAS DE CARIBE SAS ESP, con una inversión de $3800 millones de pesos, tiene una capacidad de 144 L/s, se compone de un desarenador, tratamiento de lodos activados con cuatro reactores de aireación extendida, tiene dos módulos de tratamiento que operan en paralelo con una remoción de hasta 90% de la carga contaminante (Gobernación del Atlántico, 2020).

El sistema se compone de un desarenador, piscina aireada y cuatro módulos biodigestores. El desarenador es de flujo horizontal y ayuda en el proceso de remover las partículas y retener las arenas que traen consigo las aguas servidas, posteriormente el agua pasa a una laguna aireada en modalidad de flujo continuo, allí se aporta oxígeno a la materia orgánica con aireadores superficiales, manteniendo a los organismos aerobios en superficie y acelerando el proceso de degradación de la materia. Seguidamente el flujo pasa a los reactores biológicos o sistema de lodos activados en donde se realiza un tratamiento biológico a través del cultivo de bacterias en forma de flóculos en un reactor aireado y agitado, a través de este proceso las bacterias metabolizan los contaminantes orgánicos. Al culminarse el tiempo de retención, el flujo de conduce a un tanque se sedimentación donde se separan las aguas tratadas de los lodos (biomasa) generada, una parte de las células de la sedimentación se recircula para mantener la actividad del reactor y la otra parte se purga (Aguas de Caribe SAS ESP, 2025).

El tratamiento en la planta inicia por el tanque de homogenización, donde el caudal de fracciona hacia cada uno de los módulos de tratamiento, cada módulo cuenta con dos tanques de aireación en paralelo, posteriormente siguen los clarificadores. Cada uno de los

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

módulos opera con tres sopladores y cuentan con uno de reserva; estos son rotados cada seis hora.

**Figura 10.81. PTARD Agua Caribe SAS – Villa Olímpica Galapa.**

**Figura 10.82. Visita de equipo POMCA a las instalaciones PTAR AGUACARIBE Villa Olímpica Galapa.**

**Figura 10.83. Sistema de aireación previo a su puesta en funcionamiento 2020 y posterior 2025.**

**Figura 10.84. Desarenador y Laguna de aireación.**

De acuerdo a la visita realizada en compañía de funcionarios de la empresa, indican que los lodos resultantes del tratamiento biológico son traslados y dispuestos en relleno sanitario, por lo cual no se realiza ningún vertimiento de ellos a los cauces aledaños. La planta se encuentra en un predio que supera las dos hectáreas y el área de operación no supera el 20% del área del predio, durante la visita realizada por el equipo, se evidenciaron fuertes olores alrededor de los reactores; sin embargo, es importante mencionar que alrededor de los mismos se encuentra vegetación frondosa con individuos de hasta seis metros de altura, que sirven como barrera natural para mitigar los olores fétidos del proceso biológico alrededor de la planta. En la zona suroccidental de la planta a menos de 60 metros de distancia se encuentra una parte de la urbanización Villa Olímpica, en la zona norte se encuentra la zona franca internacional y en la zona suroriental área rural del municipio.

Es imprescindible que el municipio tenga en cuenta dentro de la planificación de su territorio y tomando como ejemplo casos como el de la EDAR del pueblo, la relevancia de vigilar el

crecimiento del municipio en las inmediaciones de la PTAR, para evitar el establecimiento de asentamientos informales alrededor de ella y garantizar las distancias mínimas de estas infraestructuras.

El efluente resultante del proceso de la PTAR, tiene como cuerpo receptor Arroyo Sierra Palma o como se conoce a nivel local Arroyo Cañas, tributario de Arroyo León, aunque el caudal de diseño de la planta es de 30 L/s con una carga diaria de 2592 m3/día (Aguas Caribe, 2025), el permiso de vertimientos concedido por la CRA (Resolución 000146 de 2020, el cual vence en el año del presente informe 2025), indica un caudal máximo de vertimiento de 20 L/s con tiempo de descarga de 24 horas/día 30 días/mes lo cual equivale a 1728 m3/día. El vertimiento se encuentra aproximadamente a 80 metros de distancia de la PTAR.

**Figura 10.85. Vertimiento PTAR Villa Olímpica.**

Durante la visita realizada al vertimiento en compañía de los representantes de la empresa Aguas de Caribe SAS, se evidenció que el vertimiento no presenta olores fuertes, el color del efluente es gris claro, el cual decanta una nata color blanca – gris clara en el arroyo. Es favorable la ubicación del vertimiento, dado que se encuentra en una zona de lotes baldíos y no hay viviendas cerca que puedan verse afectadas por el vertimiento.

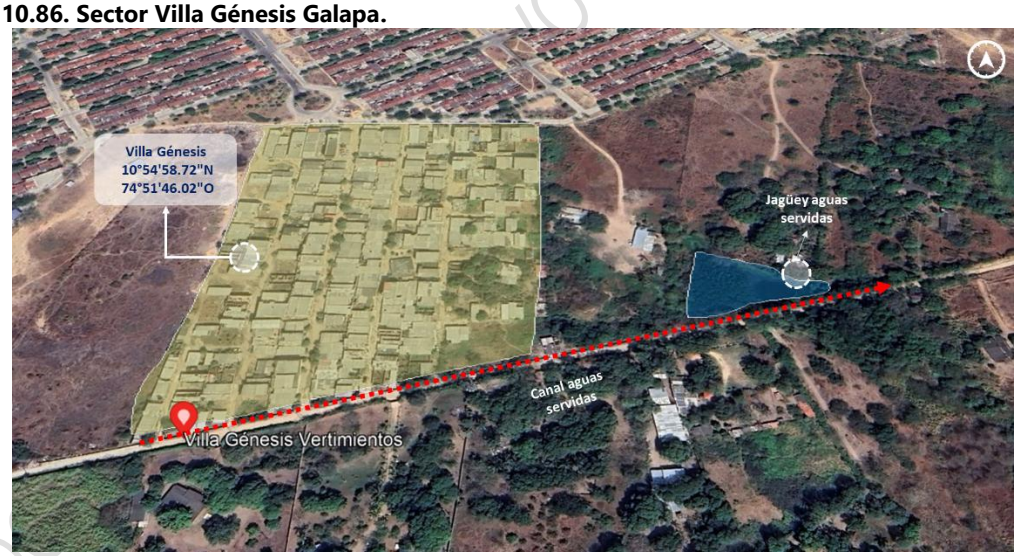
La anterior descripción corresponde principalmente al manejo de los vertimientos de origen doméstico; empero es importante recordar el amplio número de empresas asentadas en el municipio, cuyos sistemas de tratamiento varían de acuerdo con el tipo de efluente y permiso tramitado ante la autoridad ambiental, quien debe garantizar el seguimiento y

cumplimiento de los estándares mínimos de los vertimientos. A modo de ejemplo, empresas como Camagüey cuentan con sistemas desde la trampa de sólidos, lagunas de oxidación, planta de recuperación de cromo para procesos de curtiembre, plantas como ACONDESA con sistemas de tratamiento tipo DAFF, CEDI Alpina con tecnologías de tratamiento de agua y generación de biogás entre otras tecnologías que se adaptan a las particularidades de cada una de las actividades en las empresas.

#### 10.4.3.1.3. *Sectores críticos y/o con ausencia de sistemas de alcantarillado*

En el marco de los recorridos rurales y como resultado del diálogo con la comunidad, se identificaron algunos sectores del área rural que no cuentan con el servicio de alcantarillado, sea por su carácter rural o por el crecimiento de asentamientos informales, los cuales se encuentran en proceso de densificación y vierten de forman directa sus aguas servidas a zanjones, canaletas, suelo o a los cuerpos de agua más próximos a las viviendas. Este es el caso de vereda Las Margaritas, Alpes de Sevilla, sector rural Petronitas, La Manga, vereda Muñoz, vereda Las Trescientas, Villa Alpes, Barrio Mundo Feliz en la zona que colinda con Arroyo Grande, Barrio Manga Pital, Barrio 12 de septiembre y en Villa génesis donde hay un alcantarillado a cielo abierto. El Corregimiento de Paluato no cuenta con servicio de alcantarillado, las viviendas disponen directamente al suelo, a cuerpos de agua cercanos y/o si cuentan con poza séptica.

**Figura 10.86. Sector Villa Génesis Galapa.**




DOCUMENTO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.87. Vertimientos a cielo abierto Villa Génesis – Galapa.**

El sector de Villa Génesis localizado en la zona sur de la urbanización de Villa Olímpica, es un asentamiento subnormal, el cual en un transecto de aproximadamente medio kilómetro dispone en canal abierto las aguas servidas de las viviendas, sin ningún tratamiento, generando un alto riesgo para la salud pública, aunado a lo anterior es una zona donde se presentan inundaciones continuas, en eventos de alta precipitación ocasione el desbordamiento del canal de aguas servidas, entrando a los hogares.

Durante la visita al sector de Petronitas, su líder comunitaria manifestó preocupación por el impacto de las empresas de plástico formales e informales en su territorio, menciona que dichas empresas generan vertimientos sin ninguna clase de tratamiento, cuyo caudal por condiciones topográficas se dirige hacia dos cuerpos de agua (, los cuales se ven seriamente afectados por el nivel de contaminación que estos vertimientos contienen. Otros de los factores que generan una fuerte presión sobre los cuerpos de agua son los vertimientos de las viviendas de forma directa a los jagüeyes y la disposición inadecuada de residuos de construcción y ordinarios sin ninguna vigilancia, lo cual genera múltiples focos de contaminación y proliferación de vectores que afecta de forma directa a la población.

**Figura 10.88. Vertimientos y disposición de residuos en Jagüey Petronitas.**

**Figura 10.89. Vertimientos Barrio Mundo Feliz hacia Arroyo Grande.**

**Figura 10.90. Vertimiento Barrio 12 de septiembre Galapa dirigido hacia Arroyo Grande.**

### 10.4.3.2. *Manejo de residuos*

De acuerdo con el plan de desarrollo en vigencia del municipio, el servicio de aseo tiene una cobertura de 96.45% en la zona urbana y 47.94% en ruralidad. Para el manejo de los residuos en el municipio de Galapa, se encuentran al igual que en el servicio de acueducto y alcantarillado, las empresas Triple A S.A E.S.P. para el casco urbano del municipio y Aguas Caribe SAS ESP ahora Aqualia S.A ESP para el sector de Villa Olímpica y parte de zona industrial. Ambas empresas disponen de estos residuos en el relleno sanitario Los Pocitos en la vía Barranquilla – Tubará. Dentro de la cobertura del servicio en zona rural, éste llega hasta el corregimiento de Paluato en límites con el municipio de Tubará. Respecto a la producción de residuos que se producen en el municipio, el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio, que vence en el año 2027, reporta un promedio de 1415,21 toneladas mensuales de residuos recolectados, y una producción per cápita de residuos en el municipio es de 0.92 kg/hab/día, además se identifican 9517 usuarios del servicio en área urbana de los cuales el 86% son usuarios residenciales de estratos 1 y 2 y 147 usuarios del área rural y centro poblado (Alcaldía de Galapa,).

En el municipio no se cuenta con rutas selectivas de reciclaje por parte de las dos operadoras, el manejo de los residuos de construcción y demolición (RCD) para el área atendida por Triple A, está alrededor de 1,98 toneladas mensuales, las cuales son dispuestas en el relleno sanitario de los Pocitos. Como puntos críticos identificados en el municipio por la disposición inadecuado de residuos domésticos y no domésticos en el municipio se tienen:

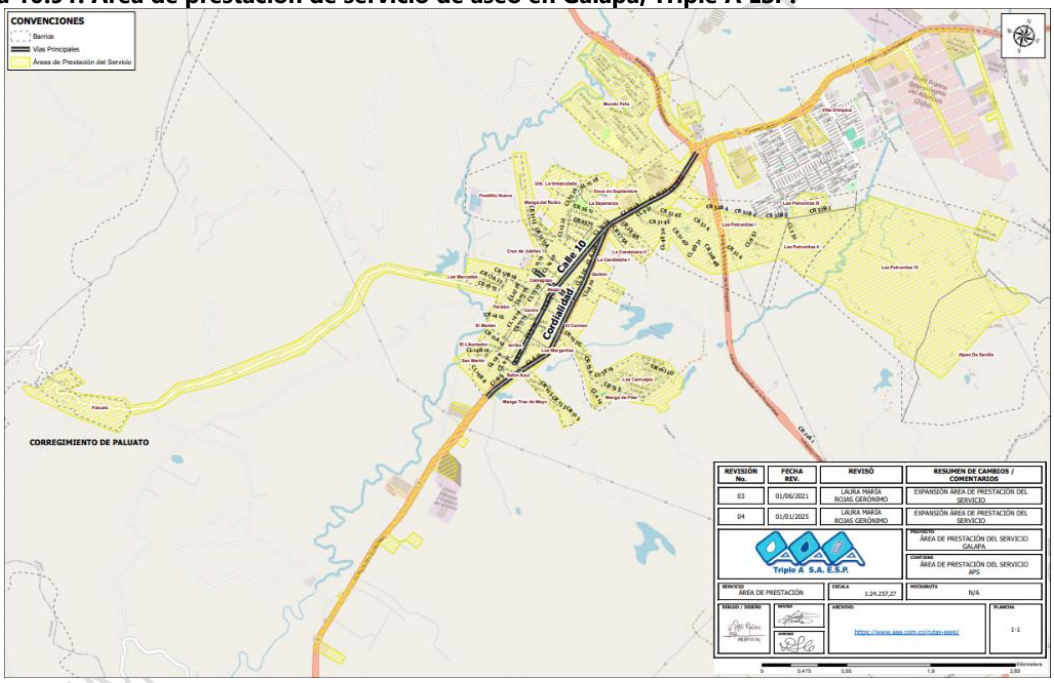
- Cordialidad: calle 6 entre carreras 27 a 15
- Carrera 57 calle 2C Esquina
- Carrera 53 entre calle 2B y Calle 3

DOCUMENTO DEFINITIVO - F

- Carrera 64 desde la calle 4 hasta la calle 8
- Calle 3 con carrera 55
- Arroyo Carrera 64
- Arroyo calle 8 con carrera 64 esquina
- Carrera 62 entre calles 31 a la 41
- Puente de Paluato, carrera 16 entre calles 24 a 26

Dentro de la zona de Villa Olímpica, la empresa Aguas Caribe (hoy Aqualia) presta el servicio de recolección de residuos en la zona industrial día de por medio y en zona residencial los lunes, miércoles y viernes. El corregimiento de Paluato cuenta con recolección de residuos por medio de la empresa AAA con una periodicidad los lunes, miércoles y viernes. En el resto de Galapa la empresa AAA presta el servicio los lunes, miércoles y viernes en unos sectores, y en otros, martes, jueves y sábado. A continuación, se presenta la cobertura de servicio de la empresa Triple A en el municipio.

**Figura 10.91. Área de prestación de servicio de aseo en Galapa, Triple A ESP.**




Fuente: Triple A S.A ESP, 2020

En el municipio de Galapa, la comunidad identificó varios puntos críticos – focos de contaminación por disposición inadecuada de residuos, en zonas aledañas a la urbanización de *Villa Olímpica, Villa Génesis, Petronitas* entre otros puntos. En ellos se dispone principalmente residuos de construcción, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, muebles, electrodomésticos e incluso algunos de carácter peligroso provenientes del sector salud evidenciados por el equipo profesional durante el recorrido. Así mismo esto genera focos de inseguridad, debido a las personas que disponen de forma ilegal esto residuos sin control ni vigilancia de las entidades competentes. En Galapa, especialmente sector de

DOCUMENTO PUBLICADO

Petronitas y Alpes de Sevilla, los habitantes señalan con gran preocupación el impacto de las plastiqueras presentes y por la disposición de residuos cerca de humedales.

**Figura 10.92. Disposición de residuos en área rural e inmediaciones de urbanizaciones Galapa.**

**Figura 10.93. Plastiquera en sector rural Petronitas Galapa.**

## 10.4.4. Municipio de Puerto Colombia

### 10.4.4.1. *Manejo de vertimientos*

Puerto Colombia en su plan de desarrollo vigente reporta una cobertura de alcantarillado de 76.76% en área urbana y 17.10% en área rural; cifras bajas y que pueden ser condicionantes de los procesos de crecimiento del municipio. A pesar de ser un municipio que se está posicionando como uno de los destinos turísticos más relevante del país (Caracol, 2025) es prioritario invertir de manera simultánea en el robustecimiento de la infraestructura de alcantarillado y aseo, no solo para las zonas de mayor confluencia turística,

sino también en centros poblados y área rural dispersa del municipio donde no cuentan con servicios básicos, viéndose obligados a disponer sus residuos al suelo, playas o cuerpos de agua próximos a las viviendas, comprometiéndose la salud y calidad de vida de las comunidades, así como el equilibrio de los ecosistemas.

El servicio de acueducto, alcantarillado y aseo en el municipio, se encuentra a cargo de la empresa Triple A S.A E.S.P, la gestión de los vertimientos del área del municipio en jurisdicción de la cuenca, se puede establecer en dos sectores a saber: el Corregimiento de Salgar cuenta con una red de alcantarillado cuyas aguas se direccionan hacia una estación de bombeo de Puerto Colombia y de allí a la EDAR del municipio (*es importante aclarar que este sistema y su vertimiento no se encuentran en jurisdicción de la cuenca objeto de ordenación del presente instrumento*). La EDAR consta de dos desarenadores en paralelo y dos lagunas facultativas con un caudal de tratamiento de 40 lps, aunque su capacidad llega hasta los 300 lps y eficiencia de remoción de 80%. El cuerpo receptor del efluente es Arroyo Grande (haciendo claridad que este Arroyo, aunque tiene el mismo nombre de uno de los afluentes de la cuenca objeto de ordenación en el presente instrumento, *no es el mismo* y pertenece a la cuenca Arroyos Directos al Caribe Norte cuya desembocadura es en el mar caribe una vez atraviesa el casco urbano de Puerto Colombia)

El sector de Villa Campestre que colinda con el corregimiento La Playa de Barranquilla, así como el polémico proyecto habitacional de Ciudad Mallorquín, conducen sus aguas hacia la estación de bombeo de aguas residuales EBAR Mallorquín ubicado en 11° 1'44.58"N y 74°51'3.08"O, que dirige las aguas al receptor final: río Magdalena. Algunos sectores de condominios, clubes como por ejemplo Lagos de Caujaral cuenta con sistema de alcantarillado privado.

***Sectores críticos o con ausencia de sistema de alcantarillado***

Sectores como Punta Roca y Sabanilla no cuentan con sistema de alcantarillado, por lo cual algunas viviendas disponen de sus aguas servidas mediante pozo séptico y otras de forma directa sobre suelo, zanjas y/o canales de aguas cerca. Algunas zonas de Puerto Salgar como es el caso del barrio tamarindo visitado por el equipo profesional, presentan problemas por rebose de alcantarillado, especialmente en época de lluvia, afectando las viviendas por inundaciones con aguas altamente contaminadas que comprometen su salud y consigo, acelerando procesos de erosión y deslizamientos en el barrio. Aunado a lo anterior, se identificaron vertimientos directos de algunas viviendas sobre el *Arroyo San Lorenzo (*que desemboca directamente sobre el mar caribe*)*, sea por los problemas mismos en la infraestructura de alcantarillado o por no encontrarse conectados a la red.

Durante los recorridos llevados a cabo por el equipo profesional en la fase, los lideres comunales consideran que el barrio por su declive, no contó con un diseño óptimo a la hora de instalarse las redes de alcantarillado, por lo cual, considerando que el alcantarillado existente es combinado, en eventos de alta precipitación, el sistema colapsa y las aguas residuales se desbordan por los mojones, inundando viviendas con estas aguas altamente

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICADO

contaminadas, generando problemas de salud en la comunidad y con ello además agudizando los problemas de erosión y deslizamientos que ya presentan por el *Arroyo San Lorenzo* a la altura de su barrio.

**Figura 10.94. Afectaciones por rebose de alcantarillado e inundaciones y socavación Arroyo San Lorenzo.**

Aunque el *Arroyo San Lorenzo* ha sido objeto de obras de canalización por parte de la alcaldía municipal de Puerto Colombia, aguas arriba de estas obras, el cuerpo de agua está generando graves afectaciones en las viviendas asentadas en su ronda. Estas viviendas están en alto riesgo de colapsar por la erosión e inestabilidad del terreno, incluso obligando a algunas familias a desplazarse por miedo al desplome de sus viviendas, por parte del convento se construyeron muros de contención, pero éstos han ido colapsando, sumado a ello la conexión de vertimientos directos sobre el arroyo y disposición inadecuada de basuras y material vegetal, pueden configurar un alto riesgo en esta zona en época de alta precipitación. El área con mayor criticidad identificado por el equipo profesional gracias al acompañamiento de los líderes comunitarios de la zona, se centra especialmente en la ronda desde el paso del Arroyo en el convento Hijas de la Sagrada Familia – Loreto y la Calle 11. El detalle de esta situación se puede evidenciar en el volumen de gestión del riesgo y actividades complementarias.

Otro de los conflictos en el municipio en torno al impacto ocasionado por los vertimientos, se sitúa en el paso del Arroyo León por el municipio; cuerpo de agua en grado crítico por su alta carga contaminante, que afecta a las familias del municipio de Puerto Colombia asentadas en el margen de este importante afluente en la cuenca. El Arroyo en su paso por el municipio, trae consigo un alto riesgo por ser el receptor de los vertimientos del suroccidente de barranquilla. Lamentablemente el Arroyo se ha convertido en una alcantarilla a cielo abierto donde no solamente caen vertimientos de origen doméstico y no doméstico sino además se dispone de manera irresponsable y sin vigilancia, residuos de

DOCUMENTO DE DIAGNÓSTICO

todo tipo (muebles, llantas, animales, todo tipo de electrodomésticos voluminoso RAEE, escombros, entre otros) que aumentan el grado de contaminación del cuerpo de agua y pueden generar un riesgo latente a la salud pública.

**Figura 10.95. Visita al Arroyo León 200 m antes de trampa de residuos en paso por Puerto Colombia con veeduría ciudadana.**

El alto grado de contaminación del Arroyo sumado a su rápido crecimiento y desbordamiento en época de lluvia, genera un alto riesgo en la población, quienes manifestaron al equipo profesional que, durante las inundaciones generadas por el arroyo, la contaminación que trae consigo genera enfermedades gastrointestinales, dérmicas, malos olores y respiratorias, además de la proliferación de vectores cuando ocurren estos eventos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 10.96. Carga contaminante de Arroyo León a la altura de trampa de residuos Carrera 51 B – 2025.**

Fuente: Suministrada por comunidad a Consorcio Mallorquín, 2025

La instalación de esta trampa de residuos y sus múltiples en impactos, han generado molestia en habitantes del municipio de Puerto Colombia, quien han manifestado en el marco de los espacios de participación su inconformidad y plantean la reubicación de esta trampa en jurisdicción del Distrito de Barranquilla, argumentando ser la principal fuente de contaminación del Arroyo.

Dentro de los proyectos planteados en el PSMV del municipio (que vence en el año 2027) con jurisdicción en el área de ordenación de la presente cuenca, se plantean los siguientes:

- *Ampliación de cobertura del servicio de alcantarillado en la zona del corredor universitario, específicamente en el barrio Villa Campestre*: *suministro e instalación de redes de alcantarillado en tubería PVC en diferentes diámetros, con sus pozos de inspección, conexiones domiciliarias con sus respectivos registros y su conexión a las redes existentes*.
- *Instalación de redes de alcantarillado en el sector del Castillo de Salgar y Altos de Pardomar:* suministro e instalación de redes de alcantarillado en tubería PVC en diferentes diámetros, con sus pozos de inspección, conexiones domiciliarias con sus respectivos registros; construcción de la estación elevadora y suministro y montaje de bombas sumergibles; suministro e instalación de la tubería de impulsión y el suministro y montaje de los equipos eléctricos.
- *Construcción de las redes de alcantarillado en los sectores de Punta Roca y Sabanilla y el colector hasta la estación de bombeo de aguas residuales de salgar*: suministro e instalación de redes de alcantarillado en tubería PVC en diferentes diámetros, con sus

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

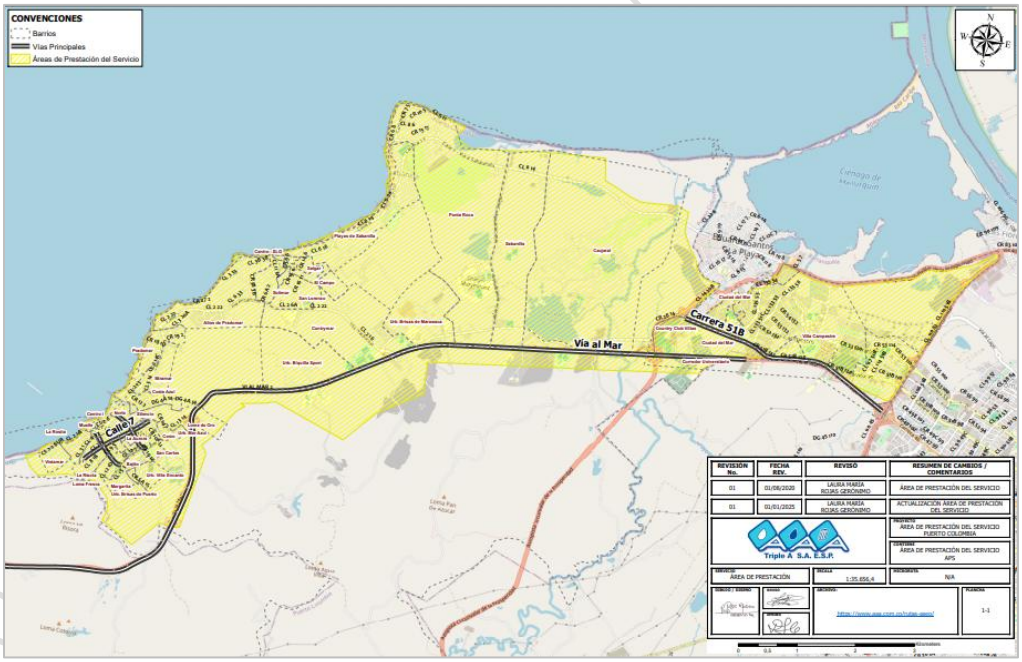
pozos de inspección, conexiones domiciliarias con sus respectivos registros; construcción de la estación elevadora y suministro y montaje de bombas sumergibles; suministro e instalación de la tubería de impulsión y el suministro y montaje de los equipos eléctricos

De acuerdo con el seguimiento de la autoridad ambiental, estos proyectos no han sido ejecutados a corte del año 2024, por lo cual es de suma importancia abordar esta problemática desde un ámbito multisectorial y volcar esfuerzos en la optimización de estos servicios, garantizando un crecimiento urbano y de infraestructura equitativo, previendo futuros conflictos que agudicen o comprometan el equilibrio ecosistémico de la cuenca.

### 10.4.4.2. *Manejo de residuos*

La prestación del servicio de aseo en el municipio se encuentra a cargo de la empresa Triple A S.A E.S. P, de acuerdo al diálogo con las comunidades, al corte de elaboración de este informe, se tiene un sistema de recolección óptimo en la zona norte del municipio con frecuencia de tres días a la semana (martes, jueves y sábado). Los residuos se destinan al relleno sanitario Los Pocitos. A continuación, se presenta la cobertura del servicio para el municipio:

**Figura 10.97. Área de cobertura servicio de aseo en Puerto Colombia.**




Fuente: Triple A S.A ESP, 2020

***<u>Puntos críticos o ausencia del sistema</u>***

La zona sur del municipio, que en la actualidad es principalmente ruralidad, no cuenta con servicio de recolección, por lo cual los habitantes de algunos de los predios allí situados, realizan la disposición de sus residuos a cielo abierto, sobre fuentes hídricas cercanas, entierro y/o quema. Aquí es importante mencionar la alta contaminación que Arroyo León

DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICIDAD

trae a su paso por el municipio de Puerto Colombia, dado que moviliza toneladas de residuos provenientes de los municipios aledaños, quienes disponen de manera irresponsable residuos en él como se mencionó anteriormente.

Teniendo en cuenta la alta carga de contaminación que el arroyo lleva en este punto y las afectaciones por las toneladas de basuras que transporta y que finalmente llegaban a la Ciénaga de Mallorquín, en el año 2010 se instaló una trampa de residuos cerca del puente de la Carrera 51B localizado en 11° 0'53.83"N y 74°53'1.49"O, cuyo objetivo era mitigar el impacto ocasionado por el Arroyo a la Ciénaga y concentrar en un solo punto mediante rejillas, la acumulación de los residuos que arrastrar el mismo a fin de poder lograr el acopio y disposición de manera adecuada. Se han llegado a registrar hasta 1200 toneladas en un día de lluvia (18 de abril de 2021) y 4000 toneladas en el año 2024 (Alcaldía Distrital de Barranquilla).

**Figura 10.98. Visita a trampa de residuos Arroyo León con líderes comunitarios Puerto Colombia.**

**Figura 10.99. Trampa Arroyo León.**

Fuente: Impactonews, 2024

DOCUMENTO NO OFICIAL PUBLICADO

Esta estructura ha sido objeto de debate en el marco de los escenarios de participación, donde algunos habitantes en especial del municipio de Puerto Colombia señalan que la retención de estos residuos que arrastra el arroyo ha generado varios impactos en las comunidades aledañas como:

- Impedimento de la circulación normal del caudal, los residuos generan el represamiento del arroyo y aguas arriba esto desencadena inundaciones generando pérdida de cultivos, afectaciones a viviendas y enfermedades.
- Los residuos generan un foco de contaminación y proliferación de vectores que comprometen a la salud de las comunidades vecinas al río.
- Impacto visual negativo y detrimento en la valoración de los predios aledaños
- Desvalorización de los predios colindantes con el arroyo y proyectos urbanísticos

### 10.4.5. Municipio de Soledad

La prestación del servicio de alcantarillado en el municipio está a cargo de la empresa Triple A E.S.P; sin embargo durante el diálogo con la comunidad del sector del Barrio Los Cerezos, señalan que el crecimiento informal del barrio, hace que éste no cuente con sistema de alcantarillado, por lo cual, por iniciativa y con recursos de la comunidad, se realizó la conexión de las aguas servidas de gran parte de las viviendas a un tubo madre de la red de alcantarillado del barrio los almendros, donde opera la empresa Triple A. S.A E.S.P para verter finalmente en el río Magdalena. En el caso de la prestación del servicio de aseo, de acuerdo con el diálogo entablado con la comunidad del sector del barrio los Cerezos y Almendros en jurisdicción de la presente cuenca, lo realiza la empresa INTERASEO S.A E.S.P. que dispone los residuos en el relleno sanitario "El Clavo" ubicado a 5 km entre la vía a Burrusco y El Majagual en el municipio de Palmar de Varela, a 3.7 kilómetros de la vía oriental (PDM, 2024)

Durante el recorrido en fase de diagnóstico por la zona que colinda entre Soledad, Galapa y Barranquilla, se evidenciaron algunos puntos de disposición de residuos de escombros y residuos domésticos, algunos habitantes indicaron que en especial para el área rural donde no llega el servicio de aseo, las familias disponen sus residuos mediante quemas, entierro o en botaderos a cielo abierto. Sin embargo, no son de tal criticidad frente a otros identificados en la cuenca.

### 10.4.6. Municipio de Tubará

Los corregimientos de Cuatro bocas y Guaimaral pertenecientes al municipio de Tubará y en jurisdicción de la presente cuenca, no cuentan con servicio de alcantarillado, por lo cual el manejo de las aguas servidas se realiza de manera puntual en los hogares mediante pozas sépticas y en otros realizan vertimientos directos sobre suelo y/o cuerpos de agua cercanos. Esto puede desencadenar riesgos a la salud pública y debe ser atendido de manera prioritaria. Respecto al servicio de aseo, ambos corregimientos cuentan con el servicio de recolección por parte de la empresa Triple A S.A E.S.P. con una frecuencia de tres días a la semana (lunes, miércoles y viernes), estos residuos se disponen en el relleno sanitario Los

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Pocitos. Durante las visitas realizadas por el equipo profesional a la zona, no se identificaron puntos críticos de residuos frente a otras zonas de la cuenca.

**Figura 10.100. Ruta de recolección aseo Triple A S.A. E.S.P en corregimiento Guaimaral.**

A pesar de contar con un panorama favorable en los corregimientos respecto al servicio de aseo, las comunidades de los corregimientos han manifestado verse afectadas por el relleno sanitario Los Pocitos, especialmente proliferación de vectores y malos olores que generan enfermedades en la población. Esta situación se describió a detalle en el presente informe y la descripción de los recorridos rurales del volumen de actividades complementarias.

## *10.5. Estado del Servicio de Acueducto*

El servicio de acueducto en un gran porcentaje de la cuenca objeto de ordenación, se encuentra a cargo de la empresa Triple A S.A E.S.P para la Ciudad de Barranquilla y los municipios de Puerto Colombia, Soledad, Galapa y el Acueducto Costero conformado por los municipios de Tubará, Juan de Acosta, Piojó y Usiacurí (Triple A E.S.P, 2023), para el caso específico de la urbanización de Villa Olímpica del municipio de Galapa, se encontró otro prestador de servicio , Aguas Caribe SAS E.S.P quien entregó la operación del sistema a la empresa Aqualia S.A E.S.P. Dentro del recorrido del agua en la fase de diagnóstico, en el cual se identificó y evaluó el estado de la infraestructura prestadora del servicio, no se registraron acueductos veredales; lo anterior se puede asociar a la baja oferta de agua en la cuenca, el grado de urbanización de esta, la baja inversión en estos sistemas y la contaminación de gran parte de los cuerpos de agua.

A nivel local, tan solo de identificó el Acueducto Comunal de Pital de Megua (ACOPIT), cuya principal fuente es subterránea localizado en el corregimiento de Pital de Megua en el

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

municipio de Baranoa. A continuación, se describe de manera general las características del servicio en el año 2025, así como las obras y/o proyectos que se contemplan para la optimización del servicio en los próximos años:

El servicio de acueducto que opera la empresa Triple A S.A. ES.P tiene su captación sobre el río Magdalena 10.946239 – -74.759164 y Planta de Tratamiento de Agua Potable en 10°56'52.62"N 74°45'52.39"O que cuenta con cinco plantas de tratamiento, las cuales se surten por dos sistemas independientes sistema de baja presión 1 que entrega cada a las plantas 1 y 3 y el sistema de baja presión 2 que entrega a las plantas 2,4 y 5, desde la captación hasta la conducción se surten cinco etapas de tratamiento a saber:

**Figura 10.101. Etapas de tratamiento en PTAP Distrito de Barranquilla.**

| Etapa | Descripción |
|---|---|
| Coagulación Floculación | Para remover los sólidos suspendidos, el agua debe ser sometida a varios procesos continuos que involucran mecanismos químicos y físicos. El proceso de coagulación consiste en la adición de productos químicos coagulantes, que causan desestabilización de las partículas coloidales, produciendo partículas llamadas flóculos, reacción que se produce en fracciones de segundo y con una fuerte agitación.<br>Posteriormente, es adicionado – en lenta agitación – otro producto químico, un polímero, que actúa como floculante, el cual produce la agregación de los flóculos formando partículas de mayor peso y tamaño (macroflóculos). |
| *Sedimentación* | El agua floculada pasa a las unidades de decantación o clarificación donde se registra la separación de los sólidos más densos. Estas unidades son estructuras físicas que se clasifican en decantadores de flujo horizontal, de flujo ascendente, de manto de lodos y de recirculación de lodos. En este punto del tratamiento del agua ha sido eliminado cerca del 75 por ciento de las impurezas biológicas e inorgánicas. |
| *Filtración* | Posterior al proceso de clarificación se realiza la filtración del agua para eliminar las partículas que no pudieron ser removidas en la decantación. Para la filtración del agua se emplean filtros de arena con lechos de grava. |
| *Desinfección* | El agua completamente transparente debe ser sometida al proceso de desinfección a fin de eliminar los microorganismos patógenos causantes de enfermedades, principalmente de tipo intestinal. La desinfección se realiza adicionando cloro gas al agua en la salida de las plantas, antes de llegar a los tanques de almacenamiento. |
| *Alineación, bombeo y distribución* | El agua potable es almacenada en depósitos o tanques de almacenamiento desde donde es bombeada a la red de distribución y a otras estaciones de rebombeo. Hacen parte del sistema de distribución grandes tuberías de conducción, tuberías de distribución y redes domiciliarias que finalmente llevan el agua potable a los usuarios. |
| *Control de calidad* | Para garantizar la calidad del agua suministrada por Triple A la comunidad se dispone de una infraestructura de control que comprende: tecnología de monitoreo en línea de parámetros de la calidad del agua en captación, en proceso y en el agua tratada; así como de un centro de control para la operación y supervisión automática de los diferentes procesos. El laboratorio ha sido acreditado bajo la norma 17025, con tecnología de gran confiabilidad que permite la realización de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos que exige la legislación nacional sobre agua potable. |

Es importante aclarar que esta PTAP se encuentra por fuera de la cuenca en ordenación, sin embargo, es a partir de esta PTAP matriz, que se surten las redes de acueductos que de los municipios en jurisdicción.

DOCUMENTO DE TRABAJO – FASE DE PUBLICIDAD

*El sistema de captación cuenta con una dársena, un canal de aducción y dos estaciones de bombeo de baja presión. La dársena tiene un área de 22000 m2, en su orilla se encuentra ubicada la estación de bombeo de baja presión #2, la cual abastece a las plantas de tratamiento 2,4y5. De la dársena se deriva un canal de aducción que termina en dos pozos de succión intercomunicados entre sí y ubicados en la estación de baja presión #1. Esta última alimenta las plantas de tratamiento 1 y 3 pero también puede hacerlo a las plantas 2 y 4.* El agua tratada en las cinco PTAP's es almacenada en cuatro tanques de almacenamiento intercomunicados entre sí, en cada uno de ellos se encuentran situadas estaciones de bombeo.

*Existen tres estaciones de alta y una de alta presión. Las estaciones 1 y 2 En esta estación se encuentra ubicada las unidades de bombeo que distribuyen el agua de los tanques No. 1 y 2, a la ciudad. Las unidades de bombeo alimentan, zona de presión I y al tanque de rebombeo El Recreo. Las bombas 8, 9 y 10 conducen agua tratada al tanque de rebombeo El Recreo. La estación de alta 3 tiene dos sistemas de bombeo. Un bombeo llamado Norte compuesto por 6 bombas de las cuales entran en servicio 4, en horas de alto consumo y 3 o 2 o 1, en horas de bajo consumo. Este equipo alimenta el tanque de rebombeo El Recreo a través de una línea de conducción. El otro bombeo, llamado Sur, con 4 bombas disponibles y de las cuales trabajan 3 en horas de alto consumo y 2 o 1 en horas de bajo consumo; se efectúa a través de una programación mensual. Este bombeo realizado contra la red, alimenta un sector de la ciudad, Zona VI, y parte de municipio de Soledad. En la estación alta presión 4, existen tres bombas disponibles, que alimenta el tanque de almacenamiento de Ciudadela. El funcionamiento de estas bombas está supeditado a los requerimientos del tanque de Ciudadela 20 de Julio. Las bombas son Operadas y controladas desde el centro de Telemando y Telecontrol* (Triple A, 2023).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO, FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.102. Acueducto Distrital de Barranquilla, empresa Triple A ESP.**

Fuente: Google Earth, 2025

De acuerdo a la información que el equipo profesional recopiló durante los recorridos en campo en la fase, diálogos con el prestador del servicio y con las comunidades, se evidenció que debido a las condiciones topográficas de la cuenca y la localización de la PTAP principal que surte a los demás municipios, se requiere de estructuras que permitan elevar las aguas tratadas para posteriormente conducirlas hacia cada uno de los centros poblados y cascos urbanos. En algunos casos se cuenta con tanques enterrados o estaciones de bombeo de agua potable EBAP y en otros casos con tanques elevados con gran capacidad como estrategia para poder solventar los problemas de presión y capacidad de almacenamiento para garantizar continuidad del servicio 24/7. A partir de la PTAP matriz del distrito, se conduce el agua tratada a una red de tanques interconectados como lo son Recreo, Delicias, Ciudadela y Oasis quienes a su vez surten a otros como Siete de abril, Juan Mina, o del acueducto regional costero como tanque Guaimaral, Cuatro bocas en sector Galapa el tanque La Sierra entre otros.

Una de las obras con mayor impacto para la optimización de la red de acueducto, es la construcción del tanque siete de abril, con una inversión de $36000 millones entre la nación, la gobernación del atlántico y la alcaldía distrital de Barranquilla, cuenta con una capacidad de 25000 metros cúbicos beneficiando a un promedio de 60000 usuarios, con un suministro diario de 93000 metros cúbicos, opera con energía solar (El Heraldo, 2025). Además, esta es una obra que destaca la ingeniería local por todo lo que reviste en sus beneficios y en la capacidad que hace uno de los sistemas de abastecimiento de agua potable más grandes de Sudamérica

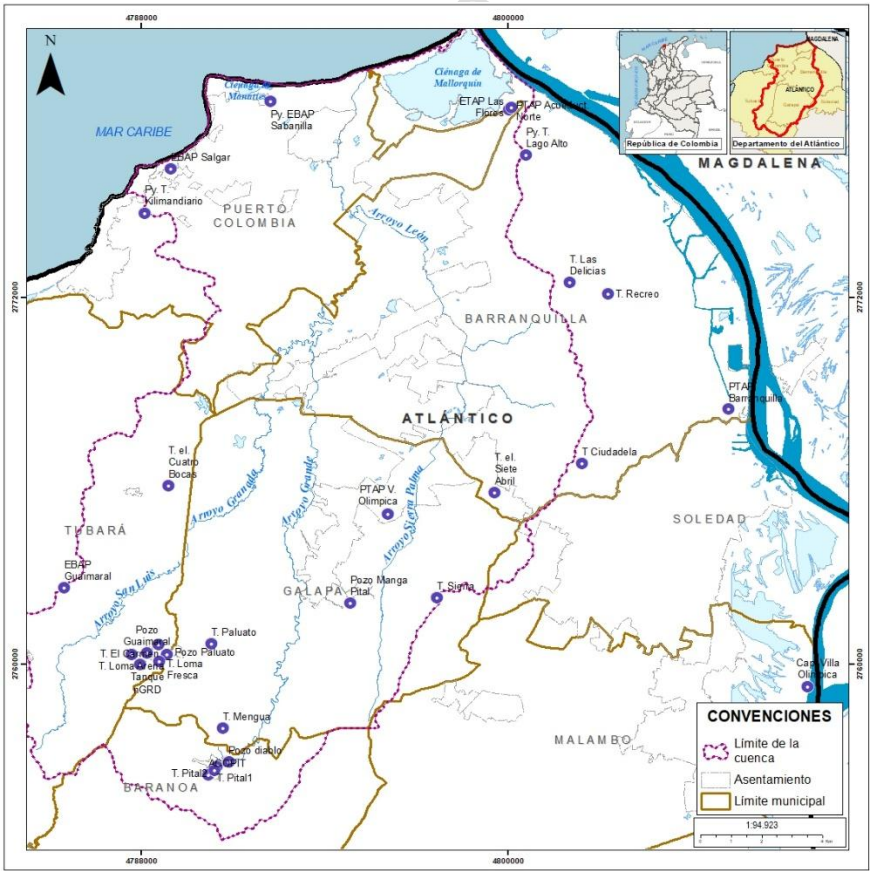
DOCUMENTO DEFINITIVO FASE

**Figura 10.103. Tanque Siete de abril Empresa Triple A S.A E.S. P.**

Fuente: El Heraldo, 2025

A continuación, se localiza la infraestructura en el sistema de acueducto actual en la cuenca y parte de la proyectada; sin embargo, es importante tener en cuenta que es la identificada a corte del 2025 y que puede cambiar en los próximos años:

**Figura 10.104. Infraestructura de acueducto identificada.**




Fuente: El Heraldo, 2025

A continuación, se describe de manera general la infraestructura identificada en cada uno de los municipios, así como la percepción de las comunidades frente a la prestación del servicio.

### 10.5.1. Municipio de Baranoa

El corregimiento de Pital de Megua, a pesar de encontrarse a menos de cuatro kilómetros del casco urbano de Baranoa, es un corregimiento que no cuenta con servicios básicos de alcantarillado ni acueducto. Este corregimiento y en especial su centro poblado, es el único dentro de la cuenca que no cuenta con el servicio de acueducto de igual calidad ni conexión frente a los demás centros poblados de la cuenca que se surten a través de la empresa Triple A; a pesar de que cuenta en la actualidad cuenta con más de 5000 habitantes y que se encuentra en crecimiento dado s proximidad al casco urbano e Baranoa, es uno de los puntos críticos de la cuenca frente a la prestación del servicio.

En el corregimiento se cuenta con el Acueducto Comunal de Pital de Megua (ACOPIT), el cual fue visitado por el equipo profesional. Este acueducto se surte de un pozo profundo ubicado en la margen izquierda de la vía que entra al corregimiento en la ubicación 10°50'19.70"N 74°55'10.85"O sobre la ronda del *Arroyo Megua*. El pozo tiene una profundidad de 85 metros y una capacidad de 5 lps. Cuenta con una bomba de medio caballo de fuerza, el agua extraída del pozo no cuenta con ningún tratamiento. El acueducto cuenta con 352 suscriptores (Alcaldía de Baranoa, 2024) y mensualmente se cobra una tarifa promedio de $10.500 por vivienda a corte del primer trimestre del año 2025; sin embargo, la cultura del no pago en la comunidad ha sido un agravante permanente de este acueducto, que factura gastos de nómina y de pago de energía de $8 millones mensuales (Acopit, 2025); esta problemática ha generado graves perjuicios y compromete la funcionalidad del servicio al corto plazo. Según indica Acopit, se realiza mantenimiento preventivo cada tres meses en el pozo.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO, FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 10.105. Pozo profundo acueducto ACOPIT.**

Aunque la alcaldía indica en sus documentos que la prestación del servicio se brinda 16 horas al día durante toda la semana, en entrevista con los líderes del corregimiento se le informó al equipo que para el momento de la visita (primer trimestre del año 2025), la prestación del servicio se realiza día de por medio y en una ventana de 8 horas de forma sectorizada, quedándose cuatro barrios sin la prestación del servicio.

De acuerdo a las entrevistas realizadas a la comunidad y con el representante del acueducto, el agua que se extrae del pozo no cuenta con ningún tratamiento, y *presenta altos contenidos de hierro que generan problemas en las tuberías, el agua es "gruesa o densa", salobre, tiene coloración amarilla, mal olor, no se puede usar para baño porque genera enfermedades de piel y no se puede emplear sino para actividades de lavado o riego dadas sus condiciones*. La comunidad afirma que, además, se encuentra preocupada por la contaminación que generan las granjas porcinas que se encuentran alrededor del corregimiento, quienes vierten sin ningún tipo de tratamiento heces de los animales sobre el suelo y arroyos cercanos, que, por efecto de percolación, pueden contaminar aún más el agua que se extrae del pozo.

Otra de las preocupaciones del operador del servicio es la proximidad de la estructura del pozo al Arroyo Megua, el cual ha aumentado los problemas de socavación con taludes de hasta dos metros de altura que cada vez inestabilizan el área donde se encuentra el pozo, además durante el recorrido se indica que el arroyo está transportando cada vez más material (arenas) que se están depositando en el sector sur del arroyo aumentando las probabilidades de que el arroyo se desborde en época de lluvia y desestabilizar el terreno.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE

**Figura 10.106. Socavación Arroyo Megua cerca de Acopit.**

Teniendo en cuenta la baja calidad del servicio, intermitencia, baja cobertura y la mala calidad del agua que se suministra, escenario del cual tiene conocimiento las autoridades locales y regional, se han planteado algunas soluciones parciales que no abordan de fondo la dura problemática de esta comunidad. Algunas de las planteadas han sido:

**Tanques de almacenamiento plásticos** de 5000 litros entregados por la Gobernación del Atlántico en la zona urbana y área rural, estos tanques inicialmente se surtían dos veces a la semana a través de un carro cisterna; sin embargo, esa periodicidad ha disminuido y es discontinua según afirmaciones de líderes y comunidad. La comunidad indica que el agua no es de buena calidad, indican que trae material vegetal, baba, genera enfermedades estomacales en los niños y debe ser hervida para su consumo. Indican que son lavados y desinfectados, sin embargo, esto no se realiza con la suficiente recurrencia. Estos tanques no suplen la alta demanda del recurso por parte de la comunidad, lo cual ha repercutido incluso en conflictos y peleas dentro de la misma comunidad por acceder al agua.

DOCUMENTO DE ENTIVO - FASE

**Figura 10.107. Acueducto y red de tanques Pital de Megua.**

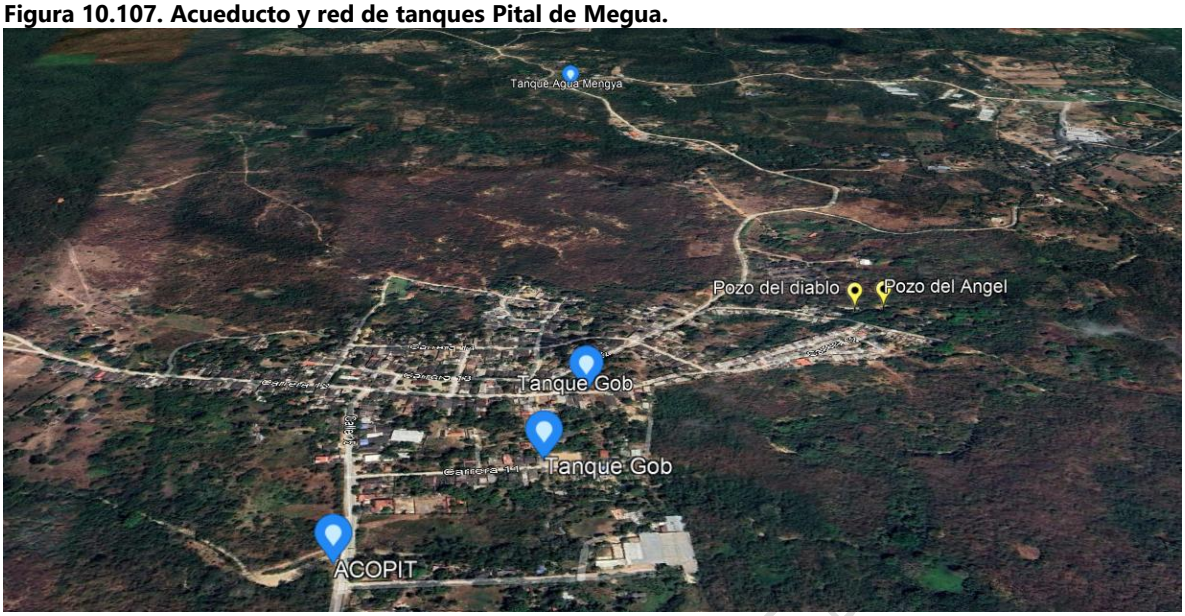



**Figura 10.108. Tanques de 5000 litros entregados por la Gobernación.**

**Apoyo de cuerpo de bomberos,** indican que el cuerpo de bomberos trae agua desde Baranoa para surtir los tanques y que esto lo realizan con una frecuencia de seis veces al año.

**Compra de agua (Pimpinas, pacas):** algunas familias realizan la compra de pimpinas de agua, a través de vendedores que se surten en el casco urbano de Baranoa y se desplazan en motos o vehículos hacia el corregimiento, para la venta del líquido. En algunas encuestas indican que esto puede implicar un costo de hasta $80.000 pesos mensuales dependiendo del consumo del hogar; costo que solamente puede costear algunas familias con ingresos estables. Califican la calidad del agua como buena, teniendo en cuenta que se trae directamente de la cabecera municipal, sin embargo, influye la higiene de las pimpinas, por

DOCUMENTO EN REVISIÓN

lo cual acostumbran aplicar en algunos casos pastillas de clorox para asegurar el consumo del agua. Como otra alternativa, la comunidad realiza la compra de pacas de agua en el casco urbano para la cocción de sus alimentos.

***Pozos Calicantes ancestrales y perforados en área rural:*** durante el recorrido realizado en el corregimiento, la comunidad manifiesta que su territorio siempre ha contado con una potencialidad por los afloramientos de agua subterránea ancestrales que al día de hoy son todavía usados por la comunidad como es el caso del ***pozo del diablo***, *pozo del ángel (colapsado después del desbordamiento del Arroyo en el año 2021)* localizados en la zona oriental del corregimiento en la ronda del *Arroyo Simón* más adelante conocido como Arroyo Grande entre otros. La favorabilidad de encontrar agua a pocos metros de perforación, genera así mismo la adecuación de pozos naturales y/o perforados en las fincas del corregimiento, para sus actividades domésticas y productivas.

**Figura 10.109. Pozo ancestral del Diablo.**

Sin embargo, es importante indicar que los pozos de acceso comunitario no cuentan con protección y están expuestos de forma directa a contaminación. Durante el recorrido del equipo, se evidenció el uso de estos pozos por parte de la comunidad, quien señala que en algunas ocasiones el agua se emplea para consumo después de aplicar pastillas de cloro y hervirla; sin embargo, su uso principalmente es para actividades de aseo domésticas. Algunos habitantes indican que en área rural como urbana, algunos habitantes realizan la recolección de aguas lluvia y las depositan en tanques, y en el caso del área rural se cuenta con reservorios de agua de los cuales también se abastece la comunidad, a esta agua por lo general se le realiza un proceso de desinfección o se emplea para otros usos diferentes al consumo.

DOCUMENTO DE PUBLICIDAD

**Figura 10.110. Pozo perforados y reservorios en tanque de agua lluvia.**

Adicionalmente a las fuentes anteriormente mencionadas, algunas familias realizan reservorios de agua lluvia en tanques plásticos como estrategia para intentar disminuir de alguna manera, el déficit del servicio en el corregimiento, a esta agua por lo general le colocan pastillas de clorox y la emplean principalmente para lavado y aseo. Es una importante iniciativa por parte de la comunidad; sin embargo, se encuentra supeditada a la capacidad de los hogares para adquirir tanques de reserva.

El escenario desfavorable que presenta este corregimiento frente a la prestación del servicio de acueducto, requiere de manera prioritaria el apoyo e inversión por parte de las instituciones, teniendo en cuenta que el centro poblado está creciendo sin un proceso de planificación adecuado ni vigilancia por parte de las autoridades competentes; esto genera mayor presión a los recursos y un riesgo a la salud pública por la ausencia de sistemas de acueducto y saneamiento básico que pueden generar impacto por contaminación.

### 10.5.2. Municipio de Galapa

El servicio del casco urbano del municipio y parte del área rural está a cargo de la empresa Triple A, sin embargo, a pesar de que han ido realizando adecuaciones en el sistema, algunas zonas en especial del área rural no cuentan con el servicio. Para el municipio y al igual que los demás de la cuenca, la captación de agua cruda se realiza en sobre el río Magdalena, así como el tratamiento del agua por parte de la empresa en las PTAP localizadas en Barranquilla. A partir de allí hay un trabajo de conducción hasta el Tanque La Sierra.

Tanque La Sierra surge como solución para los problemas de continuidad y presión que se presentaban en el municipio de Galapa, se encuentra localizado en el municipio de Galapa 10°53'30.39"N 74°51'6.01"O, tiene una capacidad de 5000 metros cúbicos optimizando el sistema de acueducto del municipio y mejorando la prestación del servicio en el

DOCUMENTO DEFINITIVO_FASE D

corregimiento de Paluato, las 300 y vereda muñoz, así como la zona industrial del municipio, este tanque contó con una inversión de 3845 millones de pesos y beneficia a más de 43000 habitantes garantizando la prestación del servicio 20 años . este tanque lo surte la estación de bombeo de ciudadela de Barranquilla con una conducción de 11 kilómetros (Gobernación del Atlántico, 2021). En el año 2024 se suscribió un acuerdo entre el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Gobernación del Atlántico y la Alcaldía de Galapa por un valor de $7.727 millones para la instalación de 3990 metros de tubería PVC de 16 pulgadas y sistemas de válvulas articulados con el nuevo acueducto del norte hacia el Tanque La Sierra, para elevar  para optimizar el sistema de conducción del acueducto del municipio mejorando la prestación del servicio a sectores como Petronitas, Paluato en el área rural y barrio Cruz del jubileo en el casco urbano (MinVivienda, 2024).

#### 10.5.2.1. *Sector Paluato*

Para la prestación del servicio hacia el sector del centro poblado de Paluato, el equipo identificó un tanque de almacenamiento en  10°52'39.60"N  74°55'8.50"O, el cual se surte a través de 2 carrotanques de 30000 litros, los días martes, miércoles, viernes y sábado, de acuerdo con entrevista con el operario del carrotanque, el agua se trae del municipio de Baranoa; sin embargo cuando se presentan paro en el sector de peaje, deben dirigirse hasta el acueducto de Barranquilla para tanquear y posteriormente abastecer el tanque de Paluato. A partir de este tanque se bombea al centro poblado y algunas áreas de la parte rural. Sin embargo, algunos sectores no reciben el servicio por problemas de presión y/o condiciones topográficas.

Durante las entrevistas aplicadas en la comunidad por parte del equipo profesional, sobre la percepción del servicio, los usuarios directos del sistema que abastece Triple A, indican que el agua es de buena calidad, sin embargo, señalan como limitante la interrupción del servicio, el cual indican ha llegado a ausentarse hasta una semana afectando gravemente a la comunidad. Los sectores que no cuentan con el servicio deben acudir a tanques otorgados por la gobernación que se surten de manera irregular y que no garantiza las condiciones de potabilidad, por lo cual deben desinfectarla; en otros casos realizan ola compra de pacas para la cocción de sus alimentos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.111. Tanque agua potable Paluato Galapa.**

**Figura 10.112. Pozo de Paluato.**

Entre el sector de Paluato (Galapa) y Guaimaral (Tubará), han existido pozos ancestrales que han sido usados por la comunidad antes de la llegada del sistema de acueducto, sin embargo, éstos han sido abandonados y desaprovechados, teniendo un alto potencial de explotación. Las comunidades indican que es un agua salobre y su exposición los hace vulnerables a contaminación por las actividades que se encuentran alrededor de ellos, motivo por el cual la comunidad opta en algunos casos por aprovechar el agua tan solo para el riego de sus parcelas o de labores domésticas.

**Figura 10.113. Pozo Manga de Pital Galapa.**

**Figura 10.114. Antiguo tanque acueducto Manga de Pital – continuo al pozo.**

En el casco urbano la comunidad identifica otros puntos antiguos de acceso al agua en el municipio como es el caso del *Pozo de La Manga de Pital, Pozo la Candelaria* entre otros, que ancestralmente han sido fuentes naturales de agua; sin embargo, el crecimiento acelerado del área urbana del municipio, la desprotección y desaprovechamiento de estos

afloramientos ha generado la contaminación, pérdida e incluso el sellamiento de alguno de ellos. Según la comunidad, se debe contemplar una estrategia para proteger, adecuar y retornarle a estos afloramientos su servicio ambiental y de aprovisionamiento para las comunidades. Algunos de estos pozos están expuestos a contaminación y malas prácticas como relleno, sellamiento, prácticas que contaminan, disminuyen el recurso hídrico y genera desequilibrio ecosistémico, además de ser identificados como hitos para las poblaciones aledañas.

#### 10.5.2.2. *PTAP Urbanización Villa Olímpica*

Este sector de Galapa ha estado bajo la operación de tres empresas inicialmente con la empresa AGUAS DEL ATLÁNTICO S.A E.S.P , para el año 2019 entró en operación la empresa AGUACARIBE DE COLOMBIA S.A E.S.P con un contrato a 10 años, sin embargo, a partir de septiembre del año 2025 la operación se encontrará a cargo de la empresa española AQUALIA E.S.P que opera en siete departamentos del país desde el año 2020.

La captación de agua cruda para la planta se encuentra sobre el río Magdalena mediante barcaza flotante en la localización 10°51'57.80"N 74°44'25.70"O en el municipio de Malambo (captación por fuera de la cuenca objeto de ordenación), para ser transportada por una línea de aducción de 18 kilómetros hasta la PTAP localizada dentro de la urbanización Villa Olímpica de Galapa en la ubicación 10°54'59.58"N 74°51'59.27"O. La planta de tipo convencional tiene una capacidad de 150 Lps. Actualmente con 5458 usuarios con un consumo máximo por usuario de 1266.39 L/día, el acueducto tiene permitido captar máximo 6912 m3/día. (AguasCaribe, 2025).

El tratamiento inicia con la aplicación de coagulante *superfloc 70* y ayudante de coagulación *Rapised*, seguidamente el agua se conduce hacía una cámara de entrada para posteriormente dirigirla hacia la canaleta parshall. Cuando pasa la canaleta, el flujo se distribuye en dos módulos que se componen a su vez de un floculador y un sedimentador. Los floculadores son de tipo hidráulicos y los sedimentadores son de alta tasa con placas inclinadas de asbesto cemento. Posteriormente sigue el proceso de filtración, a través de cuatro unidades con lecho filtrante de grava, arena, antracita y carbón activado. Los filtros tienen una carrera de 24 horas. La fase final de tratamiento contempla la aplicación de cloro gaseoso a través de balas de cloro gaseoso de 68 kg, durante siete días. El agua con cloro se almacena en dos tanques semienterrados con capacidad de 1.905 m3 y 1.964 m3, para ser bombeado a la red de distribución. (SSPD, 2023).

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE FINALIDAD

**Figura 10.115. Canaleta Parshall y zona de floculadores.**

**Figura 10.116. Zona de sedimentadores y zona de filtros.**

El agua se direcciona a través de sistema de bombeo a dos redes, una de ellas hacia el sector empresarial con un caudal de 6,8 Lps a través de dos bombas de 15 HP de capacidad cada una y otro sistema que abastece el área residencial con un caudal de salida de 23 Lps, y cuenta con tres bombas con 30 HP de capacidad cada una. Los lodos generados en los sedimentadores y filtros son dispuestos en un lecho ubicado al interior del predio de la PTAP, para posteriormente ser bombeados hacia carrotanques que los transportan hasta el predio donde se ubica la PTAR, desde donde los conducen a relleno sanitario Los Pocitos. (SSPD, 2023).

**Figura 10.117. Zona de lodos y tanques de almacenamiento.**

Durante el diálogo entablado entre el equipo y la comunidad sobre la percepción de la calidad del servicio, indicaron que la calidad del agua es buena, sin embargo presentan problemas por la continuidad del servicio, dado que al corte de la elaboración del presente informe, se han presentado varias interrupciones del servicio, siendo la más grave la presentada a finales del mes de julio de 2025, que tuvo a la comunidad más de una semana sin el servicio , teniendo que declararse la calamidad pública por parte de la Alcaldía Municipal de Galapa (El Tiempo, 2025).

**Figura 10.118. Calamidad pública por desabastecimiento agua potable en Villa Olímpica.**

Fuente: Zona Cero, 2025

### 10.5.3. Municipio de Tubará

El servicio de acueducto para los corregimientos de Cuatro Bocas y Guaimaral del municipio de Tubará, se brinda a través del Acueducto Regional Costero que ofrece una cobertura de 98.93% y es operado por la empresa Triple A, este acueducto se surte del río Magdalena, a partir de la captación, se realiza el rebombeo al tanque de las Delicias en la ciudad de Barranquilla a partir de la cual se realiza el bombeo de un caudal de 120 Lps por una conducción de 22.3 kilómetros hasta el tanque de cuatro bocas ubicado en 10°55'28.00"N 74°55'55.75"O y al tanque de almacenamiento regional de Guaimaral ubicado en 10°53'37.92"N 74°57'47.41"O , ambas estructuras en jurisdicción de la cuenca.

El tanque de Cuatro bocas tiene una capacidad de 3000 metros cúbicos construido en el año 2017 con una inversión de $5626 millones para optimizar el tanque de Guaimaral y el acueducto costero en general (Gobernación del Atlántico, 2017). Posteriormente se encuentra también el tanque regional de Guiamaral con una capacidad de 1500 metros cúbicos y se encuentra a una altura de 163 msnm. A partir de este tanque se realiza el bombeo del agua hacia el corregimiento de Guaimaral y el casco urbano de Tubará.

**Figura 10.119. Tanque un km antes de Corregimiento Cuatro Bocas 3000m3.**

DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.120. Tanque regional Guaimaral.**

En el corregimiento de Cuatro bocas durante las entrevistas con la comunidad, manifiestan que el servicio de acueducto es bueno y el agua llega en buen estado para consumo. Caso contrario pasa en el corregimiento de Guiamaral, donde la comunidad no tiene una buena percepción frente al servicio, el cual no tiene cobertura total del centro poblado y debe ser prestado de manera sectorizada. Líderes sociales y comunidad indicaron al equipo profesional que el corregimiento cuenta con provisión de agua potable en el sector occidental por parte del acueducto costero y por el sector oriental por parte del corregimiento de Paluato de Galapa (*barrios Loma fresca parte alta, Barrio El Carmen parte alta, Barrio Campito parte alta*).

En el sector del barrio Loma Fresca encuentra localizado un tanque de 60000 litros el cual se surte de tanque de Paluato (Galapa), del cual se surte parte del corregimiento de Guaimaral, este tanque se encuentra en el límite del corregimiento de Guaimaral (Tubará) y el corregimiento de Paluato (Galapa), para garantizar un acceso equitativo, se realizan turnos por sectores cada cuatro, seis u ocho días por un tiempo máximo de hora y media. La percepción de la comunidad frente a la calidad del agua no es favorable, indican que el tanque no cuenta con un mantenimiento o desinfección continua, por lo cual el agua es de mala calidad y solamente puede ser empleada para labores domésticas. Describen que el agua tiene aspecto viscoso, material vegetal, sabor a agua reposada e incluso en algunas ocasiones mal olor. Los sectores más afectados por la ausencia del servicio indican han llegado a periodos de hasta 15 días sin el servicio por problemas de fugas en la tubería; situación que puede repercutir incluso en riesgos a la salud pública. Para quienes cuentan con la facilidad económica, se realiza la compra de botellones o pacas de agua; sin embargo,

DOCUMENTO DEFINITIVO

esto incurre en altos costos, cuando se presentan estos cortes del servicio, se realiza el llamado para surtir los tanques otorgados por la alcaldía municipal de 5000 lt como medida de apoyo temporal.

**Figura 10.121. Tanque de agua Barrio Loma Fresca limites Guaimaral – Paluato.**

**Figura 10.122. Ubicación de tanques y pozos ancestrales Guaimaral y Paluato.**

Como una estrategia para poder minimizar los impactos de la ausencia de este servicio básico, en especial barrios del sector alto como loma fresca, campito, el Carmen, loma arena el sector de Guaimaral cuenta con tanques otorgados por la alcaldía y la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres de 5000 litros, los cuales son aprovisionados semanalmente por carrotanques. La comunidad llega hasta estos tanques, se abastecen mediante pimpinas o botellones para posteriormente trasladarlos a sus hogares. Algunos usuarios de estos tanques, indican que los tanques no se surten con la frecuencia semanal y que pueden pasar

hasta dos semanas sin abastecerlos, además indican que el agua es viscosa, tiene color amarillo y contiene restos vegetales, lo que no la hace segura para su consumo.

**Figura 10.123. Tanques provisionales de agua potable Guaimaral Tubará.**

Como otras fuentes alternas de acceso al agua, la comunidad y líderes identifican que en algunas fincas se cuenta con pozos Calicantes, y que en la comunidad antes de la llegada del acueducto, se surtían del *Pozo del Diablo*. Este afloramiento natural según lideres comunales, es un importante hito para la comunidad, dado que en torno a él se fundó el actual centro poblado, a partir de este pozo, las comunidades se abastecían, in embargo después de la llegada del acueducto, el pozo fue abandonado. Este pozo hace parte de la identidad de Guaimaral, consideran necesario la protección y volver a aprovechar su servicio, dado que se encuentra expuesto a contaminación, no posee mantenimiento y alrededor del

mismo, se está presentando tala de árboles de gran relevancia y antigüedad, a partir de los cuales se asegura el afloramiento de agua.

**Figura 10.124. Pozo El Diablo – Guaimaral (Tubará), antiguo acueducto.**

### 10.5.4. Municipio de Puerto Colombia

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Vigente, el municipio cuenta con una cobertura de 90% en el servicio de acueducto; sin embargo, se presentan múltiples quejas frente a la calidad y continuas interrupciones en la prestación del servicio, esto ha generado impactos negativos, exponiendo la salud pública de la población e impactando incluso en las actividades económicas del municipio. Es por ello que se considera imperativo, la optimización y expansión de las redes. (Alcaldía de Puerto Colombia, 2023).

La prestación del servicio se encuentra a cargo de la empresa Triple A, Puerto Colombia cuenta con una *Estación de Tratamiento de Agua Potable – ETAP- Las Flores*, localizada en la vía a la playa 11° 2'12.47"N 74°49'48.97"O, con una capacidad de 200 Lps. La captación de agua cruda se realiza mediante dos bocatomas sobre el río Magdalena en el barrio las Flores, a partir de las cuales se bombea el agua hacia la estación, en donde se cuenta con dos Plantas de Tratamiento de Agua Potable – PTAP tipo Dregemont.

La primera bocatoma cuenta con dos bombas tipo horizontal movidas por un motor eléctrico y uno a gas, funcionando de manera alternada o combinada, esta primera bocatoma surte a la PTAP 1 con un caudal de 110 lps. La segunda bocatoma cuenta con tres bombas horizontales movidas por motor eléctrico y trabajan de manera alternada o combinada, surte a la PTAP 2 con un caudal de 100 lps. La PTAP 1 es de floculación con

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

campana de vacío, sedimentación laminar y filtros rápidos abiertos con lavado con agua y aire y la PTAP 2 es de floculación hidráulica helicoidal, con filtros rápidos a presión con lavado con agua y aire.

A partir de las dos plantas se desprenden dos tuberías de conducción, de 12 pulgadas, donde el agua es bombeada de manera inicial de los barrios La Playa, Maratea, La Cangrejera, Urbanización Adelita Char, Caujaral, Los Manatíes, después de pasar por estos sectores el agua continúa su recorrido hacia el sector de Sabanilla, Punta Roca para finalmente llegar a una Estación de Bombeo de Agua Potable – EBAR en el corregimiento de Salgar, donde se cuenta con un tanque de almacenamiento de 1000 metros cúbicos

**Figura 10.125. PTAP Las Flores.**

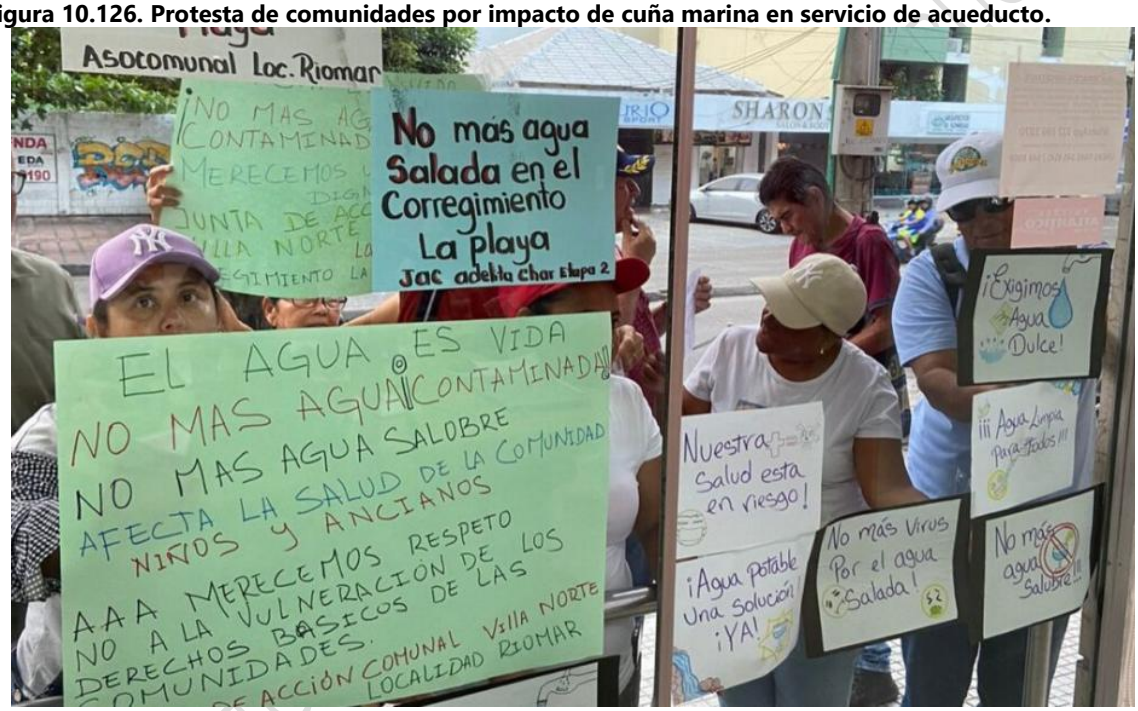
Fuente: Google Earth, 2025

Frente a la percepción de las comunidades sobre el estado y/o calidad del servicio de acueducto, gran parte de la comunidad califica como regular, dados los impactos que ocasiona el fenómeno de la cuña marina en el acueducto que surte al corregimiento la playa y a puerto Colombia. Esta problemática se ha presentado de manera permanente en especial en época de estiaje. La cuña marina es una situación natural que se da en las zonas de contacto entre agua dulce y agua salina. Debido a una diferencia de densidades, el agua dulce fluye sobre el agua marina y están separadas por una zona de contacto difuminada llamada la interfaz; sin embargo, durante época de poca lluvia, disminuye el caudal del río, ocasionando que el agua de mar llegue a la bocatoma del acueducto, afectando las características del agua potable tratada. Esto se traduce en adquirir un sabor salobre, dado que las PTAP de la estación no están diseñadas para remover esta carga de sales; sin embargo, la empresa asegura que el agua se encuentra dentro de los parámetros máximos permitidos de cloruros y conductividad que exige la norma (Triple A, 2024).

DOCUMENTO NO PUBLICADO

Esta situación genera el descontento de los usuarios y ha detonado en varias protestas por la inconformidad de las comunidades de la playa , adelita Char , las flores y a comunidad en general de Puerto Colombia tanto del sector urbano como rural, quienes han manifestado tajantemente los perjuicios que esta situación genera, las afectaciones por las comunidades vulnerables que no pueden comprar agua y se ven obligadas al consumo del agua salobre que entrega el acueducto, afectando su calidad de vida, seguridad y salubridad pública (Hoyos, 2024). Aunado a lo anterior, también se presentan problemas por las continuas interrupciones al servicio que colocan en riesgo la salud de los habitantes, en especial aquellas familias que no tienen capacidad de soportar la compra de agua para su sostenimiento.

**Figura 10.126. Protesta de comunidades por impacto de cuña marina en servicio de acueducto.**




Fuente: Emisora del Atlántico

La empresa lleva a cabo un plan de contingencia que contempla soluciones al corto, mediano y largo plazo (Triple A, 2024):

- Construcción de tercera línea que permita conducir agua desde el acueducto distrital de Barranquilla hacia la estación Recreo para posteriormente entregar a la estación Delicias, aumentando el caudal de agua que permita diluir el agua en la ETAP Las Flores.
- Vigilancia de las conexiones ilegales y/o robo de agua en el sistema durante la época de estiaje, lo cual afecta también la operación y caudal que llega a la planta
- Construcción del Acueducto regional del Norte que comprende la construcción de una PTAP con capacidad de 300 Lps, aumentando de 200 Lps de la actual ETAP a 500 Lps con el nuevo acueducto. Parte de ello, es la reubicación de la bocatoma aguas arriba para evitar el impacto de la cuña marina.

DOCUMENTO DE CONSULTA PÚBLICA

Dentro del plan de desarrollo en vigencia, se identificaron los siguientes proyectos a los cuales apunta la administración municipal para optimizar y robustecer el servicio de acueducto en Puerto Colombia:

- Construcción del Acueducto Regional del Norte (bocatoma, aducción, PTAP, Tanque elevado Lago Alto, red de distribución)
- Construcción de EBAP Los Manatíes como medida para reubicar la EBAP Salgar
- Construcción sistema de distribución de agua potable sector Alkarawi (cerca del Lago Cisne) que comprende: construcción de Tanque en sector de Alkawari – cerro pan de azúcar, impulsión desde EBAR Sabanilla hasta el tanque y conducciones
- Construcción De tanque Kilimaniario, impulsión desde EBAP Manatíes y conducciones hasta Salgar y sector Castillo, atendiendo además Salgar, Sabanilla-Monte Carmelo, Pradomar y la Cabecera Municipal

### 10.5.5. Acueducto Regional del Norte

Teniendo en cuenta la intermitencia en la prestación del servicio, los problemas por la cuña marina (intrusión de agua salada al río Magdalena en época de estiaje que afecta la calidad de agua) y el crecimiento poblacional que se prevé por los diferentes proyectos urbanísticos que Puerto Colombia y el Distrito de Barranquilla están llevando a cabo, la Gobernación del Atlántico en el marco de su Plan Departamental de Agua y con apoyo financiero de la nación, lleva a cabo la construcción del Acueducto Regional del Norte.

Este acueducto busca fortalecer la prestación del servicio para ocho municipios (*Puerto Colombia, Soledad, Galapa, Juan de Acosta, Piojó, Tubará, Usiacurí y un sector de Barranquilla*) garantizando la prestación 24/7; en él se ha destinado una inversión de 198 mil millones y busca beneficiar a una población aproximada de 1.6 millones de habitantes. Al corte de elaboración del presente informe, la obra lleva un avance del 62% y su finalización se proyecta para mediados del año 2026. Al culminarse, el departamento se posicionaría como el de mayor porcentaje de cobertura en acueducto del país con un 98% (Gobernación del Atlántico, 2025).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.127. Acueducto regional del Norte.**

Fuente: modificado a partir de Gobernación del Atlántico, 202

El proyecto consta de dos etapas, la primera de ellas es la construcción del sistema de captación sobre el río Magdalena, aducción de agua cruda por un trayecto aproximado de 5960 metros para posteriormente llegar a una Planta de Tratamiento de Agua Potable – PTAP localizada en 11° 2'10.00"N 74°49'51.43"O (al lado de la ETAP Flores) con una capacidad de 900 Lps de los cuales 600 se destinan para Barranquilla y 300 para Puerto Colombia; la segunda fase contempla la construcción de un tanque de almacenamiento (Lago Alto) en el sector de Riomar con una capacidad de 17.000 m3 y tuberías de conducción y distribución por gravedad a dos sectores: el primer sector carrera 65 tomando rumbo sur hacia avenida circunvalar hasta el sector de Alameda del río y el segundo sector sur – este , tomando la carrera 65 hasta calle 85 con carrera 74 en el sector norte para empalmar con la tubería existente. (Edubar, 2025). Frente a este mega obra existe una alta expectativa, pues la calidad de vida de los habitantes de estas zonas mejoraría de manera considerable.

Desde el enfoque académico, han existido algunos cuestionamientos frente a los diseños de la obra de captación, bajo el sustento de encontrarse localizada en un área con un escenario de riesgo alto para la salud pública, dada la magnitud de contaminación que el recibe el río Magdalena aguas arriba del punto de captación por vertimientos domésticos (cercanía de áreas urbanas) e industriales como petroquímicas, curtiembres, empresas de alimentos entre otras. Aunado a lo anterior, señalan como debilidad a ausencia de pretratamiento en el sitio de captación, lo cual puede incurrir en mayores costos para el tratamiento del agua en la PTAP, a futuro y por efectos acumulativos, problemas en la operatividad y menor vida útil del sistema (Arrieta, Sarabia, & Viñas, 2024)

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE

**Figura 10.128. Avances de obra en planta PTAP Acueducto Regional del Norte.**

Fuente: Delgans, 2025

## *10.6. Índice de Calidad del Agua*

El índice de calidad fisicoquímica del agua (ICA) es un indicativo de las condiciones de calidad física, química y microbiológica de las corrientes y cuerpos de agua. El indicador permite identificar problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Permite representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y microbiológicas (IDEAM, 2013)

### 10.6.1. Metodología de cálculo

El índice de calidad del agua es el valor numérico que califica, en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de siete variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t.
El índice de calidad del agua es una expresión agregada y simplificada, sumatoria aritmética equiponderada de varias variables:

$$ICA = \sum_{i=1}^{n} (w_i \cdot I_i)$$

Donde, $I_i$: valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación de conversión correspondiente
$w_i$: ponderación de cada variable obtenida a partir de la tala

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE

**Tabla 10.27. Variables involucradas en cálculo ICA.**

| Variable | Expresada como | Peso de importancia |
|---|---|---|
| Oxigeno disuelto | % saturación | 0,16 |
| Sólidos en suspensión | mg/L | 0,14 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L | 0,14 |
| Conductividad Eléctrica | µs/cm | 0,14 |
| Relación N Total/P Total | mg/L/ mg/L | 0,14 |
| pH | Unidades de pH | 0,14 |
| Coliformes Fecales | UFC/ 100 ml | 0,14 |

**Tabla 10.28. Categorías de descripción del ICA.**

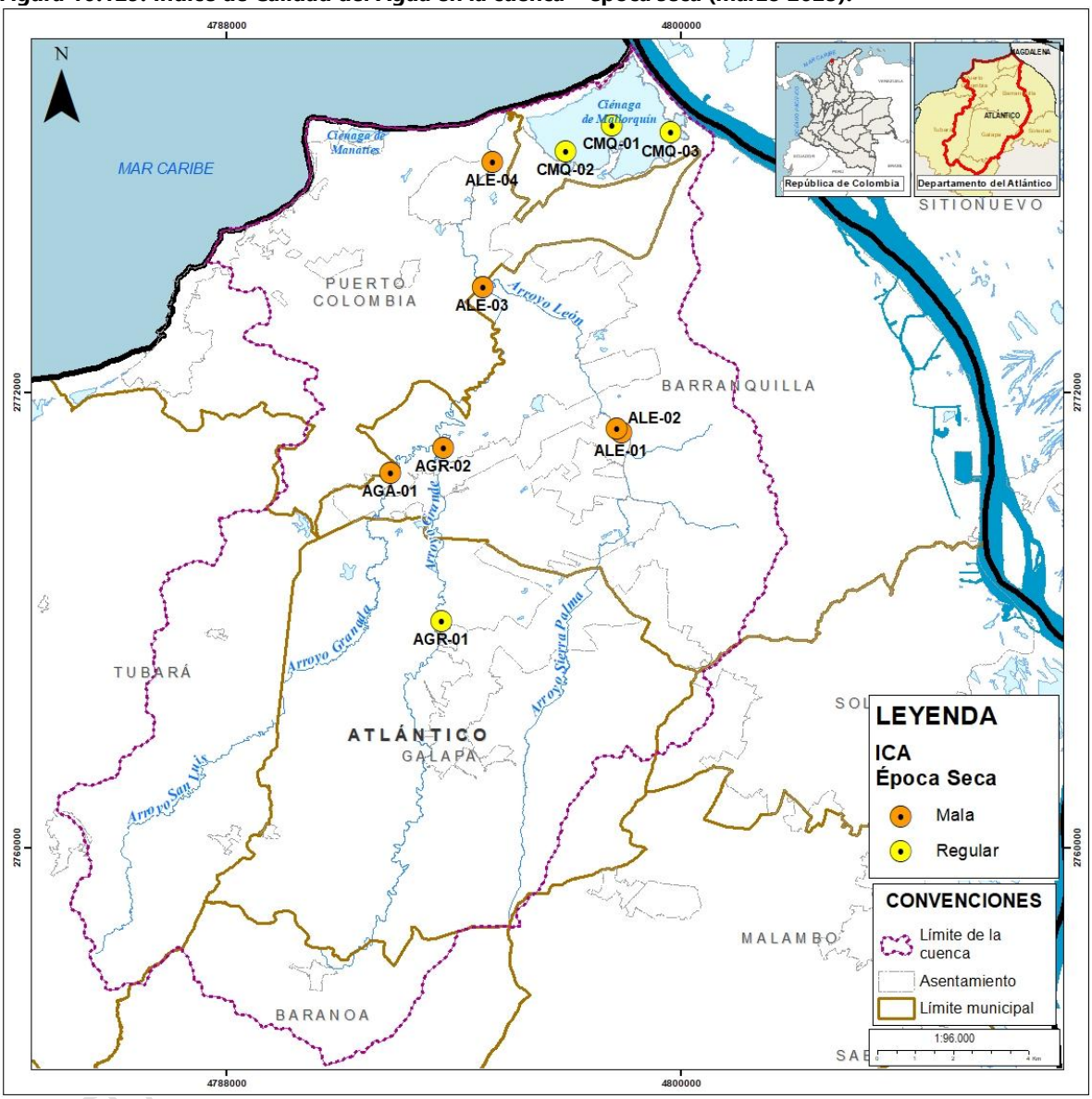
| Categorías de valores que puede tomar el indicador | Calificación de la calidad del agua | Señal de Alerta |
|---|---|---|
| 0,00 – 0,25 | Muy mala | Rojo |
| 0,26 – 0,50 | Mala | Naranja |
| 0,51 – 0,70 | Regular | Amarillo |
| 0,71 – 0,90 | Aceptable | Verde |
| 0,91 – 1,00 | Buena | Azul |

Fuente: IDEAM, 2013.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE FACTIBILIDAD

## 10.6.2. Resultados de evaluación del ICA para la cuenca

**Figura 10.129. Índice de Calidad del Agua en la cuenca – época seca (marzo 2025).**




En la figura anterior se observa el comportamiento de la calidad de agua de los arroyos y Ciénaga de Mallorquín para la época de baja precipitación evidencia el estado regular y malo de los cuerpos de agua. El punto de monitoreo AGR-01 correspondiente aguas abajo del casco urbano de Galapa, permite identificar el estado del cuerpo de agua, desde su nacimiento en el municipio de Baranoa (Corregimiento Pital de Megua) en donde ya se cuenta con un alto impacto por la ausencia de sistemas de saneamiento básico en los centro poblados y el asentamiento de agroindustria (granjas avícolas y porcícolas) en inmediaciones del cuerpo de agua, el cual se convierte en el principal receptor de los vertimiento de estas actividades. Una vez pasa por el corregimiento de Pital, el Arroyo

continúa su paso por el municipio de Galapa donde se encuentra con descargas difusas de las viviendas rurales y es el receptor de los vertimientos del frigorífico Camagüey, la EDAR Galapa donde se realiza tan solo un tratamiento primario de las aguas residuales del casco urbano del municipio y los vertimientos directos sin tratamiento de viviendas informales asentadas en su ronda como es el caso del Barrio Mundo Feliz. Aunque el arroyo no cuenta con un alto caudal (32 L/s) para la época seca, si refleja contaminación y transporte de grasas y lodo. Estas condiciones le adjudican un índice de Calidad de Agua Regular, convirtiéndose en la antesala de los demás puntos de monitoreo de la cuenca.

La estación *Arroyo Granada* (AGA-01) permite evidenciar el estado de los arroyos que discurren por la zona occidental de la cuenca (*Arroyo San Luis, Arroyo San Mateo, Arroyo San Agatón, Arroyo Don Juan, Arroyo Eneal, Arroyo Cuña y Arroyo Blanco*) un área principalmente de vocación rural con pluralidad de actividades económicas del sector primario, centros poblados como Guaimaral y Cuatro Bocas del municipio de Tubará, que como se indicó en acápites anteriores no cuentan con sistema de alcantarillado, paso por los parques ambientales de los Pocitos, Veolia entre otras empresas de servicios ambientales y al confluir en el *Arroyo Granada*, recibir los vertimientos de empresas como *Silicar SAS de aceites, Kangupor, Soluciones Ambientales 4R- Barranquilla, ZILOG Parque Industrial y Zona Franca la Cayena* arrojando como resultado un índice de calidad de agua **mala,** las condiciones de hipoxia y las condiciones críticas de este cuerpo antes de entregar sus aguas al Arroyo Grande.

De acuerdo con los recorridos realizados con líderes de la comunidad de Juan Mina quienes han conocido de primera mano la transformación de este cuerpo de agua, indican que gran parte de la problemática se agravó con el establecimiento de los parques y/o zonas industriales, así como de las empresas en inmediaciones del cuerpo de agua, lo que refleja hoy su mal estado. Los líderes indican que se presenta negligencia por parte de las autoridades, por la falta de seguimiento y control de los vertimientos sobre este cuerpo de agua, en el cual anteriormente la comunidad de Juan Mina indica: "*contaba con una alta biodiversidad y calidad y que hoy en día se ha convertido en una alcantarilla a cielo abierto bajo el argumento del desarrollo industrial*".

Teniendo en cuenta la alta carga contaminante del Arroyo Granada, la estación AGR-02 en donde el Arroyo Grande recibe las aguas de este tributario, se evidencia la disminución de la calidad del agua entre el punto AGR-01 y AGR-02 pasando de una calidad **regular** a una calidad **mala**.

Los cuatro puntos de monitoreo correspondientes al Arroyo León reportan en su totalidad una calidad de agua "**mala**", evidenciando el estado crítico de este cuerpo de agua durante todo su trayecto en la cuenca. El primer punto de monitoreo ALE-01 (*Ay. León aguas arriba de la EDAR El Pueblo*), permite evaluar la carga contaminante del arroyo desde *Arroyo Sierra Palma* en el municipio de Galapa, receptor de los vertimientos de barrios subnormales de Galapa como Villa génesis, vertimiento de la PTAR de la urbanización de Villa Olímpica, paso

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

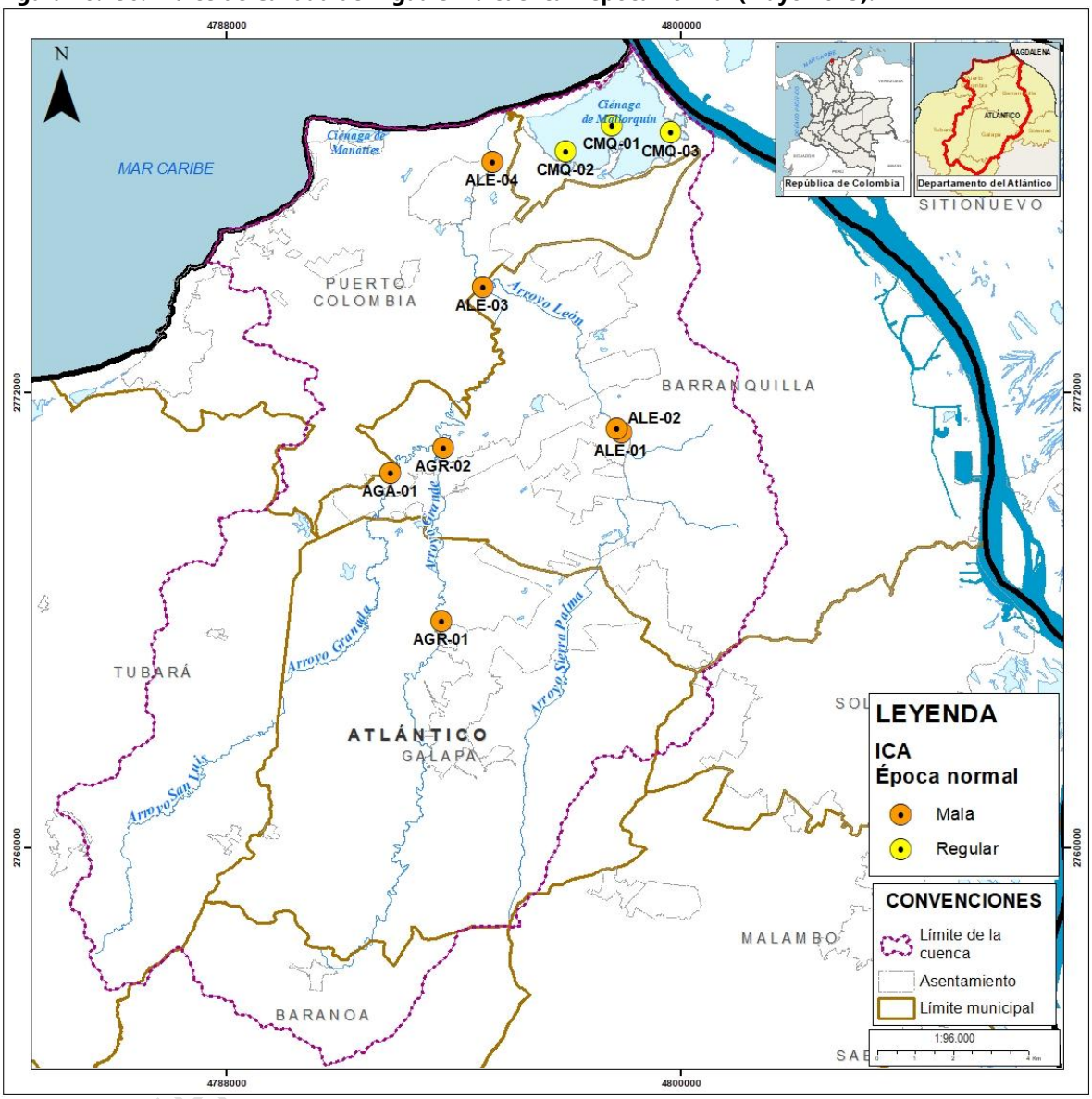
por Zona Franca Internacional del Atlántico, posteriormente las cargas que recogen los *Arroyos Hondo, Malvinas, La Paz, Villa San Carlos y Los Ángeles* de sectores de Barranquilla como Caribe verde y los barrios de la zona suroccidental, que finalmente entregan sus aguas al *Arroyo León*, esta estación busca identificar el estado del arroyo previo al ingreso a la EDAR El Pueblo. La estación ALE-02 (*Aguas abajo del vertimiento de la EDAR El Pueblo*) permite identificar el nivel de eficiencia de remoción durante el tratamiento primario que se realiza en la EDAR, sin embargo, el ICA "**mala**" de la estación, evidencia una baja eficiencia de del sistema durante el tiempo de tratamiento, lo cual se puede asociarse a una sobrecarga del mismo,

La estación ALE03 (*Ay. León aguas abajo de la desembocadura del Ay. Grande*), es uno de los puntos más críticos de la red de monitoreo, presentando registros críticos condiciones de hipoxia, y los más altos contenidos de fósforo, allí confluyen la carga del Arroyo Grande y el transecto del Arroyo León aguas abajo del vertimiento de la EDAR, además de su paso por alameda del río en donde recibe vertimientos del sector. Esto genera el registro de ICA más bajo con 0.406 que encaja en categoría "ICA **mala**". Las condiciones en este punto durante los recorridos de campo eran críticas, el Arroyo presentaba los olores ofensivos más fuertes de la red, coloración negra, transporte de residuos de gran volumen, capa gruesa de lodos negros decantados, así como grasas. Para el último tramo del Arroyo, aproximadamente un kilómetro aguas arriba de su desembocadura en el mar Caribe, se identificó una leve mejoría en el indicador; sin embargo, las condiciones del arroyo aún mantienen en ICA Mala antes de su desembocadura.

Los puntos correspondientes a la Ciénaga de Mallorquín presentan para el monitoreo en época seca, un índice de calidad **regular** con rangos entre los 0.643 y 0.682, el cuerpo de agua tiene una mayor capacidad de autodepuración, frente a los demás arroyos de la cuenca; sin embargo, es importante resaltar que es receptor de vertimientos sin ningún tratamiento de sectores subnormales de la Cangrejera, La Playa y los barrios palafitos del sector Las Flores.

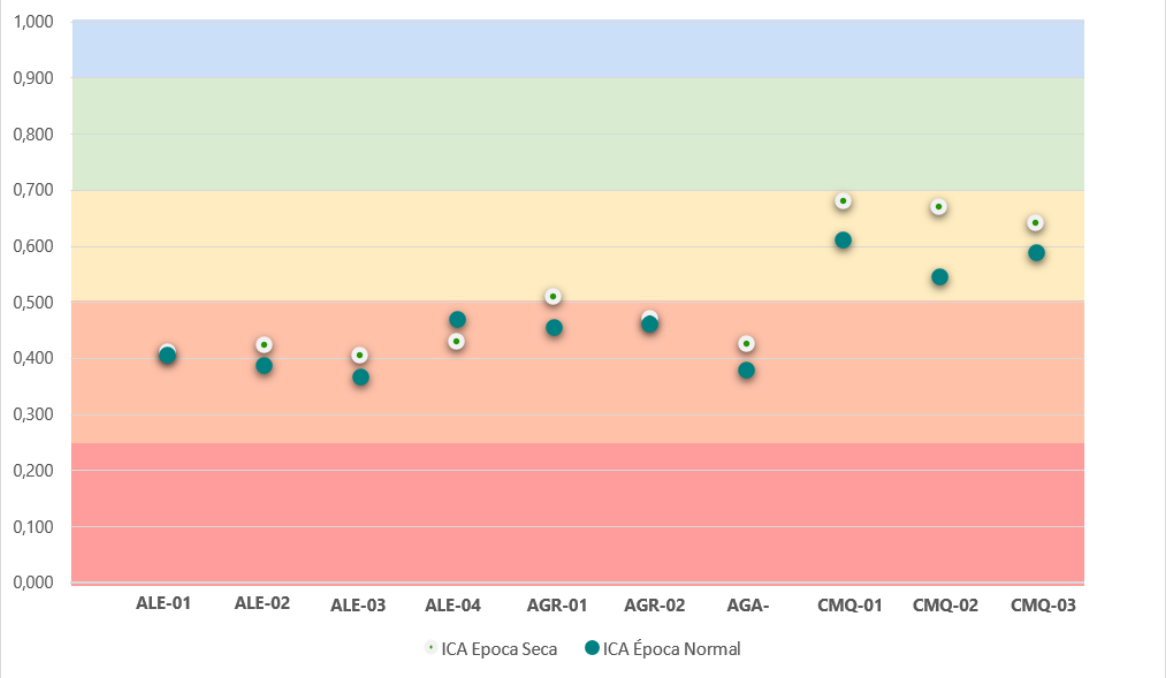
DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.130. Índice de Calidad del Agua en la cuenca – época normal (mayo 2025).**




Los resultados del índice de calidad de agua obtenidos en la cuenca, durante la segunda jornada de monitoreo (condiciones normales) no registra cambios favorables, respecto a los registros de la época seca. Se identificó la disminución de la calidad de agua en el punto AGR-01, el cual pasó de una calidad regular a una calidad mala, lo que se puede atribuir al incremento de las cargas contaminantes transportadas a través de la escorrentía y erosión, así como a las deficiencias existentes en los sistemas de saneamiento rurales; lo anterior se refleja en el crecimiento exponencial de concentración de fósforo que en época 0.108 mg/L a 2.93 mg/L, de coliformes fecales que pasan de 2200 NMP/100 mL en época seca a 1.100.000 NMP/100 mL en época normal, así como la disminución de la disponibilidad de oxígeno.

**Figura 10.131. Comportamiento ICA época seca y normal en la cuenca 2025.**




Respecto a las demás estaciones de la red, no mostraron una variación significativa en el índice de Calidad de Agua reportado durante las dos condiciones hidrológicas, Arroyo León y sus tributarios se mantuvieron en ICA Mala y la Ciénaga de Mallorquín con ICA Regular. Las principales variaciones se presentaron en parámetros como coliformes fecales en los puntos (antes y después del vertimiento de la EDAR El Pueblo), *Arroyo Grande y Arroyo Granada*. Las estaciones de la Ciénaga de Mallorquín presentaron variación en parámetros como sólidos suspendidos que como se mencionó en anteriores acápites, puede asociarse al efecto de la precipitación y arrastre de material hacia el cuerpo de agua, especialmente en el punto CMQ-03 que corresponde frente a los barrios palafitos del sector Las Flores.

## *10.7. Estimación de Cargas Contaminantes*

### 10.7.1. Metodología

Para la estimación de las cargas contaminantes en la Cuenca, se tomó como referencia la metodología propuesta en el Estudio Nacional del Agua (2014 y 2018) la cual se fundamenta en el cálculo general de las cargas a partir de la identificación de las actividades económicas de la Cuenca y/o inventarios de usuarios existentes, determinando el aporte doméstico, agrícola, pecuario, industrial, comercial y de servicios, entre otros sectores, en términos de materia orgánica biodegradable ($DBO_5$), materia orgánica no biodegradable (DQO), sólidos en suspensión (SST) y nutrientes (NT y PT) en una base anual.

La evaluación de los aportes sectoriales de carga contaminante se realizó a partir de la adopción de factores de vertimiento aplicados a las fuentes de contaminación identificadas

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - I

en cada segundo nivel subsiguiente de la Cuenca; estos factores de vertimiento se consultaron en la bibliografía referenciada por el Estudio Nacional del Agua (2014) para cada caso. En otros, donde no se conocía con detalle el factor de vertimiento, se emplearon los límites máximos permisibles de concentración de analitos en vertimientos establecidos por la Resolución 631 de 2015; si bien es cierto que con esta opción se tiende a subestimar la presión real que pueda tener el vertimiento, se asume que las diferentes actividades están o deberían estar cumpliendo con la legislación vigente.

### 10.7.2. Inventarios de usuarios existentes

De acuerdo con la Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, como complemento al análisis sobre la calidad del agua en la cuenca y su comportamiento se precisa revisar y analizar de manera conjunta los inventarios existentes de vertimientos puntuales y difusos junto con los resultados de la identificación de los sistemas de manejo y disposición final de esas aguas residuales como insumo para la estimación de las cargas contaminantes aportadas a la cuenca.

En este sentido, se revisó la base de datos de usuarios del recurso hídrico 2023-2024 de la Corporación, en la cual están consignados los diferentes expedientes permisivos competencia de esta Autoridad Ambiental y, entre estos, los Permisos de Vertimiento vigentes.

El listado de estos permisos de vertimiento se presenta en la Tabla 10.29

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 10.29. Permisos de Vertimiento vigentes en el área de la Cuenca.**

| RAZON SOCIAL | NO. RESOLUCION OTORGA PV | FECHA DE EXPEDICION DEL PERMISO DE VERTIMIENTO | Tipo de vertimiento | Municipio | Centro Poblado | TIPO FUENTE | Fuente | Tipo de Flujo | Tiempo de descarga (h/d) | Frecuencia (d/mes) | Caudal diseño ST (L/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transporte Agropecuarios TransAgro S.A. | 527 | 27/08/2014 | Residual industrial | Galapa | | | Alcantarillado | Irregular | | | |
| CEMENTOS ARGOS S.A. | 445 | 27/07/2015 | Residual industrial | Puerto Colombia | | | Campo de Infiltración | Irregular | 2 | 5 | 388 |
| CEMENTOS ARGOS S.A. | 445 | 27/07/2015 | Residual industrial | Puerto Colombia | | | Campo de Infiltración | Irregular | 2 | 5 | 388 |
| CEMENTOS ARGOS S.A. | 445 | 27/07/2015 | Residual industrial | Puerto Colombia | | | Campo de Infiltración | Irregular | 2 | 5 | 388 |
| CEMENTOS ARGOS S.A. | 445 | 27/07/2015 | Residual industrial | Puerto Colombia | | | Campo de Infiltración | Irregular | 2 | 5 | 388 |
| Organización Terpel S.A | 544 | 25/08/2015 | Residual domestico | Puerto Colombia | | | Campo de infiltración | Irregular | 1 | 30 | 19,51 |
| TEMPLADO SA | 712 | 19/10/2015 | Residual domestico | Galapa | | | Campo de infiltración | Irregular | 8 | 20 | 1 |
| Alpina Productos Alimenticios S.A. | 630 | 2023 | Doméstico/Industrial | Galapa | | Jaguey | jagüey playón grande | Continuo | 24 | 30 | |
| TECNOGLASS SA | 813 | 15/11/2016 | Residual industrial | Puerto Colombia | | | Alcantarillado | | 24 | 16 | |
| TECNOGLASS SA | 813 | 15/11/2016 | Residual industrial | Puerto Colombia | | | Alcantarillado | | 24 | 16 | |
| ECOBAÑO S.A.S. | 75 | 31/01/2017 | Residual industrial | Puerto Colombia | | | Alcantarillado (EBAR Mallorqui | Irregular | 2 | 26 | 8,11 |
| URBANIZACIÓN LOMAS DEL CAUJARAL | 291 | 4/05/2017 | Residual domestico | Puerto Colombia | | Arroyo | Arroyo León | Continuo | 24 | 30 | 2,5 |
| TERRENORTE S.A.S | 356 | 26/05/2017 | Residual domestico | Galapa | | | Campo de Infiltración | Continuo | 24 | 30 | 1,72 |
| EDS PAPIROS PARK | 475 | 10/07/2017 | Residual industrial | Puerto Colombia | | | Campo de Infiltración | Irregular | 2 | 30 | 1 |
| PROMOTORA DE TERRENOS DEL CARIBE S.A. | 524 | 28/07/2017 | Residual domestico | Puerto Colombia | | | Riego zonas verdes | Irregular | 8 | 30 | 1,22 |
| Metropoli S.A. | 41 | 30/01/2018 | Residual Domestico | PUERTO COLOMBI | Sabanilla-Punta Roca | | Campo de infiltración | Continuo | 24 | 30 | 1 |
| COMPLEJO PORTO AZUL S.A. | 410 | 18/06/2018 | Residual no domestico | PUERTO COLOMBIA | | | Alcantarillado Municipal | Continuo | 24 | 30 | 0,026 |
| HADA INTERNATIONAL S.A. | 127 | 14/02/2019 | Agua Residual no Domestic | BARRANQUILLA | | Arroyo | Arroyo Granada | Continuo | 24 | 30 | 0,12 |
| EXOTIKA LEATHER INTERNACIONAL S.A. | 383 | 24/05/2019 | Agua Residual no Domestic | GALAPA | | | Alcantarillado Zona Franca | Continuo | 8 | 26 | 0,145 |
| C.I SILICAR LTDA | 488 | 26/06/2019 | Agua Residual Domestica | GALAPA | | Arroyo | Eneal | Irregular | 24 | 30 | 0,01 |
| AGUAS DEL ATLÁNTICO S.A. E.S.P. | 146 | 15/04/2020 | Agua Residual Domestica | GALAPA | | Arroyo | Arroyo Sierra Palma | Continuo | 24 | 30 | 20 |
| EXOTIKA LEATHER INTERNACIONAL S.A. | 248 | 19/05/2021 | Agua Residual no Domestic | GALAPA | | Arroyo | Arroyo Caña | Continuo | 8 | 26 | 0,145 |
| CONJUNTO RESIDENCIAL PUNTAWA P.H. | 182 | 13/04/2021 | Residual Domestico | PUERTO COLOMBI | Sabanilla-Punta Roca | | Campo de infiltración | Continuo | 24 | 30 | 1 |
| CONSTRUCTORA PUNTA ROCA S.A.S. | 473 | 27/09/2021 | Residual Domestico | PUERTO COLOMBI | Salgar | | Mar caribe | Irregular | 24 | 30 | 0,21 |
| AGUACARIBE COLOMBIA S.A.S. E.S.P. | 642 | 19/11/2021 | Agua Residual Domestica | GALAPA | | Arroyo | Arroyo Sierra Palma | Continuo | 24 | 30 | 20 |

Fuente: CRA (Base de datos SIRH 2023-2024)

DOCUMENTO

En el análisis de la base de datos de permisos de vertimientos se observa que no figuran algunos macrovertimientos como los de los sistemas de tratamiento de aguas residuales bajo operación de la empresa Triple A S.A. E.S.P. Como complemento, entonces, se realizó el análisis de las cargas contaminantes para otros vertimientos que son objeto de cobro de tasa retributiva en la jurisdicción de la Corporación dentro de la Cuenca. Estos se encuentran discriminados en la Tabla 10.30.

**Tabla 10.30. Vertimientos objeto de cobro de tasa retributiva en la Cuenca.**

| Nombre o Razón Social usuario | Línea Base 2020 (kg/año) | | Caga Meta 2025 (kg/año) | |
|---|---|---|---|---|
| | DBO5 | SST | DBO5 | SST |
| Transporte Agropecuarios TransAgro S.A. | 188.863 | 9.751 | 37.773 | 1.950 |
| Zona Franca de Barranquilla s.a.s. U.O.Z.F. | 11.521 | 11.521 | 2.304 | 2.304 |
| **AGUAS DEL ATLÁNTICO S.A E.S.P** | 124.372 | 209.806 | 24.874 | 41.961 |
| STEEL CITY LTDA | 11.803 | 3.453 | - | - |
| COMERCIALIZADORA INTERNACIONAL CAMAGUEY: CURTIDORA | 63 | - | 13 | - |
| **TRIPLE A S.A. E.S.P. BARRANQUILLA SUROCIDENTE (EDAR EL PUEBLO)** | 5.640.180 | 4.413.364 | 6.050.529 | 4.737.606 |
| **TRIPLE A S.A E.S.P. GALAPA** | 290.643 | 290.643 | 162.114 | 100.108 |
| Urbanización Lomas del Caujaral | 542 | 1.350 | - | - |
| TERRENORTE S.A.S | 140 | 6.019 | 112 | 4.815 |
| Alpina Productos Alimenticios S.A. | 156 | 157 | - | - |
| ORGANIZACIÓN TERPEL S.A. (Baranoa) | 98 | 142 | 20 | 28 |
| CENTRALCO LTDA (PARQUE CEMENTERIO LOS OLIVOS) | 41 | 31 | - | - |
| MATADERO CAMAGUEY | 229 | 1.105 | - | - |

Fuente: Acuerdo CRA 0009 de 2021

### 10.7.3. Resultados de carga contaminante por unidad hidrográfica de nivel I

#### 10.7.3.1. *Cargas contaminantes de origen doméstico*

Para la estimación de las cargas de origen doméstico, se tomaron como base los resultados del análisis demográfico realizado para la Cuenca, discriminando la población rural y la urbana según su presencia en cada uno de los niveles subsiguientes. En el caso de las áreas rurales dispersas, se empleó la densidad poblacional promedio para estimar la población que efectivamente pertenecía a cada nivel subsiguiente.

Seguidamente, se aplicaron los factores de vertimiento según el caso, para la estimación de las cargas anuales según datos del Estudio Nacional del Agua -ENA (2010), junto con las coberturas de servicio de alcantarillado y los porcentajes de eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales según la información suministrada por los prestadores de servicio. Para las cargas domésticas en áreas rurales dispersas, se decidió no aplicar factor de remoción de carga contaminante debido a la inexistencia o mala operación de los sistemas de tratamiento para agua residual.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

Los resultados obtenidos por microcuenca se observan en la Tabla 10.31.

**Tabla 10.31. Resultados de estimación de cargas contaminantes de origen doméstico.**

| UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL I | CARGAS CONTAMINANTES (Kg/año) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $DBO_5$ | DQO | DQO - DBO | SST | NT | PT |
| 2909-01 | 10478,30 | 16969,33 | 6491,03 | 22920,44 | 1722,85 | 474,01 |
| 2909-02 | 9822,39 | 16269,45 | 6447,06 | 21319,28 | 1752,44 | 491,51 |
| 2909-03 | 10604,28 | 17045,90 | 6441,62 | 23254,56 | 1695,22 | 463,11 |
| 2909-04 | 50899,05 | 81648,55 | 30749,50 | 111696,40 | 8072,56 | 2200,83 |
| 2909-05 | 114756,55 | 188712,52 | 73955,97 | 178425,80 | 9960,17 | 2747,58 |
| 2909-06 | 1880766,33 | 3129895,54 | 1249129,22 | 2458376,44 | 204984,47 | 57658,50 |
| 2909-07 | 199038,09 | 331617,45 | 132579,36 | 431117,68 | 36245,97 | 10212,15 |

En concordancia con la información recopilada en la Fase de Diagnóstico, incluyendo los aportes de los actores durante los espacios de participación y los recorridos de campo, las cargas contaminantes más altas se presentan, respectivamente en el área de drenaje del Arroyo León hasta la confluencia con el Arroyo Grande, la Ciénaga de Mallorquín y el Arroyo Grande. Esta situación se presenta debido a la alta concentración de población urbana, las áreas desarrolladas recientemente que no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales y los déficits de cobertura de alcantarillado.

### 10.7.3.2. *Cargas contaminantes de origen agrícola*

En las zonas rurales de los municipios de Tubará y Galapa dentro de la Cuenca se tienen actividades agrícolas mixtas que introducen el riesgo potencial contaminación originada por prácticas no adecuadas relacionadas con el manejo de agroquímicos y otras sustancias. Por esta razón se incluyó la estimación de las cargas contaminantes generadas por escorrentía en suelo agrícola, a partir de factores de vertimiento disponibles en la literatura especializada para condiciones similares (OMS, 1993; Villanueva, 2011). De esta manera, a partir del área con uso agrícola y el valor de la escorrentía promedio por nivel subsiguiente, se obtuvo la carga por lavado del área de suelo agrícola presentada en la Tabla 10.32.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 10.32. Resultados de estimación de cargas contaminantes de origen agrícola.**

| UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL I | CARGAS CONTAMINANTES (Kg/año) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DBO5 (Kg/año) | DQO (Kg/año) | DQO - DBO (Kg/año) | SST (Kg/año) | NT (Kg/año) | PT (Kg/año) |
| 2909-01 | 128,35 | 320,87 | 192,52 | 130,74 | 31,34 | 2,39 |
| 2909-02 | 14,06 | 35,14 | 21,08 | 14,32 | 3,43 | 0,26 |
| 2909-03 | 536,65 | 1341,62 | 804,97 | 546,63 | 131,04 | 9,98 |
| 2909-04 | 14207,60 | 35519,00 | 21311,40 | 14471,93 | 3469,30 | 264,33 |
| 2909-05 | 9671,75 | 24179,38 | 14507,63 | 9851,69 | 2361,71 | 179,94 |
| 2909-06 | 5631,43 | 14078,58 | 8447,15 | 5736,20 | 1375,12 | 104,77 |
| 2909-07 | 79,44 | 198,60 | 119,16 | 80,92 | 19,40 | 1,48 |

El análisis realizado indica que las unidades hidrográficas de nivel I con mayor aporte potencial por actividades agrícolas son, en orden de importancia, el Arroyo Granada, Arroyo Grande, y el Arroyo León -específicamente en las áreas rurales de Galapa y Barranquilla-.

Es importante recordar que estos aportes de carga contaminante son de tipo difuso, y en el caso más crítico no superan el 25% de los correspondientes aportes de origen doméstico.

### 10.7.3.3. *Cargas contaminantes de origen pecuario*

Partiendo de la estimación del número de animales por tipo de ganadería realizada en el capítulo del componente económico se realizó el cálculo de la carga contaminante potencial relacionada con la cría y sacrificio de ganado (véase Tabla 10.33). Se aclara que para esta carga contaminante se tuvo en consideración solo el número de cabezas consideradas de traspatio, es decir, ganadería no tecnificada y las plantas de beneficio animal que tienen permiso de vertimiento o que son objeto de cobro de tasa retributiva. La razón de esto es que, para el resto del sector agroindustrial con ganadería tecnificada, las instalaciones cuentan con sistemas para el manejo de vertimientos y los efluentes se descargan en redes de alcantarillado, por lo que son tenidas en cuenta en los aportes del sector industrial/comercial/servicios.

Para el cálculo de la carga se emplearon los factores de vertimiento establecidos en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010; IDEAM, 2014) de cada una de las especies consideradas.

DOCUMENTO EN DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Tabla 10.33. Resultados de estimación de cargas contaminantes de origen pecuario.**

| UNIDAD HIDROGRAFICA NIVEL I | CARGAS CONTAMINANTES | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DBO5 (Kg/año) | DQO (Kg/año) | DQO - DBO (Kg/año) | SST (Kg/año) | NT (Kg/año) | PT (Kg/año) |
| 2909-01 | 407,63 | 543,50 | 135,88 | 627,92 | 417,84 | 62,86 |
| 2909-02 | 10,73 | 14,31 | 3,58 | 19,55 | 14,30 | 2,11 |
| 2909-03 | 323,66 | 431,54 | 107,89 | 507,25 | 341,83 | 51,29 |
| 2909-04 | 15151,42 | 20201,89 | 5050,47 | 16026,23 | 7375,54 | 1227,20 |
| 2909-05 | 17320,88 | 23094,51 | 5773,63 | 20081,04 | 10413,88 | 1670,54 |
| 2909-06 | 14081,31 | 18775,08 | 4693,77 | 16022,74 | 8030,72 | 1298,62 |
| 2909-07 | 318,91 | 425,22 | 106,30 | 391,30 | 211,38 | 33,29 |

Se observa que el mayor porcentaje de las cargas de origen pecuario vertidas a la red de drenaje de la cuenca se concentra en las áreas ganaderas de los municipios de Tubará y Galapa, que comprenden las unidades hidrográficas de los arroyos León, Grande y Granada.

### 10.7.3.4. *Cargas contaminantes de origen industrial, comercial y de servicios*

La actividad industrial, comercial y de servicios se concentra en los cascos urbanos y zonas francas establecidas en la subzona hidrográfica. Esto conlleva, nuevamente, al hecho de que las cargas de este tipo se concentren en las áreas de drenaje de los Arroyos Granada, Grande y León, como se muestra en la Tabla 10.34, siendo principalmente descargadas a través de los sistemas de alcantarillado urbano, así como de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en los lugares donde existen

En este sentido, las cargas fueron estimadas a partir de los inventarios de usuarios existentes que pertenecen a este tipo de actividades, junto con la diferencia entre la carga total y la carga de origen doméstico vertida por los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

En el resto de las áreas con asentamientos, la actividad comercial, industrial y de servicios es baja y asimilable dentro de la carga de origen doméstico, o es vertida a redes de alcantarillado como ya se mencionó.

**Tabla 10.34. Resultados de estimación de cargas contaminantes de origen industrial, comercial y de servicios.**

| UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL I | CARGAS CONTAMINANTES (Kg/año) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $DBO_5$ | DQO | DQO - DBO | SST | NT | PT |
| 2909-04 | 5513,26 | 9188,77 | 3675,51 | 11940,32 | 1005,18 | 283,28 |
| 2909-05 | 84775,80 | 141293,00 | 56517,20 | 17407,40 | 5460,66 | 1538,91 |
| 2909-06 | 4106566,92 | 6844278,19 | 2737711,28 | 2425576,44 | 204193,94 | 57545,56 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

### 10.7.4. Presión por carga contaminante al agua superficial en la subzona hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León

Los resultados agregados y consolidados por unidad hidrográfica de nivel I para cada uno de los tipos de carga contaminante se resumen en la Tabla 10.35.

**Tabla 10.35. Cargas contaminantes al agua superficial estimadas por unidad hidrográfica de nivel I.**

| UNIDAD HIDROGRAFICA NIVEL I | CARGAS CONTAMINANTES (t/año) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | DBO5 | DQO | SST | NT | PT |
| 2909-01 | 11,01 | 17,83 | 23,68 | 2,17 | 0,54 |
| 2909-02 | 9,85 | 16,32 | 21,35 | 1,77 | 0,49 |
| 2909-03 | 11,46 | 18,82 | 24,31 | 2,17 | 0,52 |
| 2909-04 | 85,77 | 146,56 | 154,13 | 19,92 | 3,98 |
| 2909-05 | 226,52 | 377,28 | 225,77 | 28,20 | 6,14 |
| 2909-06 | 6007,05 | 10007,03 | 4905,71 | 418,58 | 116,61 |
| 2909-07 | 199,44 | 332,24 | 431,59 | 36,48 | 10,25 |
| **TOTAL** | **6551,10** | **10916,08** | **5786,54** | **509,29** | **138,52** |

De igual manera, para tener un mejor indicativo relacionado con el nivel de carga contaminante de cada parámetro, se realizó la comparación por rangos en los límites indicados por el IDEAM, actualizados en el Estudio Nacional del Agua (2018), los cuales se muestran en la Tabla 10.36

**Tabla 10.36. Indicadores de presión por carga contaminante.**

| Categoría | Descriptor de presión | Percentiles ajustados | Percentiles DBO | Percentiles DQO | Percentiles SST | Percentiles NT | Percentiles PT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | t/año | t/año | t/año | t/año | t/año |
| 1 | Baja | 65 | 753 | 1 748 | 1 685 | 127 | 37 |
| 2 | Moderada | 75 | 1 468 | 3 529 | 2 736 | 214 | 59 |
| 3 | Media alta | 85 | 4 218 | 8 567 | 5 914 | 440 | 115 |
| 4 | Alta | 95 | 12 205 | 27 346 | 17 935 | 1 977 | 437 |
| 5 | Muy alta | >95 | > 12 204 | >27 346 | >17 935 | >1 977 | >437 |

Fuente: IDEAM (2018)

Por comparación entre los datos de la Tabla 10.35 y Tabla 10.36 se observa que, en general, la presión por cargas contaminantes en la subzona hidrográfica es **moderadamente alta**, son excepción de las cargas de **fósforo total** que se pueden considerar **altas**. Sin embargo, es importante considerar que los percentiles establecidos por el IDEAM para la comparación de la presión no consideran el tamaño de la subzona hidrográfica, de allí que, siendo la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León relativamente pequeña en comparación con otras subzonas hidrográficas en el país (por ejemplo, Ciénaga Grande de

DOCUMENTO DEFINITIVO FASE DE PUBLICACIÓN

Santa Marta, Río Sogamoso, o Río Suárez) el impacto sobre la calidad del agua es mucho mayor como se evaluará en la siguiente sección.

## *10.8. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua*

La afectación de la calidad se puede expresar como una amenaza al considerar que, desde un punto de vista antropocéntrico, el sistema hídrico es más vulnerable a la afectación de la calidad en la medida de la disponibilidad natural y/o regulada de una cantidad suficiente para abastecer los usos de la población asentada en sus alrededores, la cual varía dinámica y paralelamente con la variabilidad climática. Así, se considera que la disponibilidad del agua se reduce en época seca y su calidad se ve afectada, tanto en época seca como en época lluviosa.

El Índice de alteración potencial de la calidad del agua es el valor numérico que califica, en una de cinco categorías, la razón existente entre la carga de contaminante que se estima recibe una subzona hidrográfica *j* en un período de tiempo *t* y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco, de esta misma subzona hidrográfica estimada a partir de una serie de tiempo.

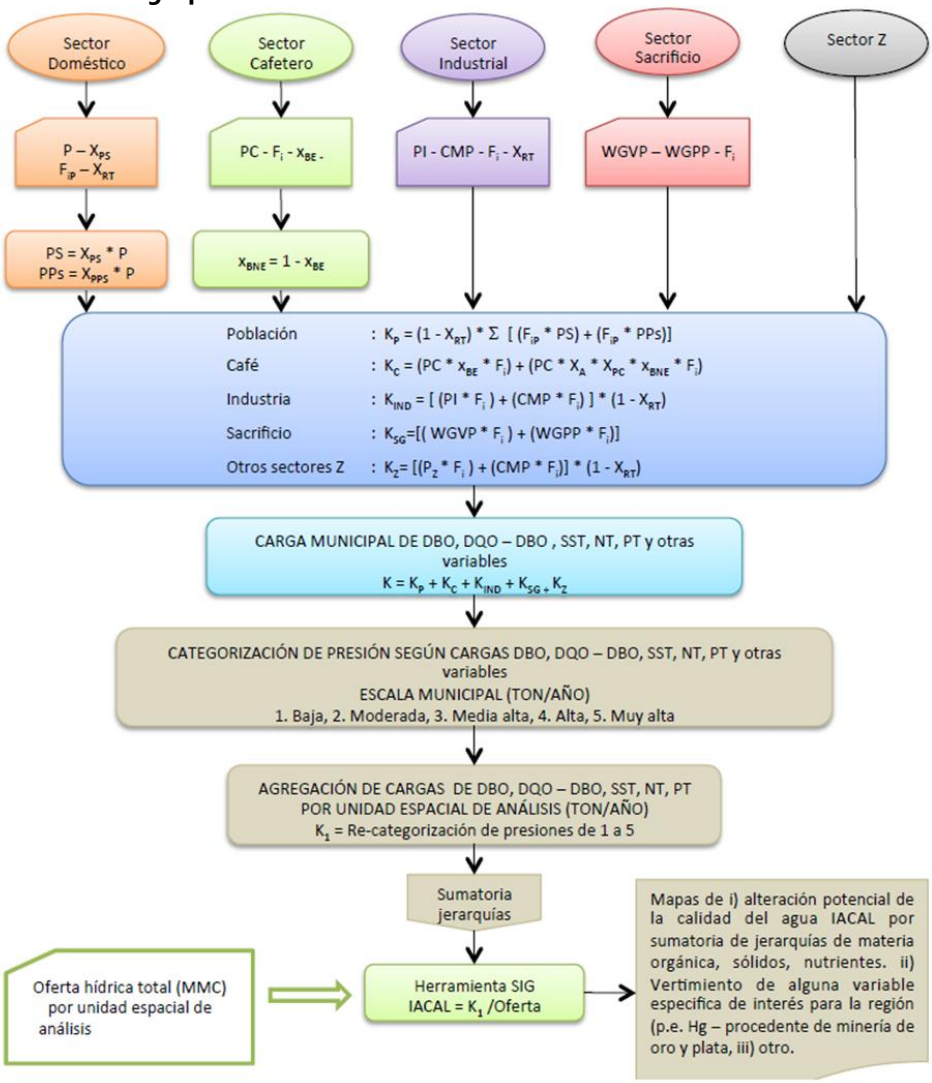
En la medida que se incrementan las cargas vertidas por los diferentes sectores, se reduce la capacidad natural de autodepuración del sistema hídrico superficial que las recibe, se pierde su aptitud para ciertos usos específicos y se afecta la calidad de los beneficios ambientales que prestan estos sistemas hídricos.

### 10.8.1. Metodología de cálculo

Para la generación del indicador de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL) como referente de la presión sobre las condiciones de calidad de agua en los sistemas hídricos superficiales del país con base en variables representativas. Este indicador, además de las estimaciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST) para las diferentes actividades generadoras de vertimientos, incluye las variables de demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT). La metodología para el cálculo del IACAL se resume en la Figura 10.132, para la cual se tomaron las presiones por carga contaminante estimadas en la sección anterior de este documento.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 10.132. Metodología para el cálculo del IACAL.**




Fuente: IDEAM (2013)

Para la categorización de la presión de cada una de las variables de calidad, se emplearon los rangos definidos por el IDEAM (2011) en su ficha metodológica para la elaboración del indicador, los cuales se resumen a continuación.

**Tabla 10.37. Rangos para la clasificación de presión de carga contaminante.**

| Rangos $iacal_{DBO-it-añomed}$ $iacal_{DBO-it-sec}$ | Categoría de Clasificación $catIACAL_{DBO}$ | Calificación de la amenaza |
|---|---|---|
| $IACAL_{DBO} < 0,14$ | 1 | Baja |
| $0,14 \leq IACAL_{DBO} < 0,40$ | 2 | Moderada |
| $0,40 \leq IACAL_{DBO} < 1,21$ | 3 | Media -Alta |
| $1,21 \leq IACAL_{DBO} < 4,86$ | 4 | Alta |
| $IACAL_{DBO} \geq 4,86$ | 5 | Muy Alta |

| Rangos $iacal_{DQO-DBO-it-añomed}$ $iacal_{DQO-DBO-it-sec}$ | Categoría de Clasificación $catIACAL_{DQO-DBO}$ | Calificación de la amenaza |
|---|---|---|
| $IACAL_{DQO-DBO} < 0,14$ | 1 | Baja |
| $0,14 \leq IACAL_{DQO-DBO} < 0,36$ | 2 | Moderada |
| $0,36 \leq IACAL_{DQO-DBO} < 1,17$ | 3 | Media -Alta |
| $1,17 \leq IACAL_{DQO-DBO} < 6,78$ | 4 | Alta |
| $IACAL_{DQO-DBO} \geq 6,78$ | 5 | Muy Alta |

| Rangos $iacal_{SST-it-añomed}$ $iacal_{SST-it-sec}$ | Categoría de Clasificación | Calificación de la amenaza |
|---|---|---|
| $IACAL_{SST} < 0,4$ | 1 | Baja |
| $0,4 \leq IACAL_{SST} < 0,8$ | 2 | Moderada |
| $0,8 \leq IACAL_{SST} < 1,9$ | 3 | Media -Alta |
| $1,9 \leq IACAL_{SST} < 7,7$ | 4 | Alta |
| $IACAL_{SST} \geq 7,7$ | 5 | Muy Alta |

| Rangos $iacal_{NT-it-añomed}$ $iacal_{NT-it-sec}$ | Categoría de Clasificación | Calificación de la amenaza |
|---|---|---|
| $IACAL_{NT} < 0,03$ | 1 | Baja |
| $0,03 \leq IACAL_{NT} < 0,06$ | 2 | Moderada |
| $0,06 \leq IACAL_{NT} < 0,14$ | 3 | Media -Alta |
| $0,14 \leq IACAL_{NT} < 0,56$ | 4 | Alta |
| $IACAL_{NT} \geq 0,56$ | 5 | Muy Alta |

DOCUMENTO NO DE

| Rangos $iacal_{PT-it-añomed}$ $iacal_{PT-it-sec}$ | Categoría de Clasificación | Calificación de la amenaza |
|---|---|---|
| $IACAL_{PT} <$ 0,005 | 1 | Baja |
| 0,005 ≤ $IACAL_{PT} <$ 0,014 | 2 | Moderada |
| 0,014 ≤ $IACAL_{PT}$ <0,036 | 3 | Media -Alta |
| 0,036 ≤ $IACAL_{PT}$ < 0,135 | 4 | Alta |
| $IACAL_{PT} \geq$ 0,135 | 5 | Muy Alta |

Fuente: IDEAM (2011)

### 10.8.2. Resultados de la evaluación del IACAL

La evaluación de la Alteración Potencial de la Calidad del Agua para la SZH de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León dio como resultado niveles **muy altos** de alteración potencial de la calidad del agua, que corresponden a la presión ejercida por todos los diferentes contaminantes que son vertidos a la Cuenca en condiciones no adecuadas -sin tratamiento o con tratamiento insuficiente. Esta situación se mantiene tanto en condiciones hidroclimáticas normales como secas, lo cual significa que en el corto y mediano plazo los valores del Índice de Calidad del Agua permanezcan en categoría **mala**, lo que se verá reflejado en la construcción de los escenarios prospectivos para la Cuenca en la siguiente fase de la formulación del POMCA.

Estos resultados son consistentes con los reportados por el IDEAM en el Estudio Nacional del Agua 2022, así como los obtenidos por la Corporación con el apoyo del *Stockholm Environment Institute (SEI)* durante la Evaluación Regional del Agua en el año 2023.

A continuación, se muestran los resultados, en formato tabular y la correspondiente salida cartográfica, de la evaluación del IACAL para la subzona hidrográfica y sus unidades de nivel I.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 10.38. Alteración Potencial de la Calidad del Agua en condiciones hidroclimáticas normales.**

| UNIDAD HIDROGRAFICA NIVEL I | PRESIÓN POR CONTAMINANTE (t/MMC) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | DBO5 | DQO-DBO | SST | NT | PT |
| 2909-01 | 6,35 | 3,93 | 13,65 | 1,25 | 0,31 |
| 2909-02 | 22,30 | 14,66 | 48,36 | 4,01 | 1,12 |
| 2909-03 | 6,38 | 4,09 | 13,52 | 1,21 | 0,29 |
| 2909-04 | 8,09 | 5,74 | 14,55 | 1,88 | 0,38 |
| 2909-05 | 26,22 | 17,45 | 26,13 | 3,26 | 0,71 |
| 2909-06 | 432,91 | 288,27 | 353,54 | 30,17 | 8,40 |
| 2909-07 | 70,27 | 46,79 | 152,06 | 12,85 | 3,61 |

| UNIDAD HIDROGRAFICA NIVEL I | PRESIÓN POR CONTAMINANTE | | | | | IACAL AÑO NORMAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DBO5 | DQO-DBO | SST | NT | PT | |
| 2909-01 | Muy Alta | Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-02 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-03 | Muy Alta | Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-04 | Muy Alta | Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-05 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-06 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-07 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |

**Tabla 10.39. Alteración Potencial de la Calidad del Agua en condiciones secas.**

| UNIDAD HIDROGRAFICA NIVEL I | PRESIÓN POR CONTAMINANTE (t/MMC) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | DBO5 | DQO-DBO | SST | NT | PT |
| 2909-01 | 34,93 | 21,62 | 75,09 | 6,89 | 1,71 |
| 2909-02 | 312,25 | 205,22 | 677,10 | 56,13 | 15,66 |
| 2909-03 | 51,93 | 33,32 | 110,12 | 9,82 | 2,38 |
| 2909-04 | 45,33 | 32,13 | 81,46 | 10,53 | 2,10 |
| 2909-05 | 156,15 | 103,92 | 155,63 | 19,44 | 4,23 |
| 2909-06 | 1488,14 | 990,93 | 1215,31 | 103,70 | 28,89 |
| 2909-07 | 234,23 | 155,97 | 506,88 | 42,84 | 12,03 |

| UNIDAD HIDROGRAFICA NIVEL I | PRESIÓN POR CONTAMINANTE | | | | | IACAL AÑO SECO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DBO5 | DQO-DBO | SST | NT | PT | |
| 2909-01 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-02 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-03 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-04 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-05 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-06 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |
| 2909-07 | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta |

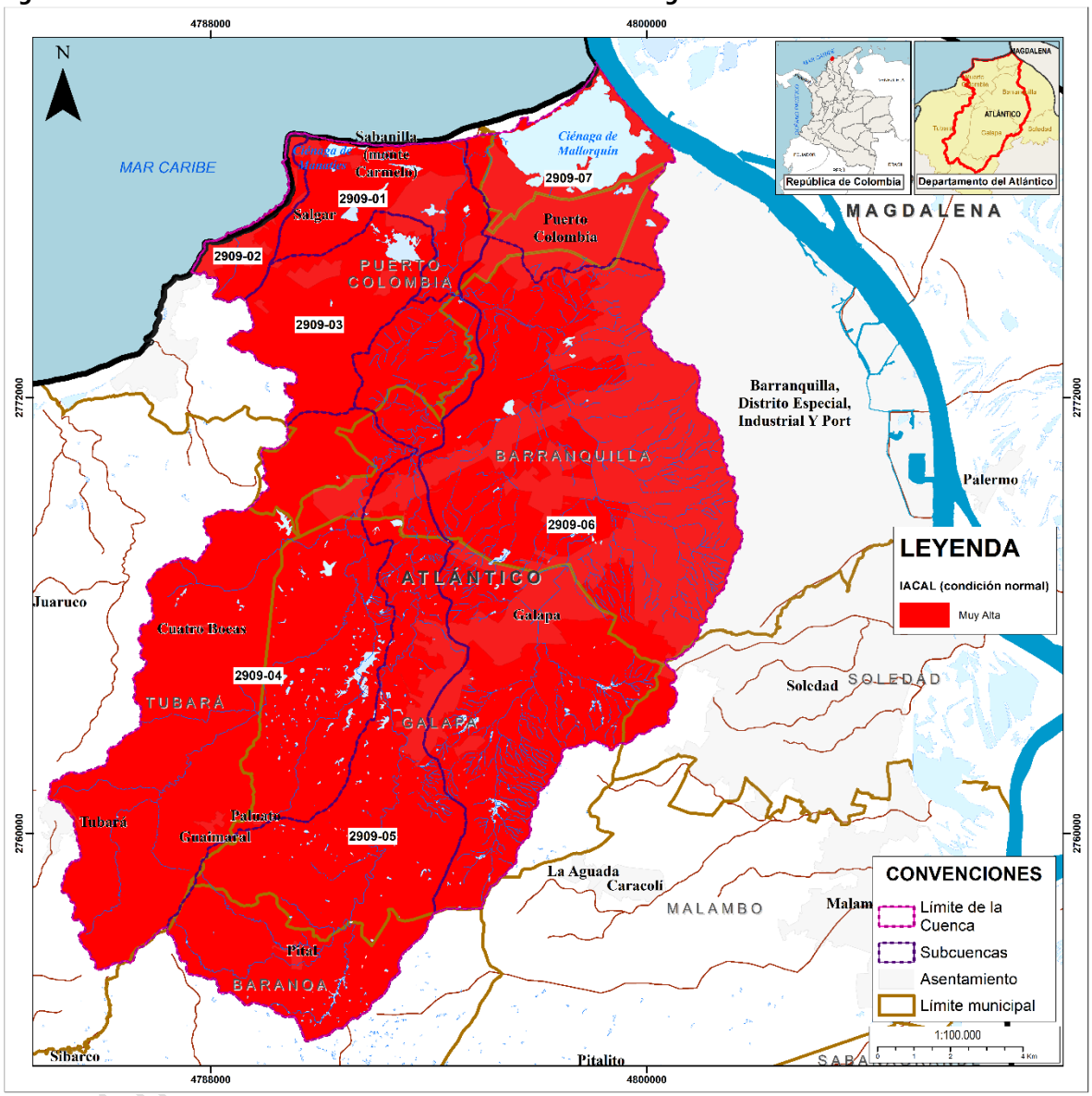
DOCUMENTO NO DEFINITIVO

Los resultados obtenidos muestran que la cuenca es muy vulnerable a la alteración potencial de la calidad del agua y esto obedece principalmente a la contaminación que se genera en la cuenca; pese a que se cuenta con redes de alcantarillado con coberturas altas y sistemas de tratamiento, y que las aguas de los sectores industrial, comercial y de servicios también son manejadas en los sistemas de alcantarillado, los remanentes de aguas sin tratar en sectores sin cobertura del servicio, y las cargas contaminantes provenientes de las PTAR siguen siendo muy altas para la capacidad de transporte y asimilación de los cuerpos receptores.

En este sentido, la capacidad de autodepuración de los cuerpos hídricos se ve reducida, así como su aptitud para los usos estipulados por la autoridad ambiental, por lo que es necesario garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad. Frente a esto es relevante considerar que, de acuerdo con los planes municipales y departamentales, los municipios de la Cuenca se están abasteciendo de agua potable a partir del tratamiento de la captación sobre el río Magdalena, como se mostró en la Figura 10.127, o a partir de extracción de agua subterránea en las áreas rurales, donde es destinada para consumo humano y en actividades productivas. Este último hecho genera también preocupaciones en relación con la capacidad actual y futura de abastecimiento, toda vez que, acorde con los resultados de la Evaluación Regional del Agua para el departamento del Atlántico (2023) el Índice de Uso del Agua Subterránea (IEAS) en áreas como las zonas rurales en la unidad hidrográfica del arroyo León, Lago El Cisne, o en el Plano Costero.

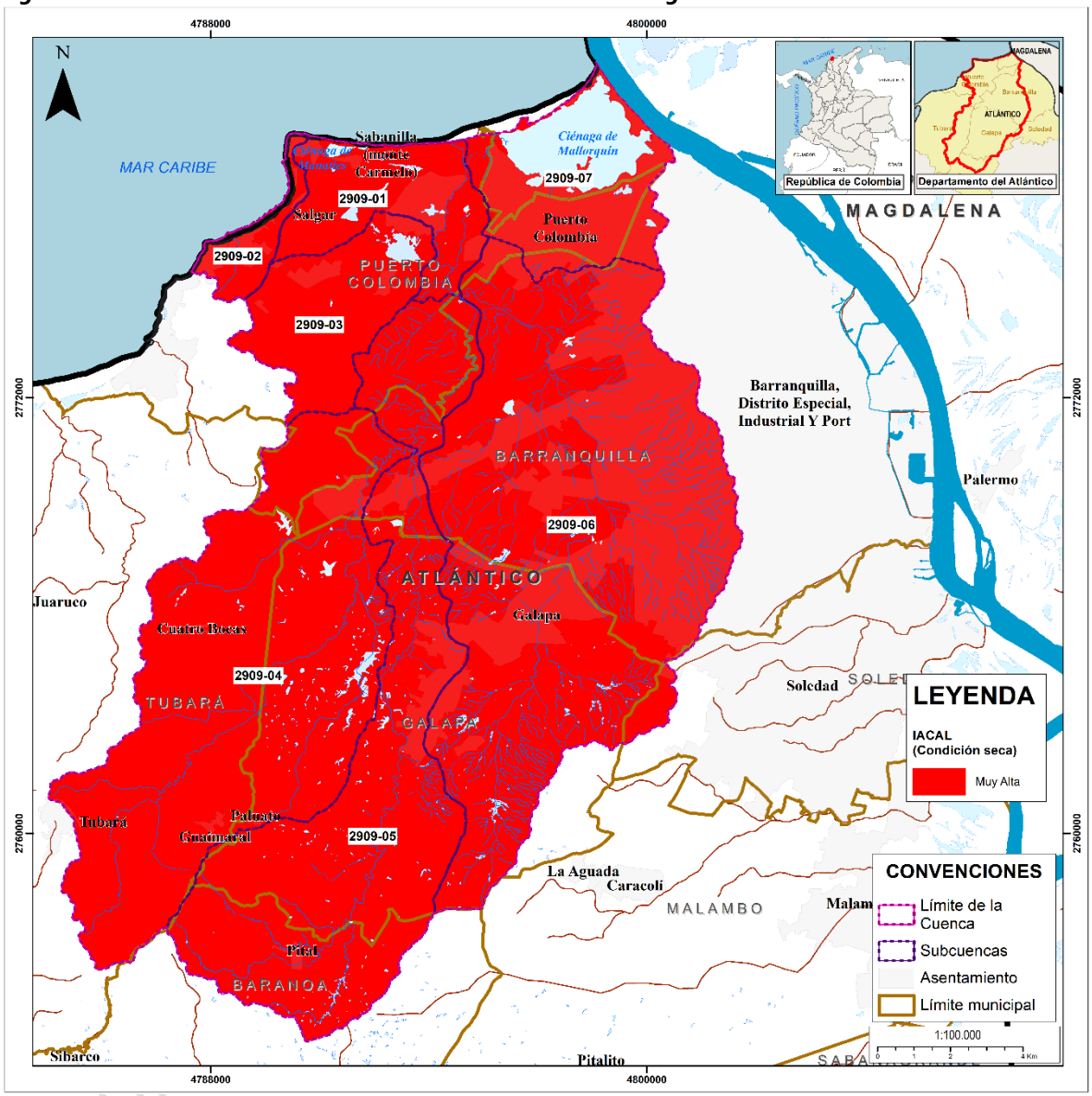
DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 10.133. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua -condiciones normales.**




DOCU

**Figura 10.134. Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua -condiciones secas.**




DOCU

# 11. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

## *11.1. Introducción*

La importancia de conocer los suelos de una cuenca hidrográfica en proceso de ordenamiento radica en el hecho de que este recurso es uno de los integrantes fundamentales de los ecosistemas, el soporte de la biodiversidad y un indicador eficiente del éxito o de las equivocaciones del hombre en el manejo del entorno físico biológico. El suelo es un teatro de la vida en sus múltiples manifestaciones y su formación, como su patrón de distribución en la superficie de la corteza terrestre están estrechamente relacionados con los demás componentes de la hoya de captación, particularmente con aquellos que fungen como factores activos y pasivos de la edafogénesis (clima, topografía, materiales geológicos – rocas / sedimentos, coberturas vegetales y otros organismos vivos).

Por lo mencionado, el conocimiento del componente dentro de las actividades del POMCA es esencial en el proceso de ordenamiento de su territorio no solo porque es un recurso fundamental dentro de los ecosistemas, sino porque se constituye en indicador eficiente del éxito y/o de las equivocaciones del hombre en el manejo del entorno físico – biológico; por lo tanto, el Estudio de Capacidad de Uso de la Tierra de la cuenca de la ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, debe concebirse como una herramienta de toma de decisiones, al considerar los datos aportados como propuestas que permitan reducir el sobreuso del recurso suelo y con ello estabilizar a mediano plazo el manejo de los recursos naturales.

Dado que el suelo es el soporte y uno de los constituyente fundamentales de todos los sistemas ecológicos, y que es a su vez uno de los ecosistemas que más se encuentra sometido a la acción antrópica y que también se constituye de un mosaico de poblaciones edáficas con características internas (morfológicas, físicas-químicas y biológicas) y externas (pendiente, material parental, clima, cobertura), es necesario conocer su edafodiversidad, para evaluar sus propiedades, con el fin de racionalizar su uso y propender por su conservación.

La evaluación de tierras realizada en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León mediante la implementación de la metodología de capacidad de uso, agrupa las unidades de tierras que tienen las mismas limitaciones para su uso y a su vez respuestas similares a las prácticas de manejo y conservación.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

El objetivo fundamental de esta agrupación, se centra en que los usos agrícolas, pecuarios, forestales y de conservación no sólo se lleven a efecto en tierras con esas aptitudes, sino que se desarrollen sin degradarlas, lo que significa que los programas del sector agropecuario y los usos dados a las tierras por los instrumentos del ordenamiento municipal deben ceñirse estrictamente a los postulados de un desarrollo sostenible.

## *11.2. Objetivos*

### 11.2.1. Objetivo general

- El objetivo general es elaborar la cartografía de capacidad de uso de las tierras a escala 1:25.000 y realizar la descripción de las unidades de capacidad de la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, de acuerdo con el sistema de clasificación de tierras del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1965), adaptado para Colombia por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2021). De igual manera, elaborar la cartografía de usos principales propuestos para la cuenca hidrográfica a escala 1:25.000 y realizar la descripción de las unidades de usos principales propuestos.

### 11.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las limitantes de los suelos mediante trabajo de campo acorde con los vacíos de conocimiento detectados a partir del análisis del Estudio elaborado por el IGAC en el área de la cuenca.
- Elaborar la cartografía de Capacidad de Uso de las Tierras a escala 1:25.000 para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.
- Elaborar la cartografía de usos principales propuestos para la cuenca a escala 1:25.000.
- Asociar los mapas de Capacidad de Uso de las Tierras y Usos Actuales con el fin de obtener el mapa de Conflictos de Uso de las Tierras.

## *11.3. Desarrollo Metodológico*

Los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) requieren para su elaboración el análisis del componente suelo, no solo para conocer los elementos que forman el mosaico edáfico de la unidad hidrológica, sino para definir la capacidad de uso de las tierras e identificar los conflictos de uso generados con relación al recurso suelo y posteriormente poder iniciar el proceso de zonificación ambiental.

El alcance de estos propósitos se traduce en la necesidad de representar la distribución espacial de las clases de tierras, así como la susceptibilidad de los suelos al deterioro a una

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

escala cartográfica compatible con la exigencia requerida por la autoridad ambiental. Es importante señalar que la comparación, a la misma escala, de las unidades de capacidad de uso con las de utilización actual del suelo muestran los sectores de la cuenca en los que el hombre ha generado desorden en el entorno físico, haciendo caso omiso de la oferta edáfica para producir alimentos y/o de la necesidad de los suelos en términos de conservación y/o recuperación de las áreas altamente vulnerables ante la acción de los factores ambientales y la actividad humana.

De acuerdo con el "Enfoque metodológico para la elaboración del mapa de capacidad de uso de las tierras con fines ambientales", suministrado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la metodología para determinar la capacidad de uso de las tierras, con base en el componente suelos para el POMCA de la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, tiene en esencia cuatro fases, que se mencionan a continuación, las cuales serán desarrolladas en la medida en que se van enumerando, haciendo notar que la etapa 3 es la correspondiente a todo el trabajo que se realiza en campo y que define las unidades de capacidad.

### 11.3.1. Etapa 1: análisis y evaluación de la información existente en el área de la cuenca

Para iniciar el proceso de inventario de la información sobre el tema de suelos y capacidad de uso de las tierras, se utilizó el conocimiento aportado por los levantamientos de suelos existentes y que dieron información directa del área de la cuenca, relacionada con los factores de formación de los suelos, los ambientes edafogénicos, los componentes del mosaico edáfico (asociaciones, consociaciones y complejos) con su respectiva leyenda, la caracterización morfológica de los suelos (perfiles modales) y los resultados de los análisis de laboratorio, son útiles para adelantar el presente proyecto, como punto de partida.

Como base para la información existente, se tomó el estudio general de suelos del departamento de Atlántico elaborado en el año, 2004, (IGAC, 2004), que corresponde a un levantamiento general de suelos. Este estudio cubre la totalidad del área de la cuenca, donde identifican de una manera preliminar el clima existente en la zona, la litología y los diferentes relieves.

De la información obtenida se utilizó la información contenida en las calicatas que se relacionan en la Tabla 11.1, las cuales fueron realizadas por el IGAC durante los trabajos de campo del estudio en mención.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 11.1. Perfiles descritos por el estudio general de suelos en el año 2004 (IGAC 2004).**

| PERFIL | PAISAJE | TIPO DE RELIEVE |
|---|---|---|
| CA-41 | Lomerío | Lomas y colinas |
| CA-18 | Planicie lacustre | Terraza |
| CA-17 | Planicie lacustre | Terraza |
| A-65 | Planicie lacustre | Terraza |
| CA-20 | Planicie eólica | Campo de arenas |

### 11.3.1.1. *Las expresiones de la geomorfología en la cuenca*

El estudio de suelos disponible (IGAC 2004) indica la aparición en la cuenca de cinco paisajes: lomerío, planicie aluvial, planicie lacustre, planicie fluvio marina y planicie eólica distribuidos en los sectores de la cuenca pertenecientes, físico-políticamente, al departamento de Atlántico y específicamente en los municipios de Barranquilla, Galapa, Puerto Colombia, Tubará y Baranoa.

Los tipos de relieve en el lomerío corresponden a las lomas y colinas, pero también ocurren vallecitos estrechos; en la planicie aluvial se presentan terrazas erosionales; en la planicie lacustre se encuentran también terrazas erosionales; en la planicie fluvio marina se identificó solamente el plano fluvio marino, por último, la planicie eólica presenta campos de arenas. El mapa de geomorfología discriminado hasta forma de la tierra se constituye en la herramienta fundamental del POMCA para lograr la escala se semidetalle y por ende para separar, con una adecuada densidad de observaciones, las áreas con clases de drenaje diferente (bueno, imperfecto y pobre).

### 11.3.1.2. *Clima ambiental*

De acuerdo con la información consultada en el estudio general de suelos, se presentan al interior de la cuenca un solo piso térmico correspondiente al cálido y una sola provincia de humedad correspondiente a la seca, con estas condiciones ya se van separando grupos de capacidad; la deficiencia de humedad ambiental dentro de los límites de la cuenca es muy importante, desde la óptica de la capacidad de usos de las tierras, porque a menor humedad hay tendencia a una mayor saturación de bases y a un incremento evidente de la saturación de bases lo cual influye, a su vez, en los niveles medios y altos de fertilidad; además, el control fitosanitario es más eficiente.

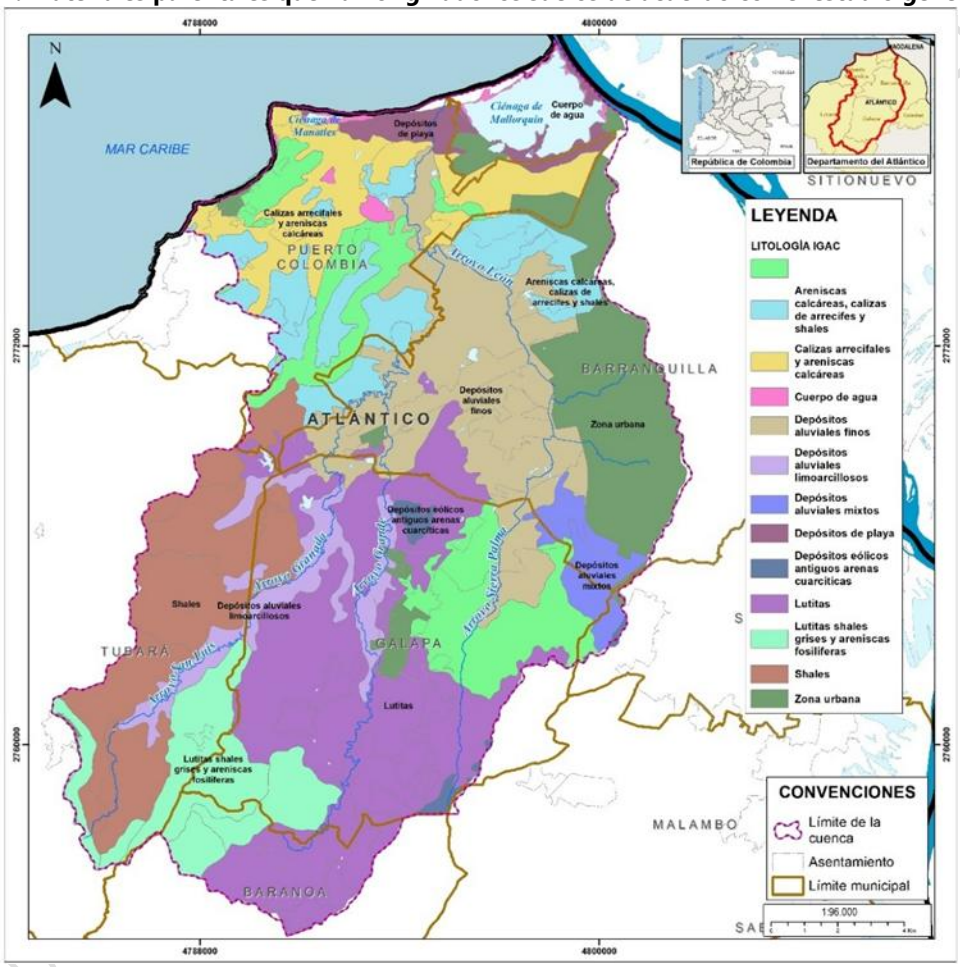
### 11.3.1.3. *Materiales parentales de suelos*

De acuerdo con la información suministrada por el estudio general de suelos se tienen diferentes materiales parentales que han dado origen a los suelos de la cuenca; entre estos se encuentran en la parte más inclinada en el paisaje de lomerío Lutitas shales grises y areniscas fosilíferas, Areniscas calcáreas, calizas de arrecifes y shales; en la planicie aluvial se

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

encuentran depósitos aluviales mixtos, en la planicie fluvio marina depósitos de playa, en la planicie lacustre depósitos aluviales finos y en la planicie eólica depósitos eólicos antiguos, arenas cuarcíticas, calizas arrecifales y areniscas calcáreas; en la Figura 11.1 se aprecia la distribución de los materiales que han originado los suelos de acuerdo con el estudio general de suelos del departamento elaborado por el IGAC.

**Figura 11.1. Materiales parentales que han originado los suelos de acuerdo con el estudio general.**




## 11.3.2. Etapa 2: oferta de información generada por el POMCA.

En esta etapa se tomaron los resultados de otros componentes realizados dentro del POMCA como la geología, el clima, la geomorfología y el mapa de pendientes; éste último se realizó ante la exigencia de la autoridad ambiental de presentar los resultados del estudio del componente Capacidad de Uso de las Tierras en cartas temáticas de escala 1:25.000.

Otra condición básica para ajustar los suelos de la cuenca, consistió en hacer una interpretación e identificación de las unidades geomorfológicas que allí se encuentren, ya

que, en todo inventario de suelos, la geomorfología se utiliza como la principal herramienta en la delimitación de las unidades de suelos o geomorfopedológicas y en la definición y conformación de las unidades cartográficas; en este caso y de acuerdo con la guía metodológica de POMCAS se aplicó el esquema geomorfológico de Alfred Zinck, que se caracteriza por presentar una estructura jerarquizada de las posiciones geomorfológicas, de acuerdo con los diferentes niveles de percepción. Estas unidades geomorfológicas son unidades naturales dotadas de características originales en cuanto a aspectos morfográficos, es decir lo relacionado con la topografía y su configuración, morfogenéticos o sea los procesos que han existido y morfocronológicos o los cambios a través del tiempo.

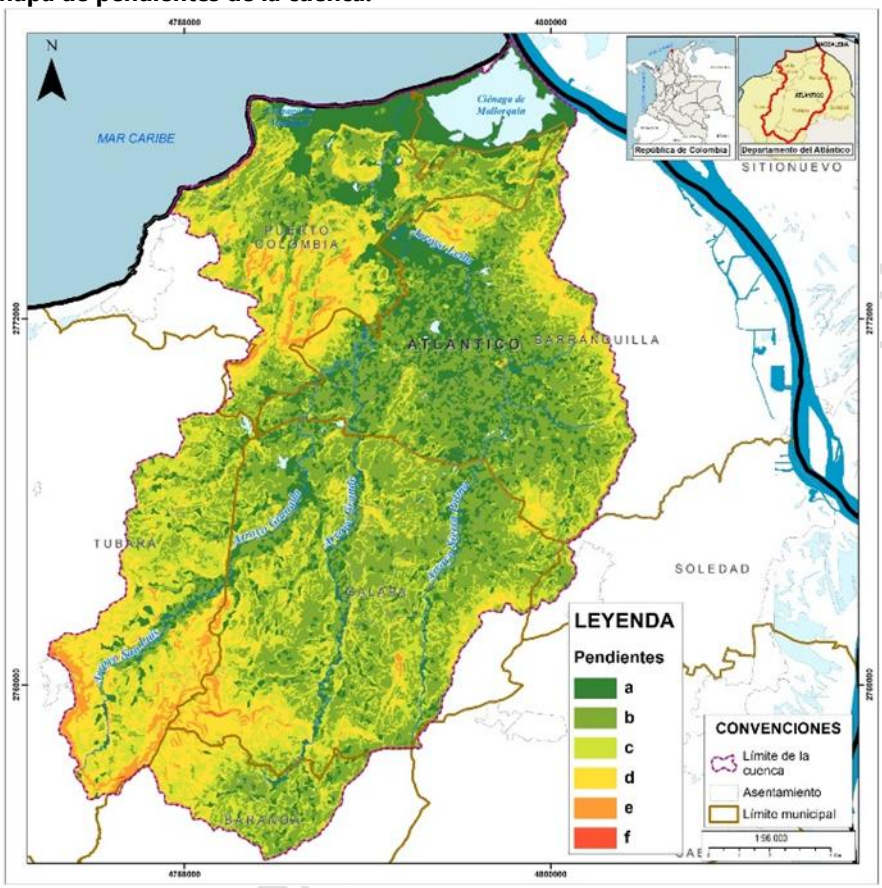
#### 11.3.2.1. *Mapa de pendientes a escala 1:25.000*

Para mejorar el mapa general de suelos se recurrió a productos entregados por otros componentes dentro del POMCA como el mapa de pendientes, el cual se puede apreciar en la Figura 11.2 ; para tal fin, los porcentajes de inclinación del terreno se agruparon conforme a los rangos que se describen en la Tabla 11.2 , dicha agrupación corresponde a los rangos determinados por el IGAC en su metodología de levantamiento de suelos y se basa en una estructura que permite dilucidar gradientes de pendiente que agrupados permiten generar fases por pendiente de la misma unidad de suelos y por tanto permiten sugerir un mismo tipo de uso recomendado, razón por la cual es muy útil, en la determinación de la capacidad de uso de las tierras y posteriormente en la planificación territorial.

Se realizó una superposición cartográfica entre el mapa de pendientes generado a escala 1:25.000 por el POMCA y las unidades de suelos del estudio general (linderos edafológicos en escala 1:100000) de la carta temática del IGAC para facilitar el reconocimiento de los suelos en el campo. Las fases por pendientes que se generan digitalmente fueron comprobadas en campo. El análisis de la distribución de las pendientes dentro de la cuenca se hace en el respectivo capítulo, en este componente solamente se toman los polígonos resultantes del ejercicio.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.2. Mapa de pendientes de la cuenca.**




El mapa de pendientes es muy útil al momento de definir las fases por pendientes que tendrá cada una de las unidades geomorfopedológicas determinadas luego de todo el proceso de cruce de información de los diferentes componentes.

DOCUMENTO DE

**Tabla 11.2. Rangos de pendientes dentro de la cuenca.**

| PENDIENTES IGAC | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Clase** | **Intervalo %** | **Pendiente** | **Área ha** | **Área porcentaje** |
| a | 0 - 3 | Plano a ligeramente plana | 4.541,03 | 15% |
| b | 3 - 7 | Ligeramente inclinada | 12.218,25 | 41% |
| c | 7 - 12 | Moderadamente inclinada | 7.484,38 | 25% |
| d | 12- 25 | Fuertemente inclinada | 4.708,28 | 16% |
| e | 25 - 50 | Ligeramente escarpada | 571,06 | 2% |
| f | 50 - 75 | Moderadamente escarpada | 4,60 | 0% |
| **Total** | | | **29.527,62** | **100%** |

### 11.3.2.2. *Información geológica*

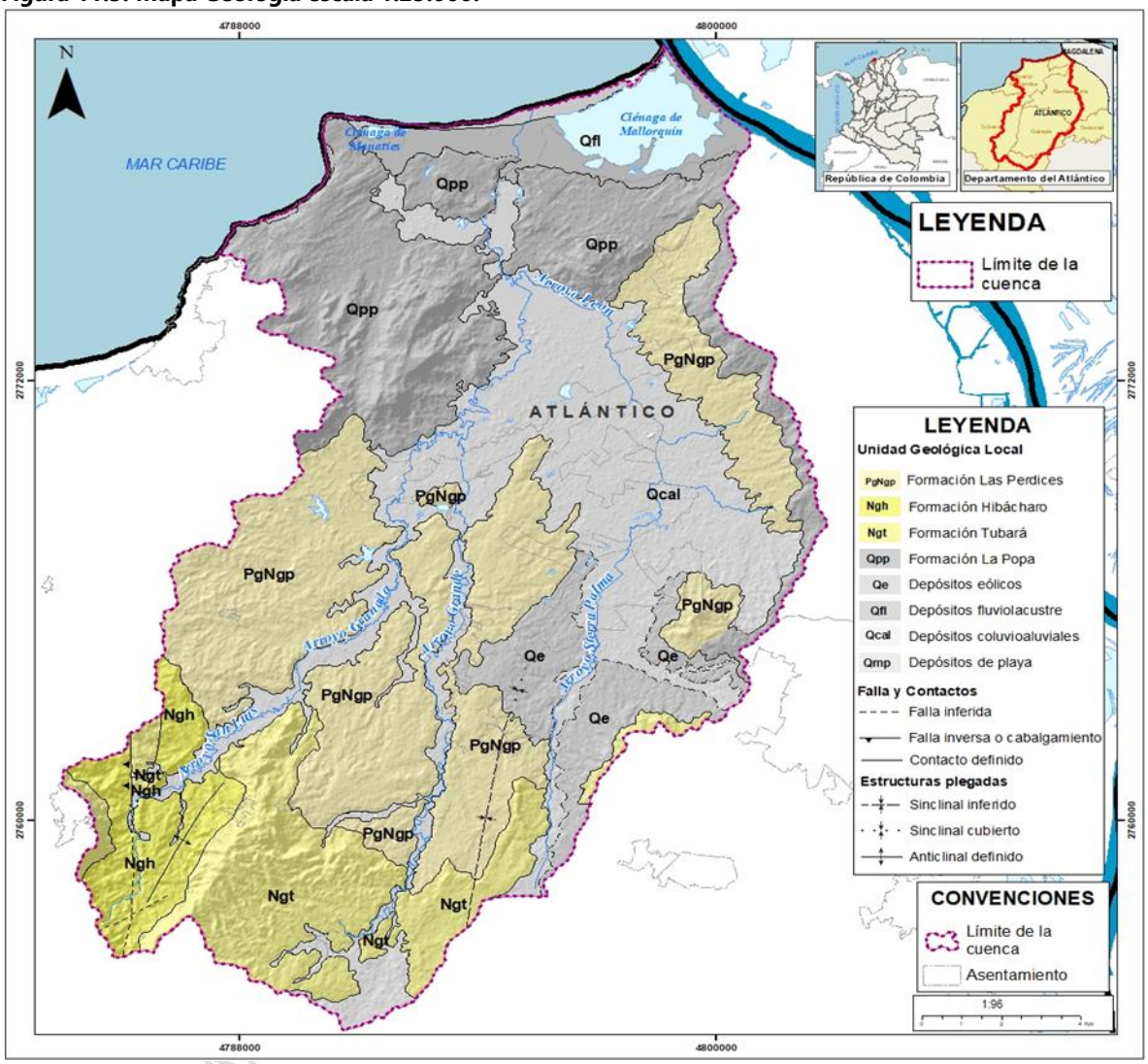
Se consultó el informe y la cartografía de geología básica producida para el POMCA en escala 1:25.000, de este se tomó la descripción de las unidades geológicas, estratigrafía y tectónicas presentes en la cuenca y todo lo que permitiera determinar el material parental que dio origen a los suelos; esto permite separar diferentes ambientes de formación de suelos.

En la Figura 11.3, se presenta una salida gráfica de la geología producida por el POMCA y la leyenda, de la cual se sustrajeron los materiales que formaron los suelos de la cuenca.

La información geológica se involucra en la leyenda geomorfopedológica para determinar si se generan nuevas unidades por el cambio de materiales parentales que ocurren, esto se hace en la cuarta columna de la leyenda bajo la denominación de material parental.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.3. Mapa Geología escala 1:25.000.**




### 11.3.2.3. *Informe de Geomorfología con criterios edafológicos*

La carta temática, por razones de escala (1:25.000), representa las expresiones de la geomorfología a nivel de paisaje, tipos de relieve y formas del terreno. Estas especificaciones la convierten en una herramienta útil para identificar y ubicar los linderos de las UCS del estudio general, los cuales corresponden morfográficamente a los tipos de relieve, para visualizar, de esta manera, la complejidad del modelo de distribución de los suelos en la dimensión espacial representada, en una escala mayor. Este hecho es de gran utilidad para el análisis agrológico, en el marco de la elaboración del POMCA, particularmente en los sectores en donde los suelos se han originado a partir de sedimentos coluviales y aluviales en los que ocurren diferentes clases de drenaje las cuales, con frecuencia, conforman UCS

COCUMEN

denominadas asociaciones cuya interpretación de la capacidad de uso de las tierras involucradas se dificulta. La carta geomorfológica ayuda también a discriminar fases por pedregosidad y apreciaciones texturales de los perfiles de suelo en los glacis, abanicos y en muchas otras situaciones en las que hay suelos disimiles asociados.

Con el fin de enriquecer la línea cartográfica que definirá las unidades de capacidad de usos dentro de la cuenca, se tomó como insumo los paisajes, tipos de relieve y formas de la tierra producto de la interpretación geomorfológica escala 1:25.000 bajo la metodología Zinck. La información analizada arrojo como resultados que dentro de la cuenca hay una variedad geomorfológica interesante conformados por 2 paisajes con sus respectivos tipos de relieve y formas de la tierra; al momento de integrar la información geomorfológica con los demás productos suministrados por el POMCA se obtuvo un resultado que cumple con las especificaciones de la escala 1:25.000; la leyenda de interpretación hasta nivel de forma de la tierra se puede apreciar en la Tabla 11.3 y la representación cartográfica en la Figura 11.4.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 11.3. Leyenda geomorfológica de la cuenca en escala 1:25.000.**

| Paisaje | Ambiente | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Símbolo |
|---|---|---|---|---|---|
| Lomerío | Estructural | Crestón | Frente | Arenitas y lodolitas | LKFa |
| | | | | Calizas | LKFc |
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | LKFm |
| | | | Revés | Arenitas y lodolitas | LKRa |
| | | | | Calizas | LKRc |
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | LKRm |
| | | Cuesta | Frente | Arenitas y lodolitas | LCFa |
| | | | | Calizas | LCFc |
| | | | Revés | Calizas | LCRc |
| | Denudacional | Loma | Ladera | Arcillolitas, arenitas | LLLr |
| | | | | Arenitas y lodolitas | LLLa |
| | | | | Calizas | LLLc |
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | LLLm |
| | | | | Lodolitas y arenitas | LLLd |
| | | Pediplano | Plano ondulado | Calizas | LNOc |
| | | | | Lodolitas y arenitas | LNOd |
| | Deposicional | Campo de dunas | Bajo | Detritos de origen eólico, compuestos por | LDB |

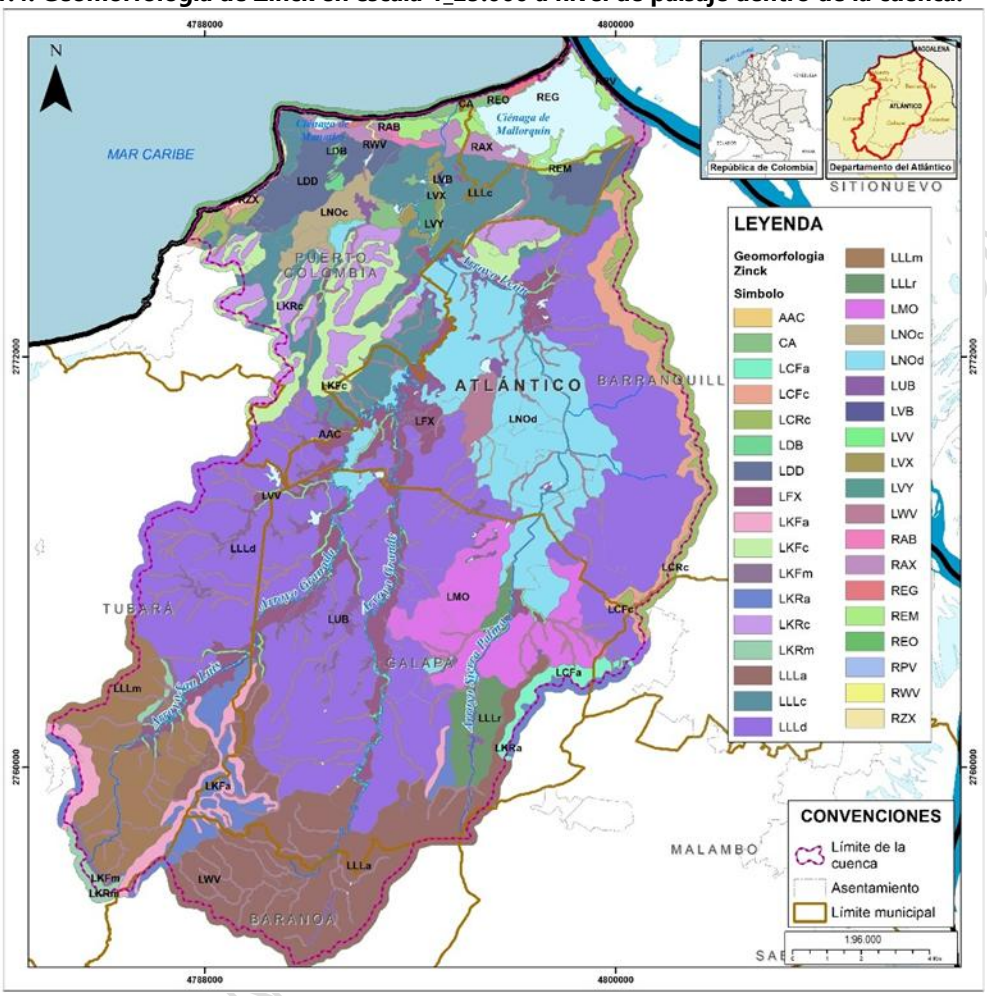
| Paisaje | Ambiente | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Símbolo |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | arenas finas, limos y arcillas | |
| | | | Dunas | Detritos de origen eólico, compuestos por arenas finas, limos y arcillas | LDD |
| | | Depresión | Bajo | Depósitos de arenas medias, finas, limos y arcillas | LUB |
| | | Manto de arenas | Plano ondulado | Detritos de origen eólico, compuestos por arenas finas, limos y arcillas | LMO |
| | | Terraza fluviolacustre nivel 1 | Plano de terraza | Depósitos de arenas finas, arcillas | LFX |
| | | Valle estrecho | Bajo | Depósitos de arenas, limos y arcillas | LVB |
| | | | Plano de terraza | Depósitos aluviales compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | LVX |
| | | | Plano de terraza 2 | Depósitos aluviales compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | LVY |
| | | | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | LVV |
| | | Vallecito | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | LWV |
| | | Plano de marea | Cordón litoral | Depósitos de detritos marinos y aluviales, arenas | REO |
| | | | Laguna costera | Depósitos de limos y arcillas | REG |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Paisaje | Ambiente | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Símbolo |
|---|---|---|---|---|---|
| Planicie | Deposicional | | Marisma | Detritos de arenas finas, lodos, arcillas | REM |
| | | Terraza fluviomarina nivel 1 | Bajo | Depósitos de arenas medias, finas, limos y arcillas | RAB |
| | | | Plano de terraza | Detritos de arenas y limos | RAX |
| | | Terraza marina nivel 1 | Plano de terraza | Detritos de arenas gruesas y medias | RZX |
| | | Vallecito | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | RWV |
| | | Plano de inundación | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | RPV |
| Antrópico | Antrópico | Antrópico | Canal | | AAC |
| Cuerpo de agua | Cuerpo de agua | Cuerpo de agua | Cuerpo de agua | | CA |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.4. Geomorfología de Zinck en escala 1_25.000 a nivel de paisaje dentro de la cuenca.**




De la anterior leyenda se tomaron el paisaje, tipo de relieve y forma del terreno para ser involucrada en la conformación de la leyenda geomorfopedológica; de igual manera se correlacionaron las formas de terreno con los vacíos de conocimiento del estudio general para ser tenidos en cuenta en la fase de trabajo de campo y solucionar dichos vacíos.

Las formas del terreno se convierten en los límites da cada unidad geomorfopedológica; sin embargo, se aclara que como el objetivo no es hacer un estudio de suelos semidetallado sino obtener la capacidad de uso de las tierras de la cuenca, algunas forma de terreno se unieron luego de haber realizado el trabajo de campo; esto porque se determinó que algunas formas de terreno presentan las mismas características y por tanto se comportan de una manera similar al momento de calificarles la capacidad de uso por ejemplo, en las formas de terreno de plano ondulado y en los planos de terraza se encontraron suelos que en todo su perfil presentan texturas arenosas y fueron clasificados taxonómicamente como

Ustipsamments se envió solo una muestra  al laboratorio, igual sucede con las formas de marisma de los planos de marea, bajo en las terrazas fluvio marina y en la vegas de los vallecitos del paisaje de planicie se encontró que los suelos se clasificaron como Psammaquents que también presentan abundantes contenidos de arena y no se consideró necesario enviar todos los perfiles al laboratorio.

### 11.3.3. Etapa 3: Mosaico edáfico de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León modificado y complementado con los mapas generados por el POMCA

En esta etapa se recopila toda la información mencionada en las etapas 1 y 2 y se procede a diseñar el reconocimiento de las características de los suelos en campo.

Con base en la información de suelos existente, los resultados de la geomorfología, la geología y el clima, se construyó un mapa preliminar de unidades geomorfopedológicas para realizar la etapa de campo; esta etapa se realizó con los siguientes pasos:

- Tomar el mapa base de suelos ajustado con las unidades geomorfológicas levantadas y ajustadas en campo.
- Sobre este aislar las áreas de reglamentación especial presentes es la cuenca.
- Identificar y realizar los chequeos en áreas de exploración detallada (AED) y áreas de verificación (AEV), siguiendo los requerimientos del anexo técnico.
- Realizar el trabajo de campo para el conocimiento de las características de los suelos.
- Muestrear los suelos para análisis de laboratorio.
- Analizar la información obtenida en campo con las observaciones y las muestras y construir el mapa geomorfopedológico final.

#### 11.3.3.1. *Observaciones realizadas*

Para el cálculo del número de observaciones a realizar en campo, se tiene como insumos bases el límite de la cuenca con un área de 29.527,62 hectáreas y el mapa de pendientes con su respectiva zonificación según metodología IGAC y se recurrió a la guía metodológica de POMCAS (MADS 2014) y el documento de Alcance Técnico que define textualmente en lo que respecta al cálculo de observaciones de suelos "Teniendo en cuenta los estudios existentes y la caracterización geomorfológica, elaborar un plan de trabajo de acuerdo con la metodología propuesta en la guía (con número de observaciones y sitios a muestrear) para determinar la capacidad de uso de la tierra (clases agrológicas). En todo caso, los requisitos mínimos para muestreo de campo se regirán por las siguientes cantidades: en área plana se harán 4 chequeos cada 100 hectáreas para la zona piloto y un (1) chequeo cada 250 hectáreas para la zona de extrapolación; en área inclinada se harán seis chequeos cada 100 hectáreas en zona piloto y un (1) chequeo cada 250 hectáreas en zona de extrapolación."

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

En la Tabla 11.4 se presenta el cálculo de la cantidad de observaciones necesarias para poder determinar la capacidad de uso de las tierras dentro de la cuenca de acuerdo con la metodología mencionada.

El compilado de observaciones se encuentra en el Anexo3_Observaciones_De_Suelos.

**Tabla 11.4. Cantidad de observaciones requeridas de acuerdo con la guía.**

| ***Área aproximada del estudio*** | ***% estimado en pendientes < 12% en Ha*** | ***% estimado en pendientes >12% en Ha*** |
|---|---|---|
| ***29629*** | ***24385*** | ***5244*** |
| ***12.5% Área piloto o área de exploración detallada (AED)*** | ***3048*** | ***655*** |
| ***Número chequeos*** | ***Un Chequeo / 20 ha*** | |
| | ***152*** | ***33*** |
| ***Total, chequeos área piloto o área de exploración detallada (AED)*** | ***185*** | |
| ***87,5% Área extrapolación o área de exploración para verificación (AEV)*** | ***21337*** | ***4588*** |
| ***Número chequeos*** | ***Un Chequeo / 225 ha*** | |
| | ***95*** | ***20*** |
| ***Total, chequeos área extrapolación o área de exploración para verificación (AEV)*** | ***115*** | |
| ***Total, chequeos para el área de estudio*** | ***300*** | |

Para efectos de poder distribuir el trabajo en campo, y tener una correlación con la guía metodológica, se realizaron recorridos por las diferentes vías al interior de la cuenca hasta obtener un total de 300 observaciones, las cuales cumplen los requerimientos solicitados metodológicamente; para lograr esto se recorrieron la mayoría de veredas al interior de la cuenca.

Todas las áreas de exploración de las características de los suelos fueron revisadas teniendo como base de la comisión el casco urbano del municipio Galapa, desde el cual salieron diariamente los diferentes equipos de trabajo para desplazarse al sector respectivo.

En la Figura 11.5 se puede apreciar la localización del total de observaciones realizadas por los diferentes equipos de trabajo en cada una de las veredas visitadas, estas se efectuaron en un 80% es decir 240 observaciones en cajuelas (huecos de 40 * 40 * 60 cm) y en

DOCUMENTO NO OFICIAL

barrenadas y para las 60 observaciones que corresponden al total levantado en campo se tiene datos verificación de las fases cartográficas, como por ejemplo, identificación de áreas con pedregosidad en superficie, áreas con procesos erosivos y sitios en donde se identificó la duración y frecuencia de las inundaciones, todas se llevaron a efecto en distintos sitios de la cuenca, debidamente georreferenciados; adicionalmente para identificación de las limitantes de cada unidad geomorfopedológica se levantaron en campo 30 perfiles representativos, que se pueden apreciar en la Tabla 11.5, de los cuales se enviaron 12 perfiles a laboratorio, como se muestra en la Tabla 11.7 esto debido a que los suelos en algunas unidades son similares en materiales parentales, clima, pendientes, geomorfología y taxonomía, por lo tanto, comparten las mismas características y clasifican en las mismas clase de capacidad; por ejemplo las unidades geomorfopedológicas de marisma en el plano de marea (perfil JR-8) y bajo en la terraza fluvio marina (perfil JR-6) que corresponden a un Psammaquents se unieron y solo uno se llevó al laboratorio.

**Tabla 11.5. Total, de perfiles representativos dentro de la cuenca.**

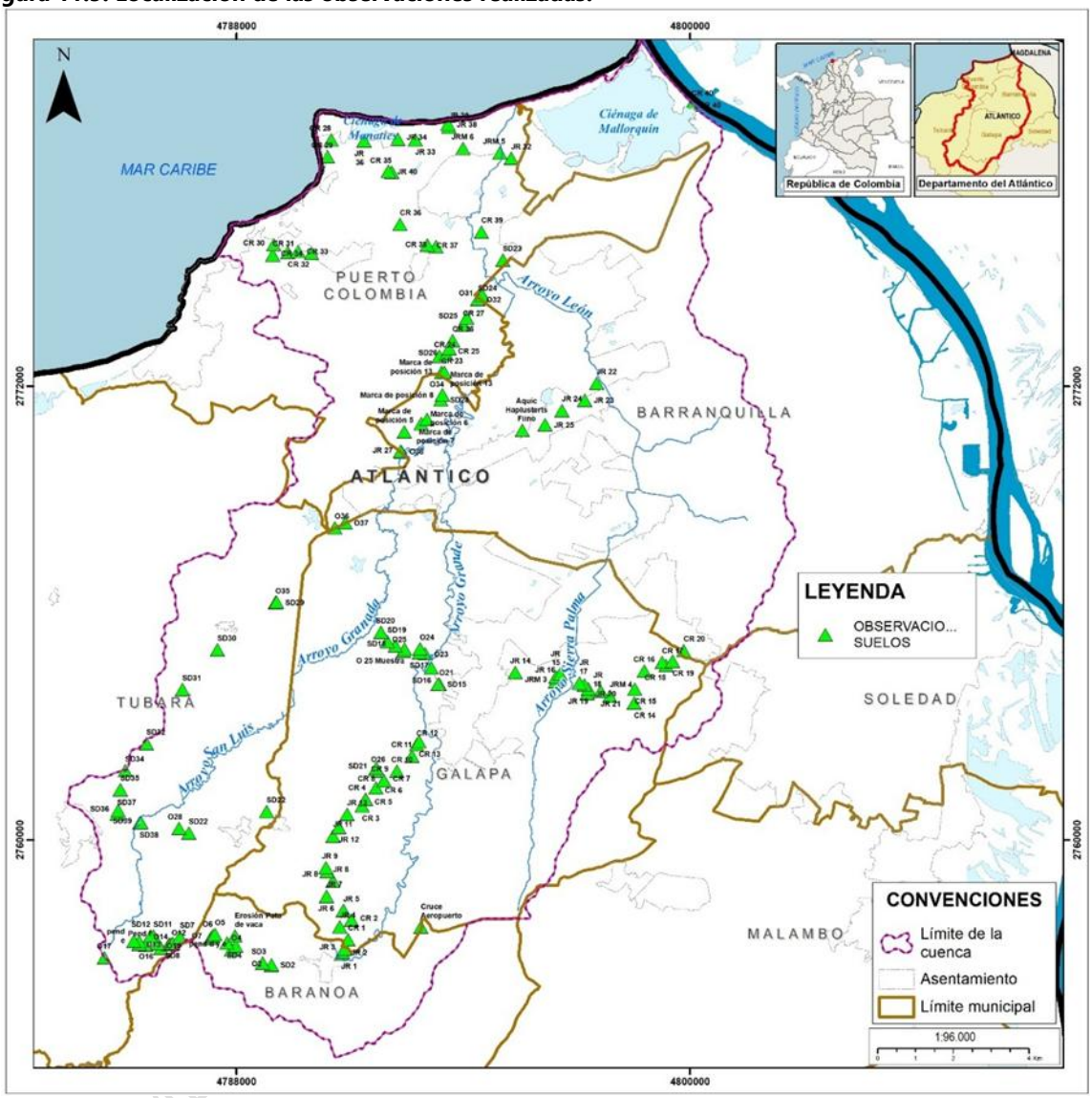
| PERFIL REPRESENTATIVO | Coordenada X | Coordenada Y | Municipio |
|---|---|---|---|
| **SD6** | 4787073,72 | 2757198,301 | BARANOA |
| **SD5** | 4787598,041 | 2757415,997 | BARANOA |
| **SD33** | 4785570,725 | 2762496,801 | TUBARÁ |
| **SD27** | 4793493,703 | 2772375,583 | PUERTO COLOMBIA |
| **SD14** | 4784613,044 | 2756821,061 | TUBARÁ |
| **SD10** | 4786111,781 | 2757218,682 | TUBARÁ |
| **SD1** | 4789050,164 | 2756677,961 | BARANOA |
| **PO3** | 4788655,158 | 2756729,017 | BARANOA |
| **PO11** | 4786457,523 | 2757393,023 | TUBARÁ |
| **PO1** | 4789049,134 | 2756691,407 | BARANOA |
| **O22** | 4793126,411 | 2764609,809 | GALAPA |
| **O25** | 4792446,446 | 2765013,23 | GALAPA |
| **JRM9** | 4793005,656 | 2775666,135 | PUERTO COLOMBIA |
| **JRM8** | 4793689,399 | 2778852,464 | PUERTO COLOMBIA |
| **JRM7** | 4790521,838 | 2778005,874 | PUERTO COLOMBIA |
| **JRM6** | 4793988,106 | 2778304,098 | PUERTO COLOMBIA |
| **JRM5** | 4794956,563 | 2778200,716 | PUERTO COLOMBIA |
| **JRM4** | 4797869,045 | 2763815,662 | GALAPA |
| **JRM3** | 4796459,218 | 2764321,528 | GALAPA |
| **JRM2** | 4790664,269 | 2757918,355 | GALAPA |

DOCUMENTO EN VERSIÓN PARA CONSULTA PÚBLICA

| PERFIL REPRESENTATIVO | Coordenada X | Coordenada Y | Municipio |
|---|---|---|---|
| **JRM10** | 4794421,912 | 2776036,305 | PUERTO COLOMBIA |
| **JRM1** | 4790782,885 | 2756998,051 | BARANOA |
| **JR35** | 4791728,906 | 2778322,991 | PUERTO COLOMBIA |
| **CA41** | 4799122,363 | 2774275,243 | BARRANQUILLA |
| **CA20** | 4795684,904 | 2777084,525 | PUERTO COLOMBIA |
| **CA18** | 4794386,771 | 2770221,791 | BARRANQUILLA |
| **CA17** | 4797351,445 | 2771639,399 | BARRANQUILLA |
| **A65** | 4795024,258 | 2770981,231 | BARRANQUILLA |
| **A43** | 4786941,07 | 2764683,426 | TUBARÁ |
| **CR32** | 4789357,45 | 2775538,084 | PUERTO COLOMBIA |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE DIAGNOSTICO

**Figura 11.5. Localización de las observaciones realizadas.**




A la luz de lo expuesto es necesario recalcar, en aras a evitar confusiones en el propósito del trabajo en condiciones de campo, que tanto la densidad de observaciones, como su distribución en la dimensión espacial de la cuenca obedecieron a los siguientes objetivos:

- Llenar los vacíos de conocimiento, corregir las inconsistencias y aclarar las incertidumbres detectadas y generadas durante el análisis del mosaico edáfico, en el marco de las especificaciones del Estudio General de Suelos de IGAC 2004.
- Tener total claridad respecto a la diferencia que hay entre el análisis del componente suelo como parte del proceso de la elaboración de un POMCA y la ejecución de un

levantamiento agrologico de tipo semidetallado. El primero evalúa, acopia y complementa el conocimiento del medio edáfico, a partir de las fuentes de información existentes, con miras a obtener el conocimiento suficiente del recurso suelo en la cuenca a fin de elaborar, en el marco del razonamiento pedológico y de acuerdo con la metodología oficialmente aceptada y promulgada por la Autoridad Ambiental (MADS), el mapa de capacidad de uso de las tierras del área de interés a la escala 1:25.000. El segundo es el resultado de una aproximación metodológica vigilada por el IGAC como la Entidad Rectora de los estudios de suelos de Colombia, y la cual se basa, fundamentalmente, en el muestreo estadístico de las poblaciones de suelos que conforman el mosaico edáfico de un área determinada lo cual permite identificar los perfiles modales (de la palabra estadística moda) y representar cartográficamente el modelo de distribución de los suelos en el medio natural.

- La claridad mental a la que se hizo referencia evita concentrar el propósito del estudio del componente suelo de las cuencas en la ejecución de un levantamiento agrologico fallido, como paso previo a la definición de la capacidad de uso de las tierras y a su presentación a la escala 1:25.000.
- Aprovechar el trabajo de campo para identificar las particularidades del mosaico edáfico de la cuenca, ejecutando cada una de las observaciones programadas en el marco del razonamiento pedológico, con el convencimiento de que a mayor comprensión del proceso de edafogénesis y de las relaciones del suelo con los demás componentes del entorno físico y cultural del área de interés, más se facilitará la definición real de la capacidad de uso de las tierras.
- Generar, con base en el conocimiento compilado durante todo el proceso de análisis del componente suelo, las unidades geomorfopedológicas con sus respectivas fases por pendiente, erosión, pedregosidad, inundabilidad y/o encharcamiento, identificando y describiendo, en cada caso, el perfil dominante y registrando meticulosamente la información relacionada con la ubicación de la unidad en la división físico-política de la cuenca y en las expresiones de la geomorfología (paisaje, tipo de relieve, forma de terreno). Las unidades geomorfopedológicas (UGP) son la síntesis del resultado de todo el proceso de análisis del componente suelo y se constituyen, por lo tanto, en la base edafológica de la clasificación de las tierras por su capacidad de uso en el marco de la escala 1:25.000.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICACIÓN

### 11.3.3.2. *Descripción de las unidades geomorfopedológicas*

De acuerdo con el análisis del estudio general de suelos y la interpretación geomorfológica, geológica y climática se conformaron las unidades geomorfopedológicas de suelos hasta el nivel de forma del terreno, a cada una de estas formas se les realizó un trabajo de identificación del suelo dominante mediante los recorridos de campo, posteriormente se seleccionó el sitio para la recolección de las muestras para llevar al laboratorio.

El levantamiento de suelos tuvo como objetivos entender las relaciones suelo-paisaje; conocer el patrón de distribución y el suelo dominante en las unidades geomorfológicas; clasificar los suelos al nivel categórico de familia textural, haciendo la aclaración que esta clasificación es de campo pues de acuerdo con la guía metodológica no se pretende hacer un levantamiento de suelos, para esto se utilizó en campo la clave taxonómica 2014. De esta manera y teniendo como límite de la unidad la forma del terreno delimitada en la geomorfología se establecieron las unidades geomorfopedológicas, las cuales hacen referencia a la determinación de las características de un suelo cuyo límite es dicha geomorfología y que tiene además un clima y un material parental definido; posterior a la definición de esta unidad se identificaron las fases cartográficas posibles permitiendo subdividir la unidad geomorfopedológica.

La localización de las unidades se realizó mediante empleo del mapa preliminar impreso y la observación se georreferencio con la ayuda de un GPS, el cual llevaba cargada la cartografía base oficial, además se estableció la ruta de recorrido de acuerdo con el plan de trabajo determinado con la Corporación. Como resultado del trabajo de campo, se ubicaron los puntos de las coordenadas para las calicatas descritas sobre la cartografía final para hacer fácil la identificación del sitio donde se realizó el muestreo, con la identificación y relación de aspectos particulares locales, como erosión, pendiente, movimientos en masa, drenaje natural y el uso actual, entre otras.

Como el interés no es hacer un informe para un estudio semidetallado de suelos, pero si el dar a conocer las principales características de los suelos de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, se ilustra a continuación la leyenda geomorfopedológica en la Tabla 11.6; la salida gráfica del mapa geomorfopedológico se puede apreciar en la Figura 11.7, la nomenclatura asignada se hace arbitrariamente y comenzando desde el lomerío y terminando en la planicie; la descripción es resumida ya que no corresponde a la descripción de una unidad cartográfica de suelos, sino a la descripción de las características dominantes de los suelos dominantes enmarcados generalmente en la forma del terreno.

Como ya se explicó anteriormente, el objetivo es determinar la capacidad de uso de las tierras y no hacer un levantamiento de suelos, por lo tanto, la leyenda de geomorfología en

DOCUMENTO NO OFICIAL - FASE DE PUBLICIDAD

algunas formas del terreno no es igual a la leyenda geomorfopedológica; por ejemplo, la capacidad de uso en las formas denominadas cubetas son la misma ya sea en cubetas de desborde o de decantación, las laderas de las lomas y de las colinas llevaron a la misma clasificación por capacidad de uso, por lo tanto se tomó la decisión de unir estas formas del terreno, de igual manera los vallecitos en clima frío y templado se clasificaron en la misma clase de capacidad porque presentaron las mismas características y limitantes. Esta decisión se tomó puesto que luego del trabajo de campo se comprobó que los suelos por sus limitantes llevaron a la misma capacidad de uso, por lo tanto, no aparecen las mismas unidades en las dos leyendas.

Con el ánimo de complementar el alcance del término "unidades geomorpedológicas" es necesario señalar que la selección del perfil representativo de la población de suelos que conforman el contenido pedológico de dichas unidades se calificó como perfil dominante para diferenciarlo del perfil modal el cual, como su nombre lo indica corresponde a aquel cuyas características de diferenciación (horizontes principales y diagnósticos, propiedades físicas, químicas y mineralógicas) están entre los límites de variación de la clase taxonómica que representa y es, por lo tanto, el producto de un análisis estadístico con base en observaciones detalladas de campo cuya densidad (número por unidad de área) obedece, estrictamente, a los requerimientos de la escala del levantamiento agrologico. Al perfil dominante, en la unidad geomorfopedológica, se llega mediante el análisis y la comprobación de campo cuya densidad está definida en la guía metodológica de POMCAS, mediante diferentes tipos de observaciones, las cuales buscan establecer las limitaciones que afectan la capacidad de uso.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 11.6. Leyenda geomorfopedológica para la cuenca.**

| LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Paisaje geomorfológico** | **Ambiente morfogénico** | **Tipo de Relieve** | **Forma del Terreno** | **Litología** | **Características de las formas** | **Características de los suelos** | **Taxonomía** | **UGMP** | **Perfil** | **Fases** | **Área ha UGMP** | **Área% UGMP** |
| Lomerío | Estructural | Crestón | Frente | Arenitas y lodolitas | Relieve ligeramente ondulado y fuertemente quebrado con pendientes 7-50%, afectado en amplios sectores por erosión hídrica en grado moderado a severo | Superficiales y profundos, bien y moderadamente bien drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy fuertemente ácidos a neutros y saturación de bases muy alta, presencia de yeso, sales y/o sodio en los horizontes más profundos | Vertic Haplustepts | MQ1 | PO11 | MQ1d, MQ1d1, MQ1e, MQ1e1, MQ1e2, MQ1f1 | 539,55 | 1,83% |
| | | | | Calizas | Relieve ligeramente quebrado a Moderadamente escarpado, con pendientes fuertes y largas de grado 7-75%, afectado por erosión hídrica laminar moderada | Moderadamente profundos, bien drenados, texturas finas a moderadamente gruesas, alcalinos debido a los altos contenidos de carbonatos de calcio y saturación de bases muy alta | Typic Ustipsamments | MQ2 | CR32 | MQ2d, MQ2d1, MQ2d2, MQ2d3, MQ2e, MQ2e1 | 779,84 | 2,64% |
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | Relieve ligeramente ondulado y fuertemente quebrado con pendientes 7-50%, afectado en amplios sectores por erosión hídrica en grado moderado a severo | Superficiales y profundos, bien y moderadamente bien drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy fuertemente ácidos a neutros y saturación de bases muy alta, presencia de yeso, sales y/o sodio en los horizontes más profundos | Typic Ustipsamments | MQ3 | SD14 | MQ3d1, MQ3d2, MQ3e1, MQ3e2 | 77,67 | 0,26% |

DOCUMENTO NO CONTIENE FASE DE PUBLICIDAD

**LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Características de las formas | Características de los suelos | Taxonomía | UGMP | Perfil | Fases | Área ha UGMP | Área% UGMP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Revés | Arenitas y lodolitas | Relieve ligeramente quebrado a Moderadamente escarpado, con pendientes fuertes y largas de grado 7-75%, afectado por erosión hídrica laminar moderada | Superficiales, bien a excesivamente drenados, texturas moderadamente gruesas y finas, ligera a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta | Typic Calciusteptts | MQ4 | SD6 | MQ4c, MQ4c1, MQ4c2, MQ4d, MQ4d1, MQ4e1 | 526,29 | 1,78% |
| | | | | Calizas | Relieve ligeramente quebrado a Moderadamente escarpado, con pendientes fuertes y largas de grado 7-75%, afectado por erosión hídrica laminar moderada | Moderadamente profundos, bien drenados, texturas finas a moderadamente gruesas, alcalinos debido a los altos contenidos de carbonatos de calcio y saturación de bases muy alta | Typic Ustorthents | MQ5 | JRM9 | MQ5b, MQ5b1, MQ5b3, MQ5c, MQ5c1, MQ5c3, MQ5d, MQ5d1, MQ5d3, MQ5e1 | 700,36 | 2,37% |
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | Relieve ligeramente ondulado y fuertemente quebrado con pendientes 7-50%, afectado en amplios sectores por erosión hídrica | Superficiales y profundos, bien y moderadamente bien drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy fuertemente ácidos a neutros y saturación de bases muy alta, presencia de yeso, sales y/o sodio en los horizontes más profundos | Typic Ustipsamments | MQ6 | SD14 | MQ6c1, MQ6c2, MQ6d1, MQ6d2, MQ6e1 | 72,92 | 0,25% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Características de las formas | Características de los suelos | Taxonomía | UGMP | Perfil | Fases | Área ha UGMP | Área% UGMP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Cuesta | Frente | Arenitas y lodolitas | Relieve ligeramente inclinado con pendientes suaves y cortas de grado 3-7% | Moderadamente profundos a profundos, moderada y bien drenados, texturas gruesas y finas, muy ácidos y moderadamente alcalinos y saturación de bases alta | Typic Ustipsamments | MQ7 | SD14 | MQ7b1, MQ7c1, MQ7d1 | 158,97 | 0,54% |
| | | | | Calizas | Relieve ligeramente inclinado con pendientes suaves y cortas de grado 3-7% | esta unidad no se pudo describir porque los suelos están sellados por construcciones en su totalidad | | MQ8 | Tapados polígonos por ZU | MQ8b, MQ8b2, MQ8c, MQ8c2, MQ8c3, MQ8c4, MQ8d, MQ8d2 | 157,24 | 0,53% |
| | | | Revés | Calizas | Relieve plano a moderadamente inclinado con pendientes 0-3-7-12% | esta unidad no se pudo describir porque los suelos están sellados por construcciones en su totalidad en un pequeño sector de Puerto Colombia se encontraron Ustipsamments | Aridic Ustipsamments | MQ9 | Tapados polígonos por ZU | MQ9b, MQ9b1, MQ9b2, MQ9c, MQ9c1, MQ9c2, MQ9d | 66,47 | 0,23% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Características de las formas | Características de los suelos | Taxonomía | UGMP | Perfil | Fases | Área ha UGMP | Área% UGMP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Denudacional | Loma | Ladera | Arcillolitas, arenitas | Relieve ligeramente ondulado y fuertemente quebrado con pendientes 7-50%, afectado en amplios sectores por erosión hídrica en grado moderado a severo | Superficiales y profundos, bien y moderadamente bien drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy fuertemente ácidos a neutros y saturación de bases muy alta, presencia de yeso, sales y/o sodio en los horizontes más profundos | Vertic Haplustolls | MQ10 | JRM3 | MQ10b, MQ10b1, MQ10c1 | 416,86 | 1,41% |
| | | | | Arenitas y lodolitas | Relieve ligeramente quebrado a Moderadamente escarpado, con pendientes fuertes y largas de grado 7-75%, afectado por erosión hídrica laminar moderada | Superficiales, bien a excesivamente drenados, texturas moderadamente gruesas y finas, ligera a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta | Typic Calciustepts Fino Typic Ustorthents FF | MQ11 | JRM1 SD1 | MQ11b1, MQ11b2, MQ11c1, MQ11c2, MQ11d1, MQ11d2, MQ11e1, MQ11e2 | 2.454,56 | 8,31% |
| | | | | Calizas | Relieve plano a moderadamente inclinado con pendientes 0-3-7-12% | Profundos, bien drenados, texturas gruesas, ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos y saturación de bases muy alta | Aridic Ustipsamments Typic Haplusteps | MQ12 | CA-20 SD27 | MQ12b, MQ12b1, MQ12b2, MQ12b3, MQ12c, MQ12c1, MQ12c2, MQ12c3, MQ12d, MQ12d1, MQ12d2, MQ12d3, MQ12d4 | 978,83 | 3,31% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Características de las formas | Características de los suelos | Taxonomía | UGMP | Perfil | Fases | Área ha UGMP | Área% UGMP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Limolitas, lodolitas, arenitas | Relieve ligeramente ondulado y fuertemente quebrado con pendientes 7-50%, afectado en amplios sectores por erosión hídrica | Superficiales y profundos, bien y moderadamente bien drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy fuertemente ácidos a neutros y saturación de bases muy alta, presencia de yeso, sales y/o sodio en los horizontes más profundos | Typic Haplustepts | MQ13 | SD33 | MQ13b1, MQ13b2, MQ13c, MQ13c1, MQ13c2, MQ13c3, MQ13d, MQ13d1, MQ13d2, MQ13d4, MQ13e1 | 1.230,39 | 4,17% |
| | | | | Lodolitas y arenitas | Relieve ligeramente quebrado a Moderadamente escarpado, con pendientes fuertes y largas de grado 7-75%, afectado por erosión hídrica laminar moderada | Moderadamente profundos, bien drenados, texturas finas a moderadamente gruesas, alcalinos debido a los altos contenidos de carbonatos de calcio y saturación de bases muy alta | Typic HaplusteptsVertic Haplustepts | MQ14 | A-41A-43 | MQ14b, MQ14b1, MQ14b2, MQ14b3, MQ14b4, MQ14c, MQ14c1, MQ14c2, MQ14c3, MQ14c4, MQ14d, MQ14d1, MQ14d2, MQ14d3 | 6.049,13 | 20,49% |
| | | Pediplano | Plano ondulado | Calizas | Relieve plano a moderadamente inclinado con pendientes 0-3-7-12% | la unidad está muy intervenida, existe una pista de karts que ocupa casi toda la unidad, el resto es centro vacacional | Typic Ustorthents Franca gruesa | MQ15 | CR36 | MQ15a1, MQ15a3, MQ15b, MQ15b1, MQ15b2, MQ15c1 | 167,08 | 0,57% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Características de las formas | Características de los suelos | Taxonomía | UGMP | Perfil | Fases | Área ha UGMP | Área% UGMP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Lodolitas y arenitas | Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Superficiales y muy superficiales, pobre a imperfectamente drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta, por sectores sales y sodio | Fluventic Haplustepts Aquic Hapluderts | MQ16 | A65 CA17 | MQ16a, MQ16a1, MQ16a2, MQ16a3, MQ16b, MQ16b1, MQ16b2, MQ16b3, MQ16c, MQ16c1, MQ16c3 | 1.743,29 | 5,90% |
| | Deposicional | Campo de dunas | Bajo | Detritos de origen eólico, compuestos por arenas finas, limos y arcillas | Relieve plano a moderadamente inclinado con pendientes 0-3-7-12% | corresponde a la laguna Sabana Larga las orillas son Ustorthents | Aridic Ustipsamments | MQ17 | Cuepo de agua | MQ17a1 | 22,54 | 0,08% |
| | | | Dunas | Detritos de origen eólico, compuestos por arenas finas, limos y arcillas | Relieve plano a moderadamente inclinado con pendientes 0-3-7-12% | Profundos, bien drenados, texturas gruesas, ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos y saturación de bases muy alta | Typic Ustipsamments | MQ18 | JR35 | MQ18a1, MQ18a2, MQ18b1, MQ18c, MQ18c1, MQ18d1, MQ18e1 | 545,36 | 1,85% |
| | | Depresión | Bajo | Depósitos de arenas medias, finas, limos y arcillas | Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Superficiales y muy superficiales, pobre a imperfectamente drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta, por sectores sales y sodio | Typic Endoaquents | MQ19 | O25 | MQ19a, MQ19a1, MQ19b, MQ19b1 | 378,77 | 1,28% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Características de las formas | Características de los suelos | Taxonomía | UGMP | Perfil | Fases | Área ha UGMP | Área% UGMP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Manto de arenas | Plano ondulado | Detritos de origen eólico, compuestos por arenas finas, limos y arcillas | Relieve plano a ligeramente inclinado con pendientes 0-3-7% y erosión hídrica moderada en algunos sectores | Profundos y superficiales, bien y pobremente drenados, texturas gruesas y finas, ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos y saturación de bases alta | Typic Ustorthents | MQ20 | JRM4 | MQ20a1, MQ20b, MQ20b1, MQ20b2, MQ20c, MQ20c1, MQ20c2, MQ20d1, MQ20d2 | 883,87 | 2,99% |
| | | Terraza fluviolacustre nivel 1 | Plano de terraza | Depósitos de arenas finas, arcillas | Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Superficiales y muy superficiales, pobre a imperfectamente drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta, por sectores sales y sodio | Udic Haplusterts Typic Ustorthents | MQ21 | CA-18 O22 | MQ21a, MQ21a1, MQ21a2, MQ21a3, MQ21b, MQ21b1, MQ21b2, MQ21b3, MQ21b4, MQ21c1 | 1.189,67 | 4,03% |
| | | Valle estrecho | Bajo | Depósitos de arenas, limos y arcillas | Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Superficiales, imperfectamente drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta, por sectores sales y sodio | Typic Endoaquents | MQ22 | O25 | MQ22a1, MQ22b1 | 13,12 | 0,04% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Características de las formas | Características de los suelos | Taxonomía | UGMP | Perfil | Fases | Área ha UGMP | Área% UGMP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Plano de terraza | Depósitos aluviales compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Superficiales, pobre a imperfectamente drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta, por sectores sales y sodio | Vertic Haplustepts | MQ23 | JRM10 | MQ23a1, MQ23a2, MQ23b1, MQ23b2 | 80,50 | 0,27% |
| | | | Plano de terraza 2 | Depósitos aluviales compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Superficiales y muy superficiales, pobre a imperfectamente drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta, por sectores sales y sodio | Vertic Haplustepts | MQ24 | JRM10 | MQ24a2, MQ24b2 | 42,19 | 0,14% |
| | | | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Superficiales y muy superficiales, pobre a imperfectamente drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta, por sectores sales y sodio | Typic Haplustolls | MQ25 | PO3 | MQ25a, MQ25a1, MQ25a3, MQ25b, MQ25b1, MQ25b2, MQ25b3, MQ25c, MQ25c1 | 425,42 | 1,44% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN**

| Paisaje geomorfológico | Ambiente morfogénico | Tipo de Relieve | Forma del Terreno | Litología | Características de las formas | Características de los suelos | Taxonomía | UGMP | Perfil | Fases | Área ha UGMP | Área% UGMP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Vallecito | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | Relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Superficiales y muy superficiales, pobre a imperfectamente drenados, texturas finas y moderadamente gruesas, muy ácidos a moderadamente alcalinos y saturación de bases muy alta, por sectores sales y sodio | Typic Haplustolls | MQ26 | PO3 | MQ26a, MQ26a1, MQ26a2, MQ26a3, MQ26b, MQ26b1, MQ26b2, MQ26b3, MQ26c, MQ26c1, MQ26c2, MQ26c3, MQ26d, MQ26d1, MQ26d2 | 1.189,22 | 4,03% |
| Planicie | Deposicional | Plano de marea | Cordón litoral | Depósitos de detritos marinos y aluviales, arenas | Relieve plano a moderadamente inclinado con pendientes 0-3-7-12% | Profundos, bien drenados, texturas gruesas, ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos y saturación de bases muy alta | Typic Psammaquents | MQ27 | JRM8 | MQ27a, MQ27a1 | 53,63 | 0,18% |
| | | | Laguna costera | Depósitos de limos y arcillas | | | | MQ28 | Ciénaga Mallorquín zona urbana | MQ28a1 | 17,78 | 0,06% |
| | | | Marisma | Detritos de arenas finas, lodos, arcillas | Playones de relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Arenas saturadas permanentemente con agua y ricas en sales y sodio | Typic Psammaquents | MQ29 | JRM8 | MQ29a1 | 266,95 | 0,90% |
| | | Terraza fluviomarina nivel 1 | Bajo | Depósitos de arenas medias, finas, limos y arcillas | Playones de relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Arenas saturadas permanentemente con agua y ricas en sales y sodio | Typic Psammaquents | MQ30 | JRM6 | MQ30a1, MQ30b1 | 36,50 | 0,12% |
| | | | Plano de terraza | Detritos de arenas y limos | Playones de relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Arenas saturadas permanentemente con agua y ricas en sales y sodio | Aquí Haplusterts | MQ31 | JRM5 | MQ31a, MQ31a1, MQ31a2 | 126,04 | 0,43% |
| | | Vallecito | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, | Playones de relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Arenas saturadas permanentemente con agua y ricas en sales y sodio | Typic Psammaquents | MQ33 | | MQ33a1 | 15,09 | 0,05% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| LEYENDA GEOMORFOPEDOLÓGICA CUENCA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN ARROYOS GRANDE Y LEÓN | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Paisaje geomorfológico** | **Ambiente morfogénico** | **Tipo de Relieve** | **Forma del Terreno** | **Litología** | **Características de las formas** | **Características de los suelos** | **Taxonomía** | **UGMP** | **Perfil** | **Fases** | **Área ha UGMP** | **Área% UGMP** |
| | | | | gravas, arenas y limos | | | | | | | | |
| | | Plano de inundación | Vega | Depósitos aluviales sin consolidar compuestos por cantos, gravas, arenas y limos | Playones de relieve plano a ligeramente plano con pendientes 0-3% | Arenas saturadas permanentemente con agua y ricas en sales y sodio | Typic Psammaquents | MQ34 | Bocas de ceniza 1 POLIGONO | MQ34a1 | 1,07 | 0,00% |
| Aeropuertos, CA, Canales, Instalaciones recreativas, Minería, Obras hidráulicas, Vías, Zonas de disposición de residuos, Zonas industriales o comerciales, ZU | | | | | | | | | | | 8.120,43 | 27,50% |
| **Total, general** | | | | | | | | | | | 29.527,62 | 100,00% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Con la aclaración anterior, se determinaron los sitios para colectar las muestras del perfil representativo o dominante para ser enviadas al laboratorio, la ubicación de dichos perfiles se puede apreciar en la Tabla 11.7 y su localización dentro de la cuenca en la Figura 11.6.

La leyenda geomorfopedológica se encuentran en:

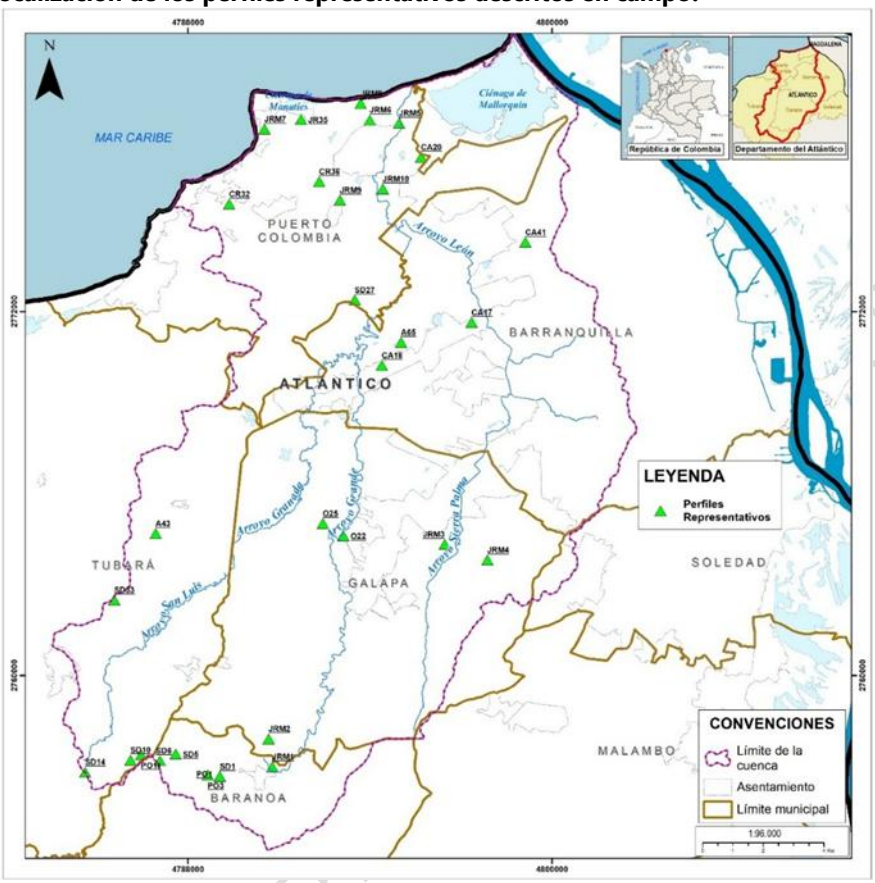
Anexo4_Leyenda_Geomorfopedologica.

**Tabla 11.7. Perfiles representativos recolectados dentro de la cuenca.**

| NUMERACIÓN | PERFIL REPRESENTATIVO | COORDENADA X | COORDENADA Y |
|---|---|---|---|
| 1 | SD6 | 4787073,72 | 2757198,301 |
| 2 | SD33 | 4785570,725 | 2762496,801 |
| 3 | SD27 | 4793493,703 | 2772375,583 |
| 4 | SD1 | 4789050,164 | 2756677,961 |
| 5 | PO3 | 4788655,158 | 2756729,017 |
| 6 | PO1 | 4789049,134 | 2756691,407 |
| 7 | O22 | 4793126,411 | 2764609,809 |
| 8 | O25 | 4792446,446 | 2765013,23 |
| 9 | JRM5 | 4794956,563 | 2778200,716 |
| 10 | JRM4 | 4797869,045 | 2763815,662 |
| 11 | JRM3 | 4796459,218 | 2764321,528 |
| 12 | JRM1 | 4790782,885 | 2756998,051 |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - NO DE PUBLICIDAD

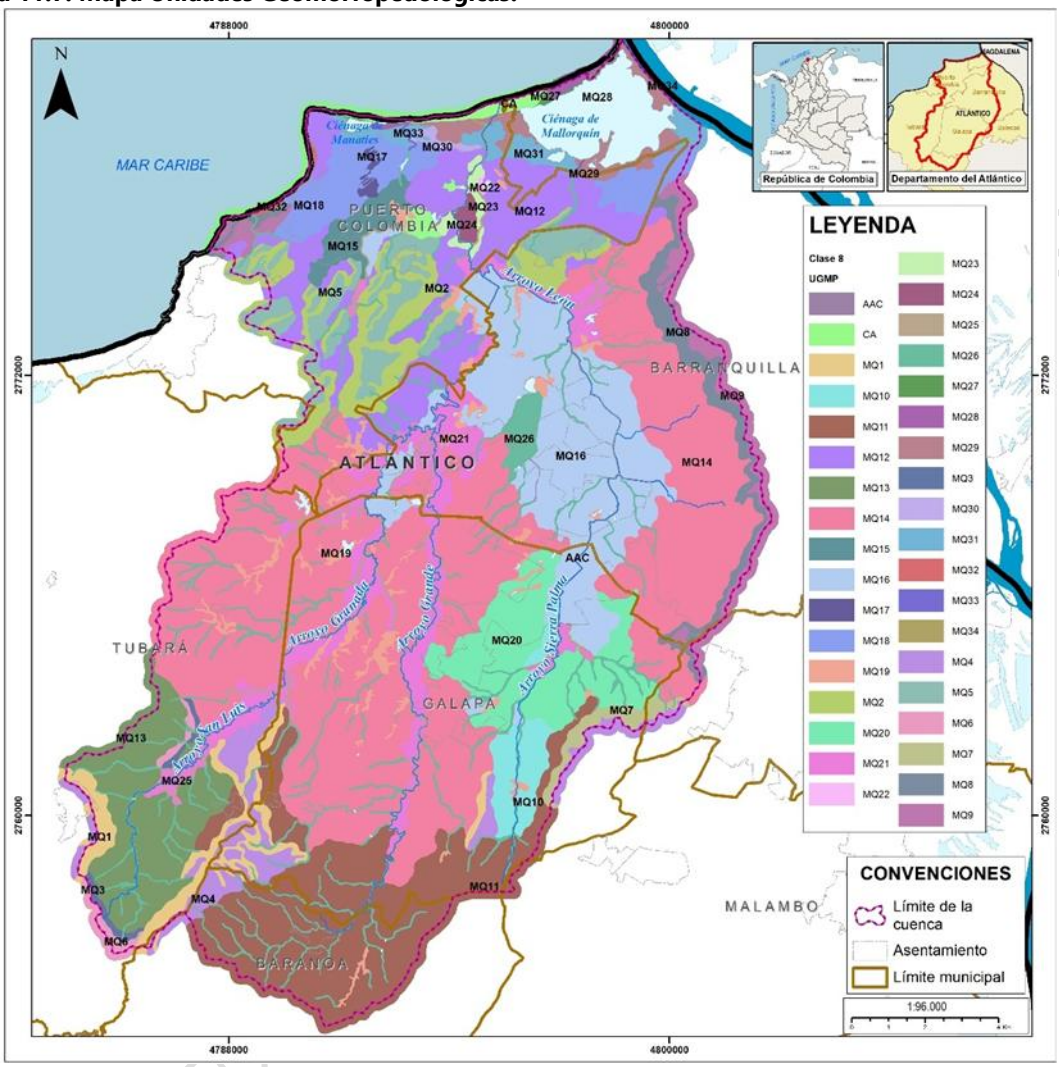
**Figura 11.6. Localización de los perfiles representativos descritos en campo.**




Luego de ser ubicado cada perfil dominante en su respectiva unidad se procedió a complementar la leyenda geomorfopedológica, la cual se puede apreciar en el Anexo4_Leyenda_Geomorfopedologica y se lograron determinar las características tanto físicas como químicas de cada unidad y obtener una representación cartográfica a escala 1:25.000 ajustada a los requerimientos metodológicos exigidos, lo que se puede apreciar en la Figura 11.7.

DOCUMENTO NO DE... CIDAD

**Figura 11.7. Mapa Unidades Geomorfopedológicas.**




Los resultados de laboratorio se encuentran en:

Anexo2_Resultados_Laboratorio.

La descripción de los perfiles representativos se encuentra en:

Anexo1_Perfiles_Representativos_Suelos.

En esta etapa se realizó la clasificación de las tierras por su capacidad de uso, la cual se basa en las limitantes que presentaron los suelos en las diferentes descripciones que se realizaron durante la etapa de campo y que se consolidan con los resultados de laboratorio.

DOCUMENTO

La capacidad de uso de las tierras, además de determinar la potencialidad para actividades agropecuarias y forestales con base en la identificación y el análisis de las características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas particularmente de aquellas que fungen como limitaciones de los suelos y de factores como el clima y la topografía que también pueden influir en la utilización del componente suelo, se utiliza para definir áreas en las que su condición de deterioro y/o de vulnerabilidad ante la acción de los factores ambientales y la actividad del hombre, exige medidas adicionales para la conservación y/o recuperación de la naturaleza.

**11.3.3.3. *El sistema de clasificación***

El sistema de clasificación de las tierras por su capacidad de uso comprende tres categorías: clases, subclases y grupos de capacidad.

Las clases son ocho y se designan con números arábigos del 1 al 8; esta numeración señala el aumento progresivo de las limitaciones de las tierras. Cada clase agrupa suelos con el mismo grado de limitaciones y con similares cualidades (fortalezas) para la producción agropecuaria y forestal; la agrupación está relacionada también con la factibilidad de mecanización y con el requerimiento de prácticas de manejo para alcanzar el desarrollo sostenible en la producción de alimentos, fibras, productos forestales y bioenergía.

Las subclases especifican las principales limitantes en cada una de las clases, lo que significa que esta unidad agrologica agrupa tierras con los mismos problemas los que, de acuerdo con su importancia, aparecen en el símbolo cartográfico en el siguiente orden: pendiente (p), erosión (e), exceso de humedad (h), limitaciones en la zona de anclaje y desarrollo de raíces (s) y clima extremo (c).

Los subgrupos de capacidad corresponden a subdivisiones de las subclases que reúnen suelos que pueden dedicarse a los mismos cultivos con prácticas similares de labranza; en este punto es necesario anotar que, de acuerdo con los requerimientos de los planes de ordenación de las cuencas hidrográficas, el criterio utilizado para crear grupos de manejo es la condición climática.

Para lograr calificar la capacidad a cada unidad geomorfopedológica se siguieron los siguientes pasos

- Selección de los perfiles representativos de suelo con los componentes taxonómicos de cada unidad geomorfopedológica de suelo.
- Aplicación de la metodología IGAC 2021 con las características de evaluación respectiva, erosión, grado de pendiente, textura, profundidad efectiva, pedregosidad superficial y dentro del suelo, rocosidad, inundabilidad, fertilidad, saturación de

DOCUMENTO DEFINITIVO – APTO PARA PUBLICIDAD

aluminio, acidez y alcalinidad, drenaje, y clima a cada uno de los suelos representativos que componen las unidades geomorfopedológicas.
- Establecimiento de las subclases según el grado y el número de limitaciones.
- Determinación de los grupos de capacidad con base en las limitaciones específicas y sus respectivos grados de limitación.
- Elaboración de la leyenda de clasificación por capacidad de uso de las tierras, la cual está organizada de tal manera que en la primera columna van las tierras con mayor capacidad hasta la más limitada para el uso, posteriormente se involucran las subclases, de acuerdo con los factores limitantes (p, e, h, s, c) y posteriormente los grupos de manejo, en orden creciente de numeración arábiga.

Para poder identificar sobre la cartografía cada unidad de capacidad, metodológicamente se utilizan símbolos conformados por números arábigos y letras minúsculas, como se mencionó al inicio, para designar la clase se utilizan números arábigos del 1 al 8, para las subclases se utilizan letras minúsculas y para el grupo de capacidad nuevamente números arábigos que van desde el 1 hasta la cantidad de grupos que se requieran.

De esta manera en la cartografía y en el informe se verán símbolos de la siguiente manera:

**4psc-1**

**4**: Corresponde a la clase.
**psc**: Corresponde a la subclase con limitaciones por pendiente (p), suelos (s) y clima.
1: Corresponde al grupo de capacidad.

### 11.3.3.4. *Factores que limitan la capacidad de uso de las tierras*

El desarrollo pleno del recurso suelo en la Cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León está limitado por factores tales como la inclinación del terreno, la falta de humedad ambiental al estar en clima seco y la presencia de algunos sectores con abundante contenido de arena.

A continuación, se ilustra cómo influye cada factor en la calificación de capacidad de uso de las tierras, como primera entrada en la Tabla 11.8 se muestra la calificación de acuerdo con la pendiente; en la Tabla 11.9, se aprecia la calificación de acuerdo con la presencia de procesos erosivos, en la Tabla 11.10 se puede ver cómo se califica de acuerdo con el drenaje que presenta el suelo, con respecto a las propiedades físicas del suelo, en la Tabla 11.11 se aprecia la calificación para propiedades como la profundidad efectiva y los fragmentos en el suelo, en la Tabla 11.12 se aprecia la calificación para pedregosidad superficial y afloramientos rocosos, finalmente en la Tabla 11.13 se aprecia la calificación para una de las propiedades químicas y que tiene que ver con la fertilidad natural.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 11.8. Calificación de acuerdo con la pendiente.**

| Si la pendiente es | La clase es |
|---|---|
| <3% | Clase 1 |
| 3-7% | Clase 2 o 5 |
| 7-12% | Clase 3 |
| 12-25% | Clase 4 |
| 25-50% | Clase 6 |
| 50-75% | Clase 7 |
| >75% | Clase 8 |

Fuente: Adaptado de IGAC, 2013

**Tabla 11.9. Calificación de acuerdo con la erosión del suelo.**

| Si la erosión es | La clase es |
|---|---|
| Sin erosión | Clase 1 |
| Ligera | Clases 2, 3 o 5 |
| Moderada | Clase 4 o 6 |
| Severa | Clase 7 |
| Muy severa | Clase 8 |

Fuente: Adaptado de IGAC, 2013

**Tabla 11.10. Calificación de acuerdo con el drenaje del suelo.**

| Si el drenaje es | La clase es |
|---|---|
| Bien drenado | Clase 1 |
| Moderado | Clase 2 |
| Imperfecto | Clase 3 |
| Pobre | Clase 4 |
| Excesivo o muy pobre | Clases 6 o 7 |
| Cualquier drenaje | Clases 5 o 8 |

Fuente: Adaptado de IGAC, 2013

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 11.11. Calificación de acuerdo con la profundidad efectiva y los fragmentos en el suelo.**

| Si la profundidad efectiva es | La clase es | Si los fragmentos en el suelo son | La clase es |
|---|---|---|---|
| >100 cm | Clase 1 | <3% | Clase 1 o 2 |
| >75 pero <100 cm | Clase 2 | 3-15% | Clase 3 o 5 |
| >50 pero <75 cm | Clase 3 | 15-35% | Clase 4 |
| >25 pero <50 | Clase 4 | 35-60% | Clase 6 |
| <25 cm | Clase 6 | >60% | Clase 7 |

Fuente: Adaptado de IGAC, 2013

**Tabla 11.12. Calificación de acuerdo con la pedregosidad y los afloramientos rocosos.**

| Si la pedregosidad superficial es | La clase es | Si los afloramientos rocosos son | La clase es |
|---|---|---|---|
| <0,1% | Clase 1 o 2 | <0,1% | Clase 1 |
| 1-3% | Clase 3 | 0,1-2% | Clase 2 o 5 |
| 3-15% | Clase 4 o 5 | 2-10% | Clase 3 |
| 15-50% | Clase 6 | 10-25% | Clase 4 |
| 50-90% | Clase 7 | 25-50% | Clase 6 |
| >90% | Clase 8 | 50-90% | Clase 7 |
| | | >90% | Clase 8 |

Fuente: Adaptado de IGAC, 2013

**Tabla 11.13. Calificación de acuerdo con las condiciones químicas de los suelos.**

| Si la fertilidad es | La clase es |
|---|---|
| **Media** | Clase 1 o 2 |
| **Baja** | Clase 3 |
| **Muy baja** | Clase 4 |

Fuente: Adaptado de IGAC, 2013

En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León las principales limitantes que afectan el uso de los suelos son los procesos erosivos y en algunos sectores los altos contenidos de sodio, en la parte sur de la cuenca se encuentran algunos sectores fuertemente inclinados que también limitan el uso.

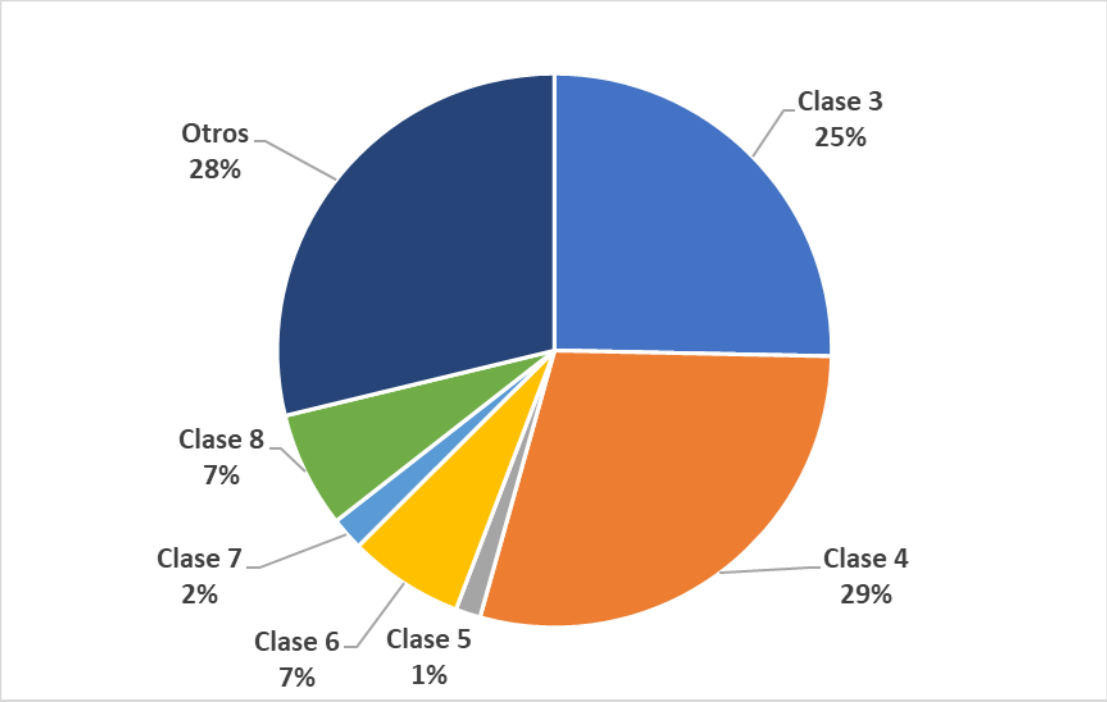
### 11.3.3.5. *Clases y subclases*

La definición de la capacidad de uso de las tierras de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León señaló la existencia de las clases agrologicas 3, 4, 5, 6, 7 y 8 las cuales, presentan las aptitudes generales que a continuación se definen para cada uno de los grupos de capacidad; en la Figura 11.9 se muestra la distribución porcentual de cada una de ellas y en la Figura 11.8 la distribución espacial de cada clase dentro de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

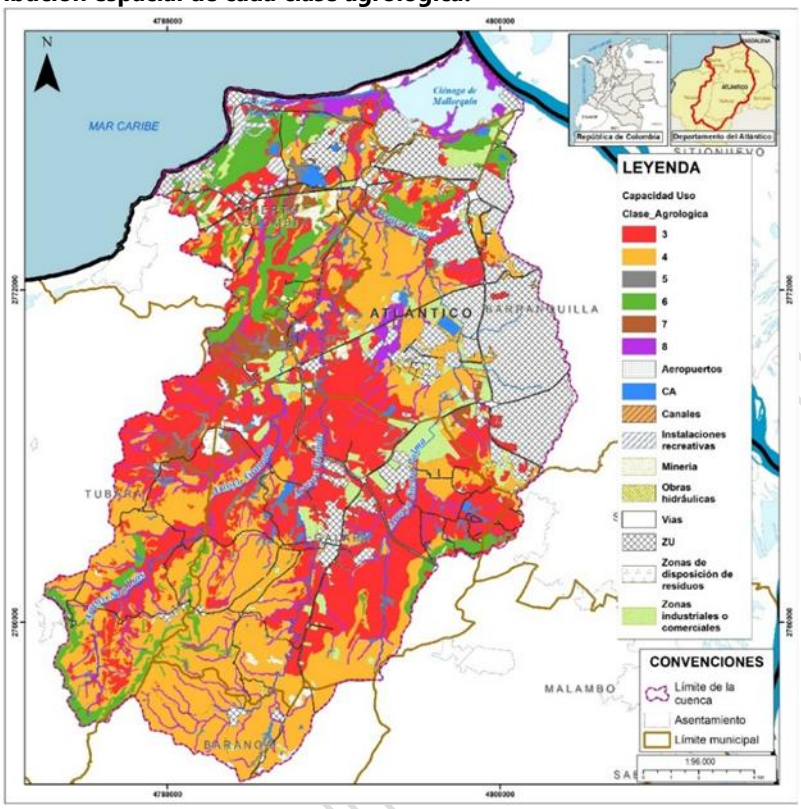
Para lograr una adecuada clasificación de la capacidad de uso de las tierras es preciso identificar las limitaciones de los suelos (internas y externas) que afectan, de alguna manera, su uso, haciendo énfasis en aquellas que aparecen en la sección del perfil en la que ocurren el anclaje y el desarrollo de las raíces de las plantas (limitación s a nivel de subclase); para esto se calificaron cada una de las Unidades de Suelos reconocidas en la leyenda geomorfopedológica con todas sus fases de acuerdo con las especificaciones del Manual que para tal efecto elaboró y utiliza oficialmente el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2021).

**Figura 11.8. Distribución porcentual de las clases agrologicas.**




DOCUMENTO

**Figura 11.9. Distribución espacial de cada clase agrológica.**




De acuerdo con la metodología de capacidad de uso de las tierras del IGAC (2021) Las clases se reúnen en tres (3) grandes grupos:

- **Tierras con capacidad para utilizarse en agricultura y ganadería tecnificada de tipo intensivo y semi intensivo**

a. Clase 3: Con cultivos transitorios intensivos y ganadería semi intensiva: ocupa el 25% del área total de la cuenca.
b. Clase 4: Con cultivos transitorios semi intensivos y ganadería extensiva: es el 29% del área total de la cuenca.

- **Tierras que pueden utilizarse en forma restringida, en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y/o forestales**

a. Clase 5: Con cultivos de ciclo corto y conservación de la vegetación nativa: cubre el 1% del área total de la cuenca.
b. Clase 6: corresponde al 7% del área total de la cuenca.
c. Clase 7: es el 2% del área total de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - PUBLICIDAD

- **Tierras que deben utilizarse sólo en preservación, conservación y ecoturismo**

a. Clase 8: corresponde al 7% del área total de la cuenca.

Las áreas ocupadas por cuerpos de agua, instalaciones recreativas, minería, obras hidráulicas, parques cementerio, zonas industriales, comerciales, zonas Urbanas, corresponden al 28% del área total de la cuenca.

Dado que el territorio de la cuenca estudiada involucra parte de los municipios de Soledad, Barranquilla, Galapa, Puerto Colombia, Tubará y Baranoa, es pertinente relacionar, como se puede apreciar en la Tabla 11.14, las áreas que ocupa cada una de las clases agrologicas identificadas dentro de los límites políticos municipales.

Para facilitar la comprensión del contenido de la descripción de las unidades de capacidad de uso de las tierras de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se ha elaborado la Tabla 11.15 en la que se señalan las unidades geomorfopedológicas y su correspondiente clasificación de capacidad de uso y posteriormente en otra columna se puede apreciar cómo se convierte la capacidad en unidades de usos propuesta de acuerdo con la guía metodológica de POMCAS; para realizar este procedimiento fueron tenidas en cuenta las características de los suelos así como los limitantes de uso que direccionan y justificación la clasificación agrológica de las tierras.

De acuerdo con lo expresado en el párrafo anterior, a cada grupo de capacidad se le asigna un uso general con el cual se considera que los suelos no sufrirán deterioro y seguirán generando ingresos para sus propietarios; a manera de ejemplo y para una mayor comprensión se tiene que los suelos de la clase 3 son aquellos que se pueden utilizar de una manera intensiva en actividades agropecuarias, a medida que, la clase sube de calificación los usos serán más limitados en su forma de utilización.

La leyenda capacidad de usos se encuentran en:

Anexo5_Leyenda_Capacidad_Uso_Tierras

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 11.14. Tabla Distribución clases agrologicas a nivel municipal.**

| MUNICIPIO | CLASES AGROLOGICAS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Baranoa | 1,14 | 1.336,90 | 8,08 | 4,45 | | 133,42 |
| Barranquilla | 1.369,68 | 1.727,21 | 74,99 | 222,74 | 81,57 | 603,81 |
| Galapa | 3.987,44 | 2.818,21 | 136,78 | 222,28 | 33,18 | 575,66 |
| Puerto Colombia | 1.150,10 | 715,84 | 158,16 | 1.170,84 | 308,44 | 332,17 |
| Soledad | 90,28 | 18,32 | | 34,20 | | 5,01 |
| Tubará | 1.477,05 | 1.742,58 | 50,39 | 403,37 | 94,54 | 302,05 |

**Tabla 11.15. Leyenda Capacidad de uso de las tierras.**

| CLASE | SUBCLASE | GRUPO DE CAPACIDAD | UNIDAD GEOMORFOPEDOLÓGICA | LIMITANTES PARA EL USO | USO PRINCIPAL PROPUESTO | SÍMBOLO | ÁREA ha | ÁREA % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 3c | 3c-1 | MQ12b, MQ14b | Clima cálido seco, distribución de las lluvias | Cultivos transitorios intensivos | CTI | 7479,72 | 25% |
| | | 3c-2 | MQ12b1, MQ14b1, MQ17a1 | Clima cálido seco, distribución de las lluvias | Cultivos permanentes intensivos | CPI | | |
| | 3hsc | 3hsc-1 | MQ31a, MQ31a1 | Drenaje imperfecto, texturas finas y Clima cálido seco, distribución de las lluvias | Cultivos permanentes semi-intensivos | CPS | | |
| | 3pc | 3pc-1 | MQ12c, MQ12c1, MQ14c, MQ14c1 | Pendiente (7-12%) y Clima cálido seco, | Cultivos permanentes semi-intensivos | CPS | | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| CLASE | SUBCLASE | GRUPO DE CAPACIDAD | UNIDAD GEOMORFOPEDOLÓGICA | LIMITANTES PARA EL USO | USO PRINCIPAL PROPUESTO | SÍMBOLO | ÁREA ha | ÁREA % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | distribución de las lluvias | | | | |
| | 3psc | 3psc-1 | MQ10c1, MQ13c, MQ13c1, MQ15c1, MQ20c, MQ20c1, MQ21c1, MQ4c, MQ4c1, MQ5c, MQ5c1 | Pendiente (7-12%), texturas moderadamente gruesas y Clima cálido seco, distribución de las lluvias | Cultivos permanentes semi-intensivos | CPS | | |
| | 3sc | 3sc-1 | MQ10b1, MQ13b1, MQ15a1, MQ15b, MQ15b1, MQ20a1, MQ20b, MQ20b1, MQ21a, MQ21a1, MQ21b, MQ21b1, MQ23a1, MQ23b1, MQ5b, MQ5b1 | Texturas moderadamente gruesas y Clima cálido seco, distribución de las lluvias | Cultivos permanentes intensivos | CPI | | |
| 4 | 4e | 4e-1 | MQ10c2, MQ11c2, MQ12b2, MQ12c2, MQ13b2, MQ13c2, MQ14b2, MQ14c2, MQ15b2, MQ20b2, MQ20c2, MQ21a2, MQ21b2, MQ23a2, MQ23b2, MQ24a2, MQ24b2, MQ31a2, MQ4c2, MQ8b2, MQ8c2, MQ9b2, MQ9c2 | Erosión moderada | Sistemas agrosilvícolas | AGS | 8.564,23 | 29% |
| | 4es | 4es-1 | MQ11b2, MQ11c2, MQ16a2, MQ16b2 | Erosión moderada, profundidad efectiva superficial | Sistemas silvopastoriles | SPA | | |
| | 4p | 4p-1 | MQ12d, MQ12d1, MQ13d, MQ13d1, MQ14d, MQ14d1, MQ1d, MQ1d1, MQ20d1, MQ4d, MQ4d1, MQ5d, MQ5d1 | Pendiente 12-25% | Cultivos permanentes semi-intensivos | CPS | | |
| | 4pe | 4pe-1 | MQ12d2, MQ13d2, MQ14d2, MQ20d2, MQ5d2, MQ8d2 | Pendiente 12-25%, erosión moderada | Sistemas agrosilvícolas | AGS | | |

DOCUMENTO EN DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| CLASE | SUBCLASE | GRUPO DE CAPACIDAD | UNIDAD GEOMORFOPEDOLÓGICA | LIMITANTES PARA EL USO | USO PRINCIPAL PROPUESTO | SÍMBOLO | ÁREA ha | ÁREA % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4pes | 4pes-1 | MQ11d2 | Pendiente 12-25%, erosión moderada, profundidad efectiva superficial | Sistemas agrosilvícolas | AGS | | |
| | 4ps | 4ps-1 | MQ11d1 | Pendiente 12-25%, profundidad efectiva superficial | Cultivos permanentes semi-intensivos | CPS | | |
| | 4s | 4s-1 | MQ10b1, MQ11b1, MQ11c1, MQ12c, MQ14b, MQ14b1, MQ14c, MQ14c1, MQ16a, MQ16a1, MQ16b, MQ16b1, MQ16c1, MQ20b, MQ20b1, MQ20c1, MQ21a1, MQ21b, MQ21b1, MQ5b, MQ5c | Profundidad efectiva superficial | Cultivos transitorios semi-intensivos | CTS | | |
| 5 | 5hs | 5hs-1 | MQ19a, MQ19a1, MQ19b, MQ19b1, MQ22a1, MQ22b1, MQ30a1, MQ30b1 | Drenaje muy pobre, inundaciones frecuentes y largas, profundidad efectiva muy superficial | Pastoreo extensivo | PEX | 428,39 | 1% |
| 6 | 6es | 6es-1 | MQ18a2, MQ2d2, MQ3d2. MQ6c2, MQ6d2 | Erosión moderada, texturas gruesas (arenosa) | Sistemas agrosilvícolas | AGS | 1.988,14 | 7% |
| | 6p | 6p-1 | MQ11e1, MQ13e1, MQ1e, MQ1e1, MQ4e1, MQ5e1 | Pendiente 25-50% | Sistemas agrosilvícolas | AGS | | |
| | 6pe | 6pe-1 | MQ11e2, MQ1e2 | Pendiente 25-50% y erosión de grado moderado | Sistemas agrosilvícolas | AGS | | |
| | 6pes | 6pes-1 | MQ3e2 | Pendiente 25-50% y erosión de grado moderado, texturas gruesas (arenosa) | Sistemas agrosilvícolas | AGS | | |
| | 6ps | 6ps-1 | MQ18e1, MQ2e, MQ2e1, MQ3e1, MQ6e1 | Pendiente 25-50% y texturas gruesas (arenosa) | Sistemas agrosilvícolas | AGS | | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| CLASE | SUBCLASE | GRUPO DE CAPACIDAD | UNIDAD GEOMORFOPEDOLÓGICA | LIMITANTES PARA EL USO | USO PRINCIPAL PROPUESTO | SÍMBOLO | ÁREA ha | ÁREA % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6s | 6s-1 | MQ18a1, MQ18b1, MQ18c, MQ18c1, MQ18d1, MQ2d, MQ2d1, MQ3d1, MQ6c1, MQ6d1, MQ7b1, MQ7c1, MQ7d1, MQ8d, MQ9b1, MQ9c, MQ9c1 | Texturas gruesas (arenosa) | Pastoreo extensivo | PEX | | |
| 7 | 7e | 7e-1. | MQ12b3, MQ12c3, MQ12d3, MQ13c3, MQ14b3, MQ14c3, MQ14d3, MQ15a3, MQ16a3, MQ16b3, MQ16c3, MQ20b3, MQ21a3, MQ21b3, MQ2d3, MQ5b3, MQ5c3, MQ5d3, MQ8c3 | Erosión Severa | Sistemas forestales protectores | FPR | 568,30 | 2% |
| | 7p | 7p-1 | MQ1f1 | Pendiente 50-75% | Sistemas forestales protectores | FPR | | |
| 8 | 8hs | 8hs-1 | MQ25a, MQ25a1, MQ25a3, MQ25b, MQ25b1, MQ25b2, MQ25b3, MQ25c, MQ25c1, MQ26a, MQ26a1, MQ26a2, MQ26a3, MQ26b, MQ26b1, MQ26b2, MQ26b3, MQ26c, MQ26c1, MQ26c2, MQ26c3, MQ26d, MQ26d1, MQ26d2, MQ27a, MQ27a1, MQ28a1, MQ29a1, MQ31a, MQ33a1, MQ34a1 | Drenaje muy pobre, inundaciones frecuentes, muy largas, profundidad efectiva muy superficial, texturas gruesas (arenosa) | Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación | CRE | 2.001,18 | 7% |
| | 8e | 8e-1 | MQ12d4, MQ13d4, MQ14b4, MQ14c4, MQ21b4, MQ8c4 | Erosión en grado muy severo | | | | |
| Aeropuertos, CA, Canales, Instalaciones recreativas, Minería, Obras hidráulicas, Vías, Zonas de disposición de residuos, Zonas industriales o comerciales, ZU | | | | | | | 8.497,65 | 29% |
| **Total, General** | | | | | | | 29.527,62 | 100% |

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| CLASE | SUBCLASE | GRUPO DE CAPACIDAD | UNIDAD GEOMORFOPEDOLÓGICA | LIMITANTES PARA EL USO | USO PRINCIPAL PROPUESTO | SÍMBOLO | ÁREA ha | ÁREA % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *NOTA: El clima ambiental para la cuenca es Cálido Seco* | | | | | | | | |

**11.3.3.5.1.** ***Tierras aptas para agricultura y ganadería con cultivos transitorios intensivos, semi-intensivos y ganadería semi-intensivos, clase 3.***

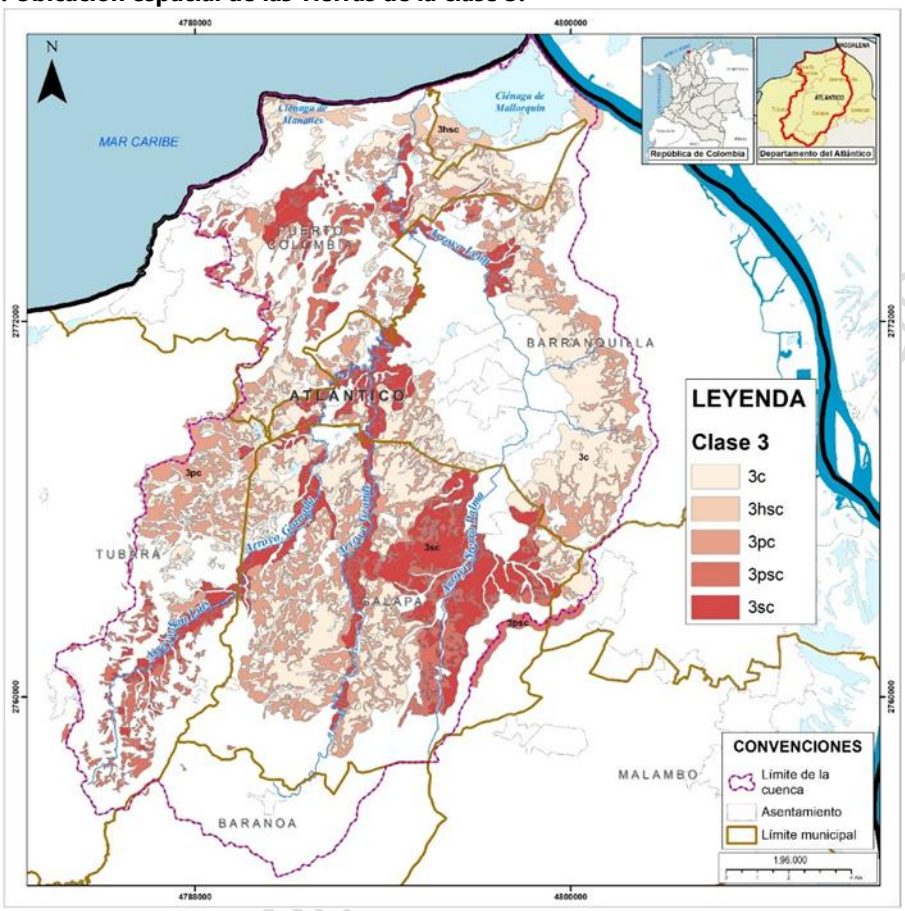
Las tierras de la clase 3 se encuentran ubicadas en el paisaje de lomerío, en los tipos de relieve de crestón, loma, pediplano y vallecito en condiciones de clima cálido seco.

Son aptas para usos agropecuarios intensivos; sin embargo, debe estar acompañado por un manejo agronómico específico, debido a que generalmente son sometidas en la cuenca a agricultura y ganadería con prácticas inadecuadas, lo que incrementa el riesgo de degradación de los suelos.

Dentro de la cuenca el área total que ocupa esta clase agrológica es de 7.479,72 Hectáreas, las que corresponden al 25% del total, en la Figura 11.10 se puede apreciar la distribución espacial de esta clase dentro de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.10. Ubicación espacial de las Tierras de la clase 3.**




La clase tres se divide en cinco subclases que corresponden a la 3c, 3hsc, 3pc, 3psc, 3sc; a continuación, se describen las diferentes subclases y sus respectivos grupos de capacidad.

❖ *Subclase 3c.*

La principal limitante que restringe el uso de estas tierras en condiciones naturales es el desbalance entre la precipitación y la evapotranspiración, lo que se traduce en déficit de humedad en algunos meses del año. La capacidad productiva se ve afectada en menor grado de intensidad por las pendientes moderadas (3-7%) y la baja retención de humedad.

➢ *grupo de capacidad 3c-1*

Estas tierras que se presentan en clima cálido seco tienen pendientes ligeramente planas a moderadamente inclinadas, los suelos son moderadamente profundos y profundos, con texturas medias a moderadamente gruesas, bien drenados, con baja retención de humedad relación calcio-magnesio (Ca-Mg) normal, la reacción del suelo varía desde ligera hasta fuertemente alcalina y la fertilidad de moderada a muy alta;

DOCUMENTO TIPO DE

Se presentan en el paisaje de lomerío en las lomas y laderas, en relieve plano y moderadamente inclinado con pendientes 0-3% y 3-7%, en el clima cálido seco, está integrada por los suelos de las unidades MQ12b, MQ14b.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con el clima ya que se encuentran en un régimen seco y el déficit de lluvias impide el uso en ciertas épocas del año salvo que se pueda disponer de sistemas adecuados de riego.

Son tierras aptas para establecer cultivos transitorios intensivos (CTI). Requieren prácticas de manejo tales como fertilización según el tipo de cultivo, labranza reducida en condiciones óptimas de humedad de los suelos y riego suplementario en los períodos secos.

➢ *grupo de capacidad 3c-2*

Estas tierras que se presentan en clima cálido seco tienen pendientes ligeramente planas a moderadamente inclinadas, los suelos son moderadamente profundos y profundos, con texturas medias a moderadamente gruesas, bien drenados, con baja retención de humedad relación calcio-magnesio (Ca-Mg) normal, la reacción del suelo varía desde ligera hasta fuertemente alcalina y la fertilidad de moderada a muy alta;

Se presentan en el paisaje de lomerío en las lomas y laderas, en relieve plano y moderadamente inclinado con pendientes 0-3% y 3-7%, en el clima cálido seco, está integrada por los suelos de las unidades MQ12b1, MQ14b1, MQ17a1.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con el clima ya que se encuentran en un régimen seco y el déficit de lluvias impide el uso en ciertas épocas del año salvo que se pueda disponer de sistemas adecuados de riego.

Por tener procesos erosivos de grado ligero se recomienda que estas tierras sean dedicadas para establecer cultivos permanentes intensivos (CPI). Requieren prácticas de manejo tales como fertilización según el tipo de cultivo, labranza reducida en condiciones óptimas de humedad de los suelos y riego suplementario en los períodos secos.

❖ *Subclase 3hsc.*

Las principales limitantes que restringen el uso de los suelos son inundaciones ocasionales debido a las crecientes momentáneas que hacen que los suelos sean imperfectamente drenados, la familia textural fina y lluvias deficientes en algunos meses del año.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

➢ *Grupo de capacidad 3hsc-1.*

Las tierras de este grupo de manejo están ubicadas en clima cálido seco y relieve plano a ligeramente inclinado con pendientes del 0 al 7%, localizadas en los planos de terraza del nivel 1 en la planicie fluviomarina.

Se presentan en las los planos de terraza en las unidades MQ31a, MQ31a1; sus limitantes principales para el uso son las inundaciones ocasionales que ocasionan un drenaje imperfecto y una profundidad efectiva limitada, texturas finas que no permiten buena infiltración.

Son tierras aptas para establecer cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) que combinen ganadería semi-intensiva, requieren prácticas de manejo tales como labranza mínima en condiciones óptimas de humedad de los suelos y fertilización según el tipo de cultivo

❖ *Subclase 3pc.*

Las tierras de la subclase 3pc presentan limitaciones de uso debido a las pendientes del terreno que varían del 7 al 12% y al déficit de lluvias estacional.

➢ *Grupo de capacidad 3pc-1.*

Pertenecen a este grupo de capacidad las tierras de clima cálido seco y relieve moderadamente inclinado con pendientes del 7 al 12%, localizadas en el paisaje de lomerío en las lomas y laderas, en relieve plano y moderadamente inclinado con pendientes 7-12%, está integrada por los suelos de las unidades MQ12c, MQ12c1, MQ14c, MQ14c1.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con la inclinación del terreno que corresponde a pendientes 7-12%, lo que se traduce en inconvenientes para el establecimiento de cultivos intensivos por la dificultad en la mecanización y el clima ya que se encuentran en un régimen seco lo que impide el uso agropecuario en ciertas épocas del año salvo que se pueda disponer de sistemas adecuados de riego.

Son tierras aptas para establecer cultivos permanentes semi-intensivos (CPS), requieren prácticas de manejo tales como fertilización acorde con el cultivo, labranza reducida en condiciones óptimas de humedad de los suelos y riego suplementario.

❖ *Subclase 3psc.*

Las tierras de la subclase 3psc presentan limitaciones de uso debido a las pendientes del terreno que varían del 7 al 12%, a las texturas moderadamente gruesas y debido al déficit de lluvias en algún período del año.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

➢ *Grupo de capacidad 3psc-1.*

Pertenecen a este grupo de capacidad las tierras de clima cálido seco y relieve moderadamente inclinado con pendientes del 7 al 12%, localizadas en el paisaje de lomerío, en los tipos de relieve de crestón y pediplano y en las formas de terreno de revés, loma y plano inclinado, está integrada por los suelos de las unidades MQ10c1, MQ13c, MQ13c1, MQ15c1, MQ20c, MQ20c1, MQ21c1, MQ4c, MQ4c1, MQ5c.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con la inclinación del terreno que corresponde a pendientes 7-12%, lo que se traduce en inconvenientes para el establecimiento de cultivos intensivos por la dificultad en la mecanización, a la presencia de familias texturales moderadamente gruesas que obligan a un adecuado manejo del riego por la rapidez en la infiltración y a la deficiencia de lluvias durante al menos una temporada en el año.

Son tierras aptas para establecer cultivos permanentes semi-intensivos (CPS), requieren prácticas de manejo tales como fertilización acorde con el cultivo, labranza reducida en condiciones óptimas de humedad de los suelos y riego suplementario.

❖ *Subclase 3sc.*

Esta subclase ocurre bajo condiciones de clima cálido seco, en pendientes ligeramente planas a ligeramente inclinadas. Los suelos son profundos y moderadamente profundos, de texturas moderadamente finas a finas, bien drenados, moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos y fertilidad moderada.

➢ *Grupo de capacidad 3sc-1.*

Pertenecen a este grupo de manejo los suelos de las unidades de MQ5c1, MQ10b, MQ10b1, MQ13b1, MQ15a1, MQ15b, MQ15b1, MQ20a1, MQ20b, MQ20b1, MQ21a, MQ21a1, MQ21b, MQ21b1, MQ23a1, MQ23b1, MQ5b, MQ5b1, localizada en el paisaje de lomerío, en los tipos de relieve de crestón, lomas, pediplano, mantos de arena y vallecitos, en las formas de terreno de revés, ladera, plano ondulado, terraza fluvio lacustre y vega; en clima cálido seco, con temperaturas medias de 24º C y precipitaciones medias anuales inferiores a los 1.500 mm.

Las limitantes principales para el uso son la profundidad efectiva moderada, las texturas gruesas y la deficiencia de lluvias.

Son tierras aptas para establecer cultivos permanentes intensivos (CPI), con cultivos como frutales, banano y palma de aceite. Otros usos posibles son la ganadería semi-intensiva con pastos mejorados, de corte y pastoreo, y las plantaciones forestales de producción. requieren prácticas de manejo tales como fertilización acorde con el cultivo, labranza

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

reducida en condiciones óptimas de humedad de los suelos y riego suplementario controlado.

**11.3.3.5.2.** ***Tierras aptas para cultivos transitorios semi-intensivos y ganadería, clase 4.***

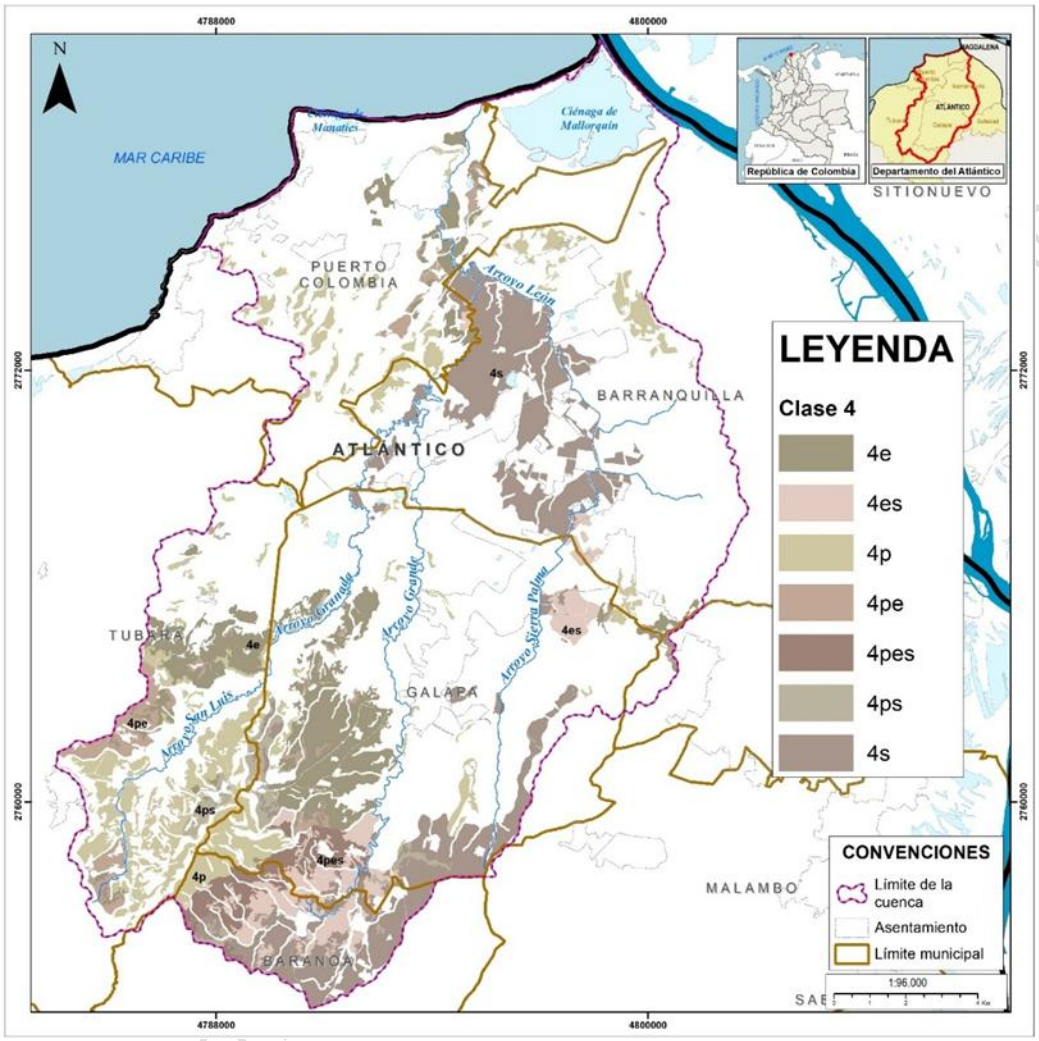
Las tierras de la clase 4 se encuentran localizadas en los paisajes de Lomerío y planicie, en clima cálido seco; el relieve es plano hasta fuertemente inclinado, con pendientes inferiores a 25%.

Las tierras de la clase 4 presentan limitaciones moderadas para su explotación económica que reducen la elección de cultivos agronómicos y requieren la implementación de sistemas de producción sostenibles con prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos, debido a problemas como la pendiente, la profundidad efectiva y los excesos de humedad por periodos no muy largos, por lo cual se determinaron subclases; Aun cuando algunas de las tierras agrupadas en esta clase son aptas para usos agrícolas semi-intensivos y explotación ganadera, estos usos deben llevarse a efecto mediante prácticas intensivas de conservación de suelos que mitiguen los problemas erosivos crecientes por las inadecuadas prácticas agronómicas.

Dentro de la cuenca, el área correspondiente a tierras de clase 4 es de 8.564,23 Ha, que corresponden al 29% del total del área; en la Figura 11.11 se aprecia la distribución de la clase en la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.11. Distribución de las Tierras de la clase 4 dentro de la cuenca.**




Las tierras de clase 4 dentro del área de la cuenca presentan las siguientes subclases y grupos de capacidad, 4e, 4p, 4ps y 4s, las cuales se describen a continuación.

❖ *Subclase 4e*

Esta subclase ocurre bajo condiciones de clima cálido seco, en pendientes ligeramente planas hasta ligeramente inclinadas. La principal limitante que presentan estas tierras está relacionada con la erosión actual moderada y la susceptibilidad a la erosión.

➢ *Grupo de capacidad 4e-1.*

Los suelos que conforman este grupo de tierras pertenecen a las unidades MQ14b2, MQ14c2, localizada en las laderas de las lomas del paisaje de lomerío, MQ15b2, MQ20b2, localizada en el plano ondulado del pediplano, MQ24a2, MQ24b2, localizado en el plano de

DOCUMENTO

terraza nivel 2 del valle estrecho, todos en el paisaje de lomerío, MQ12b2, MQ12c2, MQ13b2, MQ13c2, MQ20c2, MQ21a2, MQ21b2, MQ23a2, MQ23b2 MQ31a2, MQ4c2, MQ8b2, MQ8c2, MQ9b2, MQ9c2.

Estos suelos han evolucionado a partir de material calcáreo, lodolitas y sedimentos, bien drenados, de texturas medias a moderadamente gruesas, algunos presentan sales las cuales no son restrictivas, ligeramente ácidos a fuertemente alcalinos y fertilidad moderada.

La principal limitante de estos suelos es la erosión moderada y en menor grado de severidad el déficit de humedad en algunos meses del año.

Dado que la erosión es la limitante principal, el uso recomendado está enfocado a los sistemas agro silvícolas (AGS) cuyas prácticas de manejo deben ir dirigidas a la prevención, control y recuperación de los suelos erosionados; se sugieren entre otras las siguientes prácticas establecimiento de pasturas introducidas y mejoradas con pastos de corte exclusivamente; evitar el uso en ganadería extensiva con sobrepastoreo, realizar rotación de potreros, complementadas con la revegetalización natural o inducida de las áreas erosionadas y la implantación de barreras vivas.

❖ *Subclase 4es.*

Estas tierras ocurren bajo condiciones de clima cálido seco, en pendientes ligeramente planas hasta ligeramente inclinadas. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, de texturas finas, moderadamente finas, moderadamente gruesas y gruesas a veces con fragmentos de roca en el perfil; son bien drenados, con retención de humedad baja a media y de fertilidad baja a alta. Algunos suelos presentan pedregosidad superficial.

➢ *Grupo de capacidad 4es-1*

Las tierras de este grupo de manejo se ubican en clima cálido seco, con temperaturas medias de 24º C y precipitaciones medias anuales inferiores a los 1.000 mm.

Pertenecen a este grupo de manejo los suelos de las unidades MQ11b2, MQ11c2, MQ16a2, MQ16b2, localizadas en las laderas de las lomas del paisaje de lomerío y en los planos ondulados del relieve de pediplano en el paisaje de lomerío.

Las principales limitantes que restringen el uso de estas tierras son la erosión moderada, moderada, la profundidad efectiva que es en este caso superficial, moderados contenidos de piedra en la superficie, permeabilidad rápida por las texturas moderadamente gruesas, por lo que no son apropiadas, desde el punto de vista de la sostenibilidad y la competitividad, para desarrollar cultivos intensivos. En menor grado las deficientes lluvias en algunos meses del año también obran como limitación, lo mismo que la baja retención de humedad.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Las Tierras de este grupo son aptas para la implementación de sistemas silvopastoriles, (SPA) con el establecimiento de plantaciones forestales productoras-protectoras con especies nativas como dividivi, guayacán, manzano, olivo santo y forestales introducidos como teca, acacia, melina, cedro, mango, zapote, níspero, matarratón, nacedero, botón de oro, con pastos de corte elefante, pasto morado, imperial y maralfalfa, o pastos de pastoreo kudzu, brachiaria, cocuyina, puntero y estrella; se presentan inundaciones en la época invernal, erosión moderada, altos contenidos de sales y sodio, profundidad efectiva superficial.

❖ *Subclase 4p.*

Las tierras de la subclase 4p presentan limitaciones de uso debido a la topografía del terreno con pendientes que varían del 12 al 25%.

➢ *Grupo de capacidad 4p-1.*

Las tierras de esta clase se presentan en los crestones y el revés del paisaje de lomerío, en las laderas de las lomas, en el plano ondulado del manto de arena, en relieve ligeramente inclinado con pendientes 12-25%, en el clima cálido seco, con familia textural moderadamente fina, está integrada por los suelos de las unidades MQ12d, MQ12d1, MQ13d, MQ13d1, MQ14d, MQ14d1, MQ1d, MQ1d1, MQ20d1, MQ4d, MQ4d1, MQ5d, MQ5d1, MQ8d.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente 12-25%; en algunas unidades se presenta erosión de grado moderado, esta condición puede potenciar otros problemas como la susceptibilidad a la erosión, lo que representa un limitante para la mecanización de los suelos.

Las tierras son aptas para el establecimiento de cultivos permanentes semi-intensivos (CPS). Es necesario considerar las aplicaciones periódicas de enmiendas, y de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación; el uso en ganadería se condiciona al manejo de potreros, como por ejemplo no exceder la capacidad de carga por hectárea, realizar rotación de potreros, tener potreros con pastos de corte y adicionar enmiendas.

❖ *Subclase 4pe.*

Las tierras de la subclase 4pe presentan limitaciones de uso debido a las pendientes del terreno que varían del 12 al 25% y a la presencia de procesos erosivos de grado moderado.

➢ *Grupo de capacidad 4pe-1.*

Las tierras de esta clase se presentan en el frente de las cuestas, en las laderas de las lomas y en los planos ondulados de los mantos de arena del paisaje de lomerío, en relieve ligeramente inclinado con pendientes 12-25%, en el clima cálido seco, está integrada por

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

los suelos de las unidades MQ12d2, MQ13d2, MQ14d2, MQ20d2 y MQ8d2; con relación a esta última unidad se debe tener en cuenta que, aunque se clasificó la gran mayoría está cubierta por construcciones.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente 12-25%; la cual ha venido potenciando otro factor que limita el uso de estas tierras como son los procesos erosivos en grado moderado, lo que representa un limitante para la utilización.

Por las condiciones de pendiente aunado a los procesos erosivos se aconseja que el uso que se le dé a estas tierras sea el de los sistema agro silvícolas (AGS) combinando cultivos de tipo permanente con especies forestales propias de clima, Los cultivos intensivos y semi-intensivos están limitados por las condiciones de erosión moderada; en cualquier caso, es necesario considerar las aplicaciones periódicas de enmiendas, y de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación; se aconseja que no se practiquen actividades de tipo ganadero en estas áreas a menos que sea bajo estabulación y con alimentación en establo o comedero, realizar rotación de potreros, tener potreros con pastos de corte y adicionar enmiendas.

❖ *Subclase 4pes.*

Las tierras de la subclase 4pes presentan limitaciones de uso debido a las pendientes del terreno que varían del 12 al 25%, a los procesos erosivos de grado moderado y a las texturas finas junto con la presencia de pedregosidad dentro del perfil.

➢ *Grupo de capacidad 4pes-1.*

Las tierras de esta clase se presentan en las laderas de las lomas en el paisaje de lomerío, en relieve ligeramente inclinado con pendientes 12-25%, en el clima frío y templado, con condición húmeda, está integrada por los suelos de la unidad MQ11d2.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente 12-25%; la cual ha venido potenciando otro factor que limita el uso de estas tierras como son los procesos erosivos en grado moderado adicionalmente se presenta pedregosidad dentro del perfil lo que podría dificultar la penetración de las raíces.

Por las condiciones de pendiente aunado a los procesos erosivos y la pedregosidad en el perfil se aconseja que el uso que se le dé a estas tierras sea el de los sistema agro silvícolas (AGS) combinando cultivos de tipo permanente con especies forestales propias de clima, Los cultivos transitorios intensivos y semi-intensivos están limitados por las condiciones de erosión moderada; es necesario considerar las aplicaciones periódicas de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación; se aconseja que no se practiquen actividades de tipo ganadero en estas

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

áreas a menos que sea bajo estabulación y con alimentación en establo o comedero, realizar rotación de potreros, tener potreros con pastos de corte y adicionar enmiendas.

❖ *Subclase 4ps.*

Las tierras de la subclase 4ps presentan limitaciones de uso debido a la topografía del terreno con pendientes que varían del 12 al 25% y una profundidad efectiva calificada como superficial.

➢ *Grupo de capacidad 4ps-1.*

Las tierras de esta clase se presentan en los espinazos y crestones del paisaje de montaña, en relieve ligeramente inclinado con pendientes 12-25%, en el clima frío y medio húmedo, está integrada por los suelos de la unidad MQ11d1.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente, la cual se sitúa en el rango de 12-25%; y la poca profundidad efectiva.

Por las condiciones de pendiente se aconseja que el uso que se le dé a estas tierras sea el de cultivos permanentes semi-intensivos (CPS), se debe realizar aplicaciones periódicas de enmiendas, y de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación; se aconseja que si se practican actividades de tipo ganadero, estas deben evitar el pastoreo libre y se sugiere se realice bajo estabulación y con alimentación en establo o comedero, realizar rotación de potreros, tener potreros con pastos de corte y adicionar enmiendas.

❖ *Subclase 4s*

Estas tierras ocurren bajo condiciones de clima cálido seco, en pendientes ligeramente planas hasta ligeramente inclinadas. Los suelos son superficiales, de texturas moderadamente finas, a veces con fragmentos de roca en el perfil; bien drenados, con retención de humedad media.

➢ *Grupo de capacidad 4s-1*

Pertenecen a esta agrupación los suelos de las unidades MQ11b1, MQ11c1 localizadas en las laderas de las lomas y las unidades MQ16a, MQ16a1, MQ16b, MQ16b1, MQ16c, MQ16c1, localizadas en el plano ondulado del pediplano todas en el paisaje de lomerío, en clima cálido seco y precipitaciones medias anuales inferiores a los 1.200 mm.

Las principales limitantes de esta unidad corresponden a la poca profundidad efectiva en el perfil, que genera impedimento para la penetración de las raíces. Otras restricciones corresponden al déficit de lluvias durante los dos semestres.

Estas tierras se pueden utilizar en cultivos transitorios semi-intensivos (CTS), siempre que se manejen adecuadamente los sistemas de riego y drenaje, para impedir la acumulación de

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

sales en los horizontes superficiales y se implementen cultivos propios del clima cálido seco, se recomiendan cultivos como maíz, fríjol arbustivo, algodón ají, sorgo, patilla, melón y otras especies adaptables a las condiciones ambientales. En aquellos sectores en donde se presenta erosión de grado ligera, se debe implementar un pastoreo semi-intensivos.

#### 11.3.3.5.3. *Tierras aptas para ganadería estacional y conservación del ecosistema clase 5*

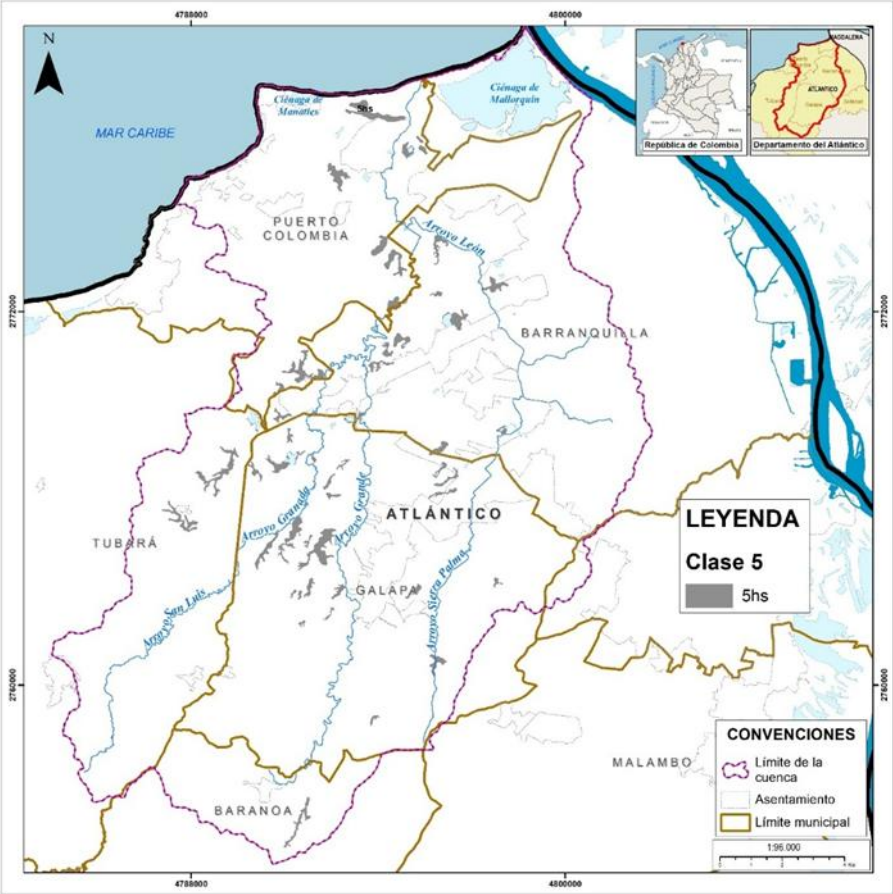
Las tierras de esta clase tienen restricciones debido al exceso de humedad (inundaciones o encharcamientos) que se presenta durante más de 60 días consecutivos o 90 acumulativos por año, lo cual genera en los suelos condiciones redoximórficas e impide su utilización para la mayor parte del año; presentan limitaciones severas para el uso y el manejo que son factibles de modificar, disminuir o eliminar con alto grado de dificultad y con costos económicos muy altos.

El exceso de humedad restringe la aptitud de estas tierras a acciones de conservación, aunque se pueden emplear en ganadería estacional. Estas áreas son recuperables para el uso sostenible, mediante obras de adecuación generalmente costosas; dentro de la cuenca se encuentran localizadas geomorfológicamente en los paisajes de lomerío y planicie fluvio marina en zonas depresionales que permiten que se acumule el agua.

Dentro de la cuenca, el área correspondiente a tierras de clase 5 es de 428,39 Ha, que corresponden al 1% del total del área; en la Figura 11.12 se aprecia la distribución espacial de la clase 5 al interior de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.12. Distribución espacial clase 5.**




❖ *Subclase 5hs*

La limitación específica de las tierras de esta subclase son las inundaciones frecuentes de larga duración causadas por el desbordamiento de las quebradas y arroyos; en adición presentan nivel freático muy superficial.

➢ *Grupo de capacidad 5hs-1*

Pertenecen a esta unidad de tierras los suelos de las unidades MQ19a, MQ19a1, MQ19b, MQ19b1, MQ22a1, MQ22b1, MQ30a1, MQ30b1 localizadas en las zonas denominadas bajos en los tipos de relieve de depresión, valle estrecho y terraza fluvio marina en los paisajes de lomerío y planicie.

Los suelos se han originados de depósitos de arenas medias, finas, limos y arcilla; son superficiales; el drenaje es pobre, las texturas varían de moderadamente gruesas a moderadamente finas, la reacción moderadamente neutra; la saturación de bases es alta y la fertilidad moderada. Soportan inundaciones frecuentes de larga duración.

DOCUMENTO NO DE

Las principales limitantes que afectan estos suelos son el mal drenaje con inundaciones prolongadas y la escaza profundidad efectiva.

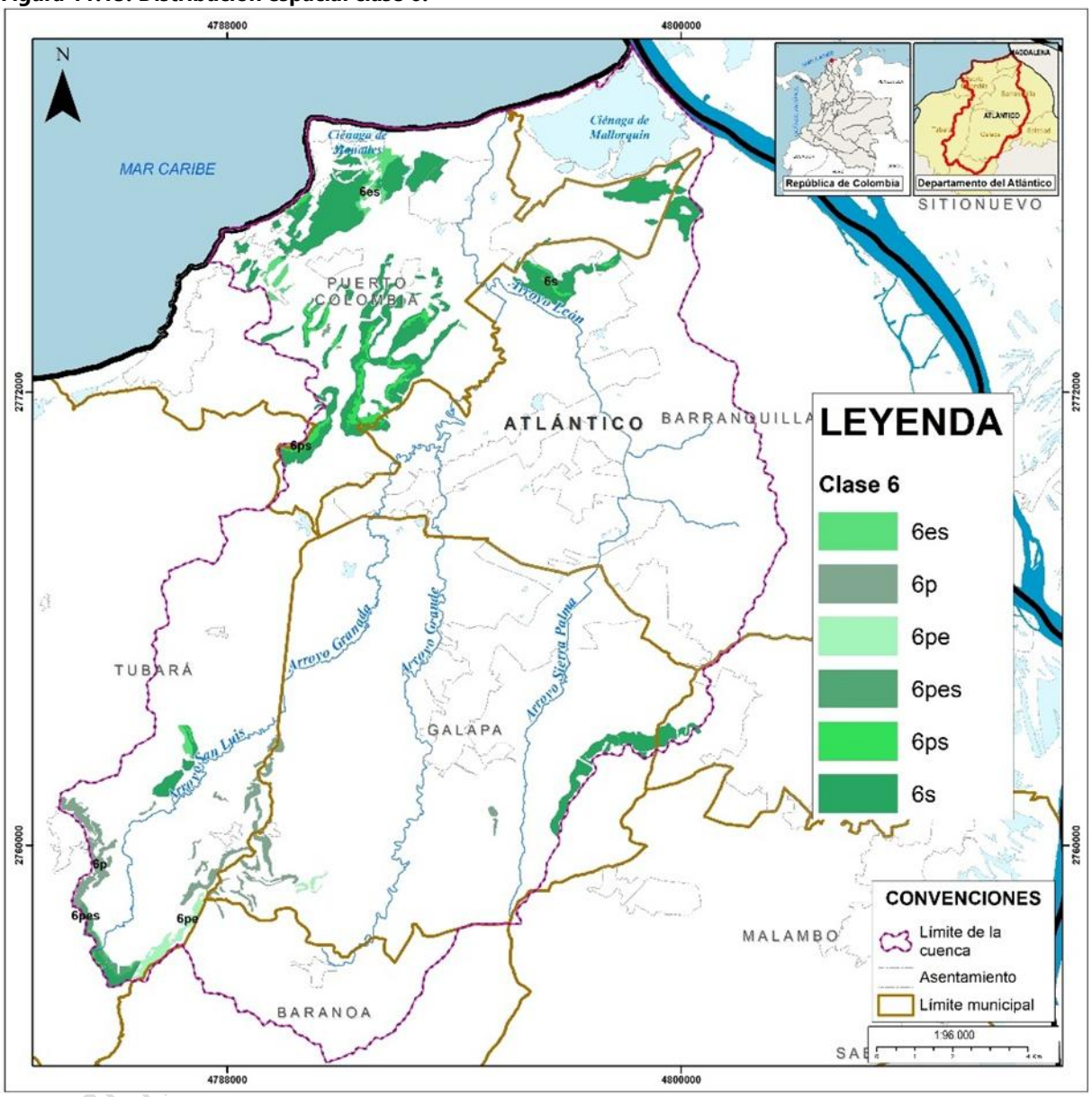
Debido a las inundaciones frecuentes y largas que sufren estos suelos, la capacidad de uso en condiciones naturales es estacional; durante los períodos del año en los que no están encharcados y/o inundados se los puede utilizar en ganadería extensiva (PEX), también se pueden utilizar en sistemas combinados con la siembra de forestales que permitan la protección del ganado de los rayos del sol, este sistema combinado corresponde a los sistemas silvopastoriles (SPA).

**11.3.3.5.4. *Tierras aptas para reforestación, ganadería extensiva, cultivos permanentes y sistemas agroforestales clase 6.***

Las tierras de la clase 6 están distribuidas en el paisaje de lomerío, con pendientes 3-7%, 7-12%, 12-25% y 25 -50%; los suelos tienen texturas gruesas y moderadamente finas, fertilidad baja y alta y erosión moderada en algunos sectores; en la Figura 11.13 se aprecia la ubicación espacial de estas tierras.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.13. Distribución espacial clase 6.**




Las mayores limitaciones están relacionadas con las deficiencias de lluvia en los dos semestres, pendientes moderadamente fuertes, escasa profundidad efectiva radicular, texturas gruesas, baja retención de humedad y erosión moderada.

Cubren una superficie de 1.988,14 hectáreas, correspondiente al 7% de la superficie total de la cuenca

Estas tierras se dividen en las siguientes subclases, 6es, 6p, 6pe, 6pes, 6ps, 6ps y 6s a continuación, se describen los grupos de capacidad.

❖ *Subclase 6es*

Las tierras de la subclase 6es presentan limitaciones de uso debido a la erosión hídrica en grado moderado, a la presencia de fragmentos dentro del perfil o en superficie y a las texturas gruesas.

➢ *Grupo de capacidad 6es-1*

Las tierras de esta clase se presentan en los frentes de los crestones y en las dunas de los campos de dunas en el paisaje de lomerío, en relieve moderadamente inclinado con pendientes 12-25%, en el clima cálido seco, está integrada por los suelos de las unidades MQ18a2, MQ2d2, MQ3d2. MQ6c2, MQ6d2.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la erosión en grado moderado, las texturas muy gruesas y la baja retención de humedad.

Por las condiciones de baja retención de humedad y texturas muy gruesas se aconseja que el uso que se le dé a estas tierras sea orientado a los sistemas agro-silvícolas (AGS), por la presencia de procesos erosivos de grado moderado se recomienda no ejercer actividades de tipo ganadero a no ser que sea exclusivamente con pastos de corte y suministro del alimento en establo.

❖ *Subclase 6p.*

Las tierras de la subclase 6p presentan limitaciones de uso debido a la topografía del terreno con pendientes que varían del 25 al 50%.

➢ *Grupo de capacidad 6p-1.*

Las tierras correspondientes a este grupo ocurren en los frentes y revés de los crestones, además en las laderas de las lomas en clima cálido seco; está integrada por los suelos de las unidades MQ11e1, MQ13e1, MQ1e, MQ1e1, MQ4e1, MQ5e1.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente 25-50%; esta condición puede potenciar otros problemas como la susceptibilidad a la erosión, lo que representa un limitante para la mecanización de los suelos.

Las tierras son aptas para el establecimiento de sistemas agro silvícolas (AGS) combinando cultivos permanentes para evitar el laboreo en las pendientes tan pronunciadas, es necesario considerar las aplicaciones periódicas de enmiendas, y de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación; el uso en ganadería no se recomienda a menos que sea de una manera estabulada y con pastos de corte.

DOCUMENTO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

❖ *Subclase 6pe.*

Las tierras de la subclase 6pe presentan limitaciones de uso debido a la topografía del terreno con pendientes que varían del 25 al 50% y procesos erosivos en grado moderado.

➢ *Grupo de capacidad 6pe-1.*

Las tierras correspondientes a este grupo ocurren en el frente de los crestones y en las laderas de las lomas en el paisaje de lomerío en clima cálido seco; está integrada por los suelos de las unidades MQ11e2 y MQ1e2.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente 25-50% y los procesos erosivos en grado moderado.

Las tierras son aptas para el establecimiento de sistemas agro silvícolas (AGS) combinando cultivos permanentes adaptados a las condiciones de alta humedad para evitar el laboreo en las pendientes tan pronunciadas con especies forestales, las actividades pecuarias no están recomendadas en este grupo de capacidad, es necesario considerar las aplicaciones periódicas de enmiendas, y de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación.

❖ *Subclase 6pes.*

Las tierras de la subclase 6pes presentan limitaciones de uso debido a la topografía del terreno con pendientes que varían del 25 al 50%, los procesos erosivos en grado moderado, familias texturales muy gruesas y abundante pedregosidad superficial.

➢ *Grupo de capacidad 6pes-1.*

Las tierras correspondientes a este grupo ocurren en las laderas de las lomas y en el cuerpo del glacis de acumulación en el paisaje de montaña en clima templado seco; está integrada por los suelos de la unidad MQ3e2.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente 25-50% y los procesos erosivos en grado moderado y la presencia de texturas muy gruesas.

Las tierras son aptas para el establecimiento de sistemas agro silvícolas (AGS) combinando cultivos permanentes adaptados a las condiciones de poca humedad para evitar el laboreo en las pendientes tan pronunciadas con especies forestales, las actividades pecuarias no están recomendadas en este grupo de capacidad, es necesario considerar las aplicaciones periódicas de enmiendas, y de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación.

DOCUMENTO TIO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

❖ *Subclase 6ps.*

Las tierras de la subclase 6pes presentan limitaciones de uso debido a la topografía del terreno con pendientes que varían del 25 al 50%, y texturas muy gruesas.

➢ *Grupo de capacidad 6ps-1*

Las tierras correspondientes a este grupo ocurren en el frente y en el revés de los crestones, así como en las dunas en el paisaje de lomerío, en clima cálido seco; está integrada por los suelos de las unidades MQ18e1, MQ2e, MQ2e1, MQ3e1, MQ6e1.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente 25-50% y la presencia de familias texturales muy gruesas que no permiten una adecuada retención de humedad.

Las tierras son aptas para el establecimiento de sistemas agro silvícolas (AGS) combinando cultivos permanentes adaptados a las condiciones de humedad con especies forestales, las actividades pecuarias se pueden desarrollar siempre y cuando se hagan bajos sistemas de estabulación para evitar el pastoreo de animales en laderas con pendientes tan pronunciadas, es necesario considerar las aplicaciones periódicas de enmiendas, y de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación.

❖ *Subclase 6s*

Esta subclase se encuentra en clima cálido seco, en pendientes ligeramente planas a moderadamente inclinadas. Los suelos son muy superficiales y profundos, tienen texturas gruesas, son bien a excesivamente drenados, con retención de humedad baja y muy baja y reacción desde ligeramente ácida hasta fuertemente alcalina; la fertilidad es moderada.

➢ *Grupo de capacidad 6s-1.*

Las tierras correspondientes a este grupo ocurren en el frente y revés de los crestones, en el frente de las cuestas y en los campos de dunas en el paisaje de lomerío en clima cálido seco; está integrada por los suelos de las unidades MQ18a1, MQ18b1, MQ18c, MQ18c1, MQ18d1, MQ2d, MQ2d1, MQ3d1, MQ6c1, MQ6d1, MQ7b1, MQ7c1, MQ7d1, MQ8b, MQ8c, MQ8d, MQ9b, MQ9b1, MQ9c, MQ9c1, MQ9d; en este grupo de capacidad se aclara que los polígonos pertenecientes a los frentes de las cuestas se encuentran muy intervenidos, especialmente por procesos de construcción los cuales han alterado notoriamente los horizontes de los suelos.

La principal limitante del uso está relacionada con la presencia de familias texturales arenosas.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Las tierras son aptas para el establecimiento de una ganadería extensiva (PEX) como primera opción, en segundo uso posible por la presencia de texturas muy gruesas, se podría pensar en cultivos permanente semi-intensivos (CPS) con algunas prácticas de manejo como incluir en los potreros especies forestales que permitan dar sombrío a los animales. combinando cultivos permanentes adaptados a las condiciones de alta humedad con especies forestales, es necesario considerar las aplicaciones periódicas de enmiendas, y de materia orgánica compostada, así como realizar prácticas de manejo y conservación de los suelos para evitar su degradación.

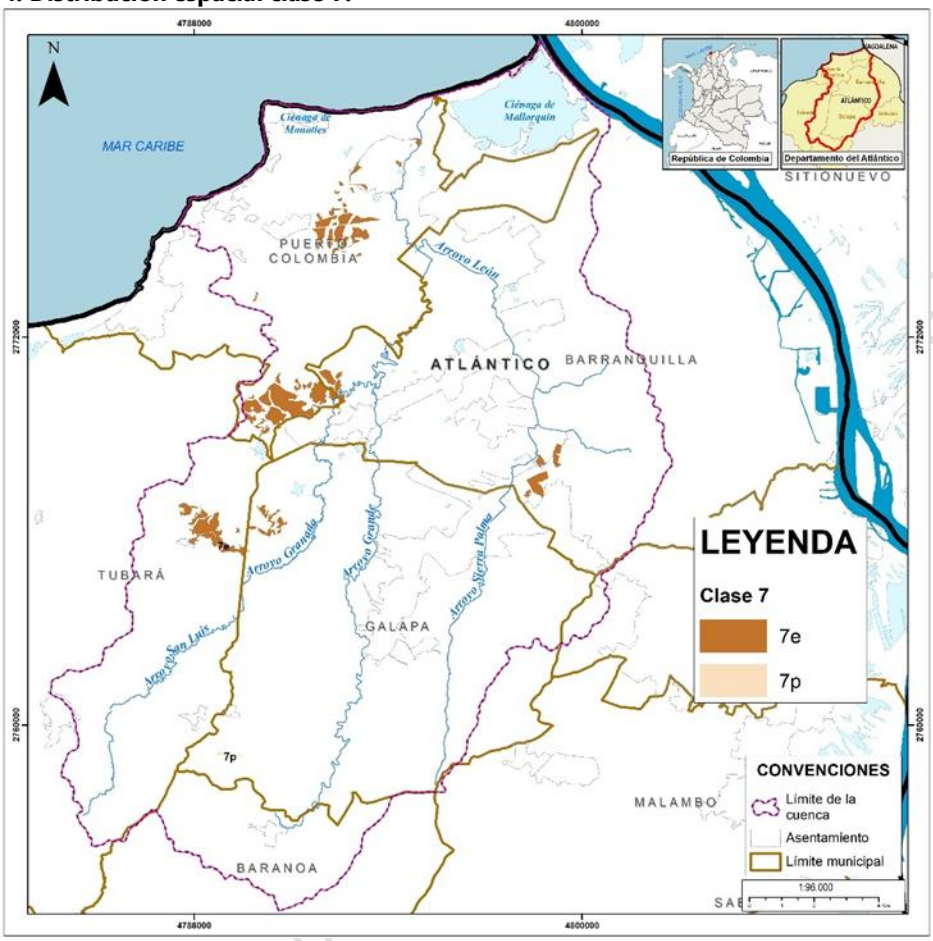
**11.3.3.5.5. *Tierras que requieren cobertura vegetal permanente multiestrata- bosque protector productor clase 7***

Esta clase de tierras tiene limitaciones muy severas que restringen la elección de plantas y requieren cuidadosas prácticas de manejo. Esta clase es de aptitud forestal, pero debido a sus limitaciones idealmente debería ser considerada también el establecimiento de sistemas agroforestales.

Las tierras de la clase 7 se encuentran localizadas en el frente y revés de los crestones del paisaje de lomerío, en la Figura 11.14 se aprecia la distribución de las tierras de esta clase dentro de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.14. Distribución espacial clase 7.**




Cubren una superficie de 568,30 hectáreas, correspondiente al 2% de la superficie total de la cuenca. Estas tierras se dividen en los grupos de capacidad 7e y 7p.

❖ *Subclase 7e*

Tiene su ocurrencia bajo el clima cálido seco, con pendientes fuertemente inclinadas, son moderadamente superficiales a profundos, excesivamente a bien drenados, de texturas arenosas a moderadamente finas, ligera a moderadamente alcalinos, procesos erosivos de grado severo, con fertilidad moderada.

➢ *Grupo de capacidad 7e-1*

Pertenecen a este grupo de capacidad la unidad MQ12b3, MQ12c3, MQ12d3, MQ14b3, MQ14c3, MQ14d3, MQ15a3, MQ16a3, MQ16b3, MQ16c3, MQ21a3, MQ21b3, MQ2d3, MQ5b3, MQ5c3, MQ5d3, que se encuentran en el revés de los crestones del paisaje de lomerío.

DOCUMENTO NO L... CIUDAD

La principal limitación para el uso de estas tierras es la presencia de procesos erosivos severos y la deficiencia de lluvias durante los dos semestres del año.

Las tierras son aptas para el desarrollo forestal, especialmente protector, con especies nativas (FPR); en algunos sectores se presentan limitaciones de tipo físico como son las capas endurecidas a profundidad, causadas por desecación natural, y en algunos sectores la piedra en superficie; como una alternativa de uso también son adecuados los sistemas agroforestales y las plantaciones forestales con especies como teca, cedro rosado y melina, las cuales se adaptan a las condiciones ambientales de la unidad.

❖ *Subclase 7p*

Las tierras de la subclase 7p presentan limitaciones de uso debido a la topografía del terreno con pendientes que varían del 50 al 75%.

➢ *Grupo de capacidad 7p-1*

Las tierras correspondientes a este grupo ocurren en el frente de los crestones, del paisaje de lomerío en clima cálido seco; está integrada por los suelos de la unidad MQ1f1.

Las principales limitantes del uso están relacionadas con factores como la inclinación de la pendiente 50-75%; esta condición puede potenciar otros problemas como la susceptibilidad a la erosión y hace que sea inconveniente tener actividades agropecuarias.

Las tierras son aptas para el establecimiento de sistemas forestales protector (FPR) y la reforestación con especies arbóreas y arbustivas propias del clima, propiciando el desarrollo del sotobosque; por ningún motivo se deben permitir actividades de tipo agrícola o ganadero.

**11.3.3.5.6. *Tierras para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, clase 8***

Las tierras de la clase 8 están localizadas en las vegas de los vallecitos en el paisaje de lomerío, en el cordón litoral y los marismas del plano de marea y en las vegas de los vallecitos del paisaje de planicie; la topografía es variada y va desde ligeramente inclinada hasta fuertemente inclinada; los suelos son muy superficiales y superficiales, imperfecta y pobremente drenados, de texturas finas y muy finas, con reacción moderadamente ácida y neutra y fertilidad baja.

Estas tierras tienen diferentes limitaciones severas entre las cuales se encuentran las pendientes superiores al 75%, que las hacen totalmente inapropiadas para actividades agropecuarias; otras tierras que tienen aptitud para la conservación exclusivamente, son aquellas relacionadas con los cuerpos de agua que se encuentran al interior de la cuenca; en la Figura 11.15 se puede apreciar la distribución de estas tierras.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

Cubren una superficie de 2.001,18 hectáreas, correspondiente al 7% de la superficie total de la cuenca.

Estas tierras se dividen en el grupo de capacidad8hs.

❖ *Subclase 8hs.*

Las tierras de la subclase 8hs presentan limitaciones de uso debido a la presencia de drenaje muy pobre, inundaciones frecuentes, muy largas, profundidad efectiva muy superficial, texturas gruesas (arenosa).

➢ *Grupo de capacidad 8hs-1.*

Las tierras correspondientes a este grupo ocurren en las vegas de los valles estrechos y de los vallecitos del paisaje de lomerío, además, en el cordón litoral y marismas en el plano de marea y en las vegas de los vallecitos ene el paisaje de planicie en clima cálido seco; está integrada por los suelos de las unidades MQ25a, MQ25a1, MQ25a3, MQ25b, MQ25b1, MQ25b2, MQ25b3, MQ25c, MQ25c1, MQ26a, MQ26a1, MQ26a2, MQ26a3, MQ26b, MQ26b1, MQ26b2, MQ26b3, MQ26c, MQ26c1, MQ26c2, MQ26c3, MQ26d, MQ26d1, MQ26d2, MQ27a, MQ27a1, MQ28a1, MQ29a1, MQ33a1, MQ34a1.

En este grupo de capacidad se reunieron los tipos de relieve de vallecito en todos los paisajes y climas; esto obedeció a la importancia que estos tienen para la conservación de los ecosistemas y la conectividad para las especies de fauna existentes.

Las limitaciones de las tierras para el uso sostenible son las continuas inundaciones a que están sometidas, ya que corresponden a cauces que circulan abundante agua en los periodos de invierno.

Las tierras son aptas para la protección y conservación de la naturaleza (CRE); por ningún motivo se deben permitir actividades de tipo agrícola o ganadero.

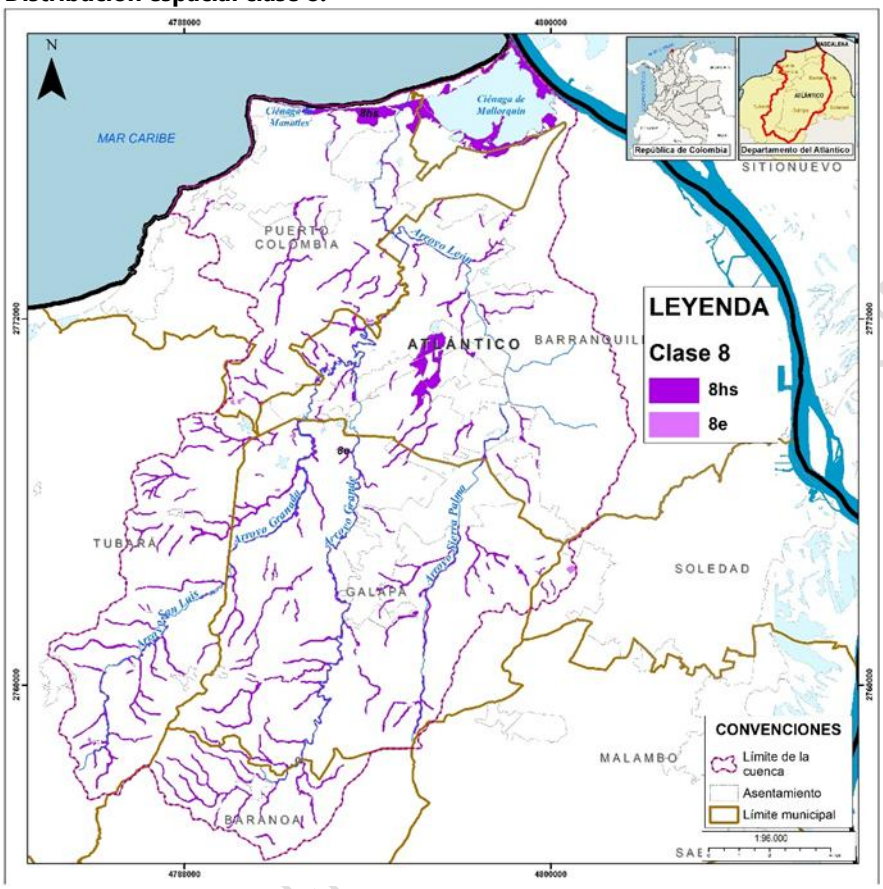
➢ *Grupo de capacidad 8e-1.*

Las tierras correspondientes a este grupo ocurren en las laderas, frentes, en los tipos de relieve de lomas y cuestas del paisaje de Lomerío en clima cálido seco; está integrada por los suelos de las unidades MQ12d4, MQ13d4, MQ14b4, MQ14c4, MQ21b4, MQ8c4.

La limitante de las tierras para el uso sostenible es la erosión en grado muy severa.
Las tierras son aptas para la protección y conservación de la naturaleza (CRE); por ningún motivo se deben permitir actividades de tipo agrícola o ganadero.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.15. Distribución espacial clase 8.**




**NOTA**: Tras realizar el análisis de capacidad de uso en la cuenca objeto de ordenación, y una vez suprimidos los polígonos clasificados como tejido urbano continuo en la interpretación de coberturas de la tierra, se identificaron polígonos correspondientes a herbazales y bosques de galería al interior de los perímetros urbanos adoptados por los municipios. Según los usos urbanos adoptados en los instrumentos de ordenamiento territorial, estos terrenos están destinados a actividades comerciales, industriales, residenciales, institucionales, de reserva y protección, así como a espacio público.

En función de esta situación, para establecer el uso propuesto y determinar conflictos por uso de la tierra se realizaron los siguientes ajustes a la metodología:

1) Para polígonos contenidos totalmente dentro del perímetro urbano adoptado en el POT se les asignó uso urbano, teniendo en cuenta que si corresponden a clase 8 deben ser tenidos en cuenta como parte de la Estructura Ecológica urbana.
2) Polígonos clasificados en clase 3 y parcialmente contenidos en el perímetro urbano en zonas de uso industrial se les asignó como uso propuesto Agroindustrial.

DOCUMENTO DE CALIDAD

**11.3.3.6. *Definición de las unidades de uso.***

Los usos principales a los que se ha hecho referencia en la descripción de las unidades de capacidad de uso son los que a continuación se definen, se anota que el uso más intensivo que puede soportar la cuenca es el primero que se describe, los siguientes van disminuyendo en intensidad hasta llegar a la conservación.

Si se lee detenidamente la definición de cada grupo de capacidad en el numeral anterior, se puede ver que a cada uno se le recomienda un uso general con el cual se considera que los suelos no sufrirán deterioro y seguirán generando ingresos para sus propietarios; en este sentido, de acuerdo con la guía metodológica se describen a continuación los usos generales propuestos para que la cuenca preste un servicio ambiental y productivo en una forma equilibrada.

**11.3.3.6.1. *Cultivos transitorios intensivos (CTI)***

Corresponde a tierras aptas para el establecimiento de cultivos que tienen un ciclo de vida menor a un año y requieren para su establecimiento de alta inversión de capital, adecuada tecnología y mano de obra calificada; en consecuencia, se adaptan a tierras de fácil mecanización y alto laboreo del suelo. Con adecuada distribución de las lluvias en el año o con aplicación de riego, en estas tierras se pueden obtener dos o más cosechas anuales.

En estas tierras pueden establecerse sistemas de cultivos intensivos semestrales como maíz (Zea maíz), fríjol (Phaseolus vulgaris), sorgo (Sorghum sp), maní (Arachis hypogaea L) y algodón (Gossypium sp).

Para garantizar la sostenibilidad de la explotación agrícola deben tenerse en cuenta prácticas agronómicas adecuadas y labranza mínima, porque los suelos son fácilmente erosionables debido a las texturas gruesas; se recomiendan coberturas permanentes con gramas, aplicación de materia orgánica e incorporación de abonos verdes, y a su vez, construcción de drenajes en algunos sectores.

Este usos ocupa 408,99 hectáreas que corresponde al 1% de la cuenca.

**11.3.3.6.2. *Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)***

Tienen un ciclo de vida menor de un año y exigen para su establecimiento moderada o alta inversión de capital, adecuada tecnología y mano de obra calificada; generalmente las tierras no soportan una explotación intensiva o están expuestas a algún riesgo de deterioro, en este caso dicho factor corresponde a la pendiente moderadamente inclinada. Requieren suelos bien a moderadamente drenados; no se presentan inundaciones o encharcamientos; la profundidad efectiva es mayor a 25 cm, y el nivel de fertilidad es bajo; no hay erosión, ni problemas de sales; el relieve es moderadamente inclinado con pendientes inferiores al 12%.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Se pueden establecer en estas tierras, sistemas de cultivos semestrales como arroz (Oryza sativa), maíz (Sea maíz), fríjol arbustivo (Phaseolus vulgaris), patilla (Citrullus lanatus), melón (Cucumis melo) y permanentes como la papaya (Carica papaya); sin embargo, estos cultivos requieren suministro de riego en la época seca y drenajes (excepto arroz) para evitar las inundaciones en invierno.

Las tierras requieren de prácticas de manejo y conservación de suelos como la aplicación de materia orgánica compostada, labranza mínima e incorporación de abonos verdes.

Este uso ocupa 3.014,01 hectáreas que corresponde a 10%

**11.3.3.6.3. *Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS)***

Tienen un ciclo de vida menor de un año y exigen para su establecimiento moderada o alta inversión de capital, adecuada tecnología y mano de obra calificada; generalmente las tierras no soportan una explotación intensiva o están expuestas a algún riesgo de deterioro, en este caso dicho factor corresponde a la pendiente moderadamente inclinada. Requieren suelos bien a moderadamente drenados; no se presentan inundaciones o encharcamientos; la profundidad efectiva es mayor a 25 cm, y el nivel de fertilidad es bajo; no hay erosión, ni problemas de sales; el relieve es moderadamente inclinado con pendientes inferiores al 12%.

Entre los cultivos que pueden establecerse están los de cítricos como limón (Citrusx limón sp), naranja (Citrus x naranja sp), y otros frutales como papaya (Carica papaya) con aplicación de riego suplementario y prácticas agronómicas.

Este usos ocupa 5.003,39 hectáreas que corresponde al 17% de la cuenca

**11.3.3.6.4. *Pastoreo extensivo (PEX)***

Las tierras aptas para el establecimiento de un pastoreo extensivo, son aquellas que involucran la utilización de algunos paquetes tecnológicos que aseguran al menos mínimos rendimientos en la explotación ganadera.

El pastoreo extensivo se desarrolla con programas de ocupación de potreros con baja o muy baja capacidad de carga, generalmente menor de una res por cada dos hectáreas y el animal permanece en el potrero hasta que se agote la pastura; no se realiza rotación de potreros y comúnmente el ganado se traslada a otros sectores con pasturas frescas (IGAC, 1998); requiere moderadas prácticas de manejo especialmente en lo relacionado con aplicación de fertilizantes, controles fitosanitarios adecuados, rotación de potreros; en consecuencia se necesita moderada o baja inversión de capital, moderada a baja tecnología y mano de obra poco calificada.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Este uso ocupa 1.753,99 hectáreas que corresponde al 6% de la cuenca

**11.3.3.6.5. *Sistemas Agro silvícolas (AGS)***

Los sistemas agro silvícolas son combinaciones de cultivos transitorios o especialmente permanentes con especies forestales para producir alimentos en suelos muy susceptibles al deterioro generalmente por las pendientes fuertes en las que ocurren (hasta del 50%). Son bien drenados, la profundidad efectiva supera los 50 cm, se presenta erosión moderada, motivo por el cual no se permiten actividades pecuarias. Dentro de las múltiples opciones de combinar los sistemas agro silvícolas se pueden mencionar: cultivos transitorios y bosque productor, cultivos transitorios y bosque protector productor, cultivos permanentes y bosque productor, cultivos permanentes y bosque protector-productor.

Los árboles en este sistema cumplen funciones ecológicas de protección del suelo disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y el viento.

En la cuenca se pueden implementar sistemas agro silvícolas realizando arreglos espaciales y específicos con especies de cultivos permanentes y forestales adaptados; dentro de las plantaciones forestales se pueden utilizar especies nativas como corazón fino, trupillo, dividivi, guayacán, manzano, olivo santo y especies introducidas como teca, acacia, almendro, melina, cedro, eucalipto y cultivos permanentes como palma africana, aguacate, mango, zapote, carambolo, limón, naranja, níspero; cultivos como la yuca, maíz, frijol, plátano, algodón, tomate, ahuyama, sandia como transitorios.

Este uso ocupa 3.340,69 hectáreas que corresponde al 11% de la cuenca

**11.3.3.6.6. *Sistemas silvopastoriles (SPA)***

Corresponde a actividades agrícolas, forestales y ganaderas combinadas en cualquiera de las siguientes opciones: cultivos y pastos en plantaciones forestales, cultivos y pastos arbolados, cultivos y pastos protegidos por barreras rompimientos y cercas vivas. Igualmente, otras como cultivos transitorios, bosque productor y ganadería intensiva, cultivos transitorios, bosque productor y ganadería semi-intensiva, cultivos transitorios, bosque protector productor y ganadería extensiva, cultivos permanentes, bosque productor y ganadería intensiva.

Los suelos son bien drenados, la profundidad efectiva supera los 50 cm, ocurren pendientes fuertes, se presentan procesos erosivos ligeros y moderados. Dentro de las múltiples opciones de combinar los sistemas agro silvícolas se pueden mencionar: cultivos transitorios y bosque productor, cultivos transitorios y bosque protector productor, cultivos permanentes y bosque productor, cultivos permanentes y bosque protector-productor.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

En estas tierras pueden establecerse especies forestales nativas como guayacán, manzano, olivo santo y forestales introducidos como teca, acacia, melina, cedro, mango, zapote, níspero, matarratón, cresta de gallo o gólgota, nacedero, botón de oro, con pastos de corte elefante, pasto morado, imperial y maralfalfa, o pastos de pastoreo principalmente kudzu, brachiaria, cocuyina, puntero y estrella, incluir especies animales adaptadas a las condiciones como criollos, la raza Cebú y Gyr.

Este usos ocupa 767,42 ha que corresponden al 3% de la cuenca

**11.3.3.6.7. *Sistemas forestales protectores (FPR)***

Este uso recomendado se refiere al que debe efectuarse en aquellas tierras que por sus condiciones de clima, pendiente, suelos y riesgos erosivos, deben aprovecharse con usos de protección o producción forestal, sea con especies nativas o exóticas; las tierras no admiten ningún tipo de uso agrícola o pecuario, excepto cuando se definan para uso forestal de producción, el cual es compatible con usos agroforestales; de lo contrario debe predominar el propósito de protección de los recursos naturales.

Están destinados a la protección de las laderas contra procesos erosivos o al mantenimiento y desarrollo de la vegetación nativa, o a la conservación de especies maderables en vía de extinción, o como protección de recursos hídricos.

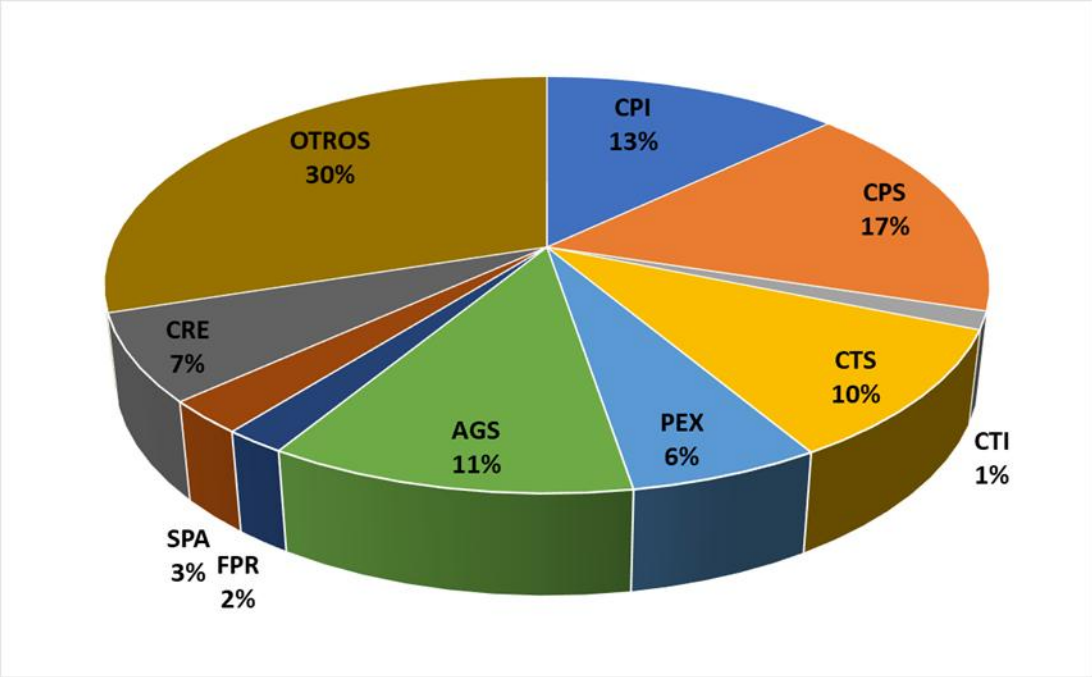
Este uso ocupa 568,30 que corresponde al 2% de la cuenca

**11.3.3.6.8. *Áreas para la conservación y/o para recuperación de la naturaleza (CRE)***

Las primeras forman parte de ecosistemas frágiles y estratégicos para la generación y la regulación del agua como es el caso de los páramos. Las segundas corresponden a tierras degradadas por procesos erosivos, de contaminación y sobreutilización por lo que requieren acciones de recuperación y rehabilitación. Este uso ocupa el 7% de la cuenca, que ocupa 2.001,18 hectáreas.

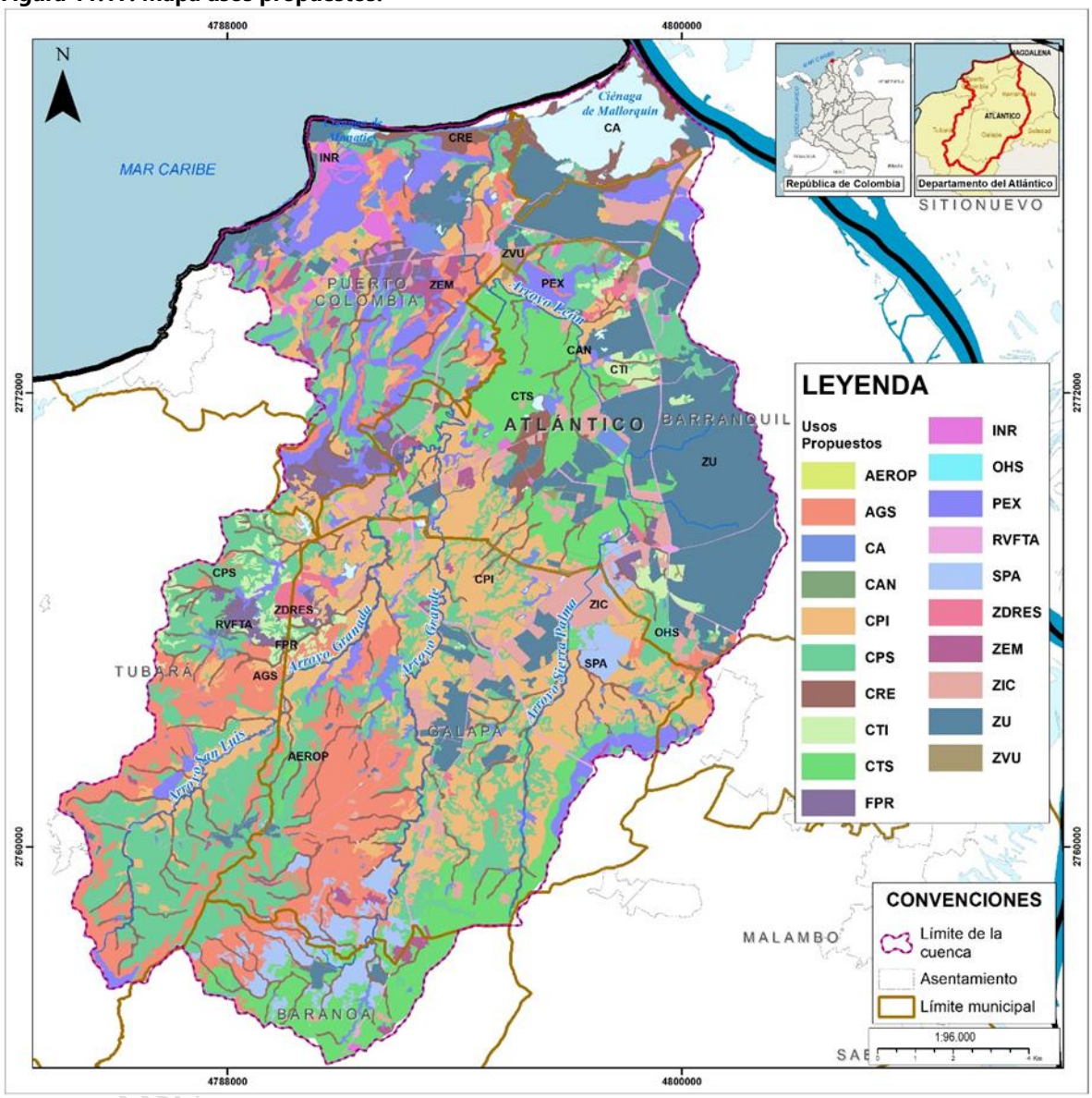
DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 11.16. Distribución porcentual usos propuestos**




DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Figura 11.17. Mapa usos propuestos.**




DOCUM

# 12. COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

La Ciénaga de Mallorquín es una ciénaga costera semicerrada que ha soportado una fuerte presión antrópica y restricciones en las entradas de agua marina y fluviales que han modificado su régimen hidrodinámico. Forma parte de las 1.900 lagunas costeras existentes en el país que ocupan más de 7.800 Km² en las bajas llanuras costeras del Caribe. Es un ecosistema tropical de alta complejidad, por la dinámica de sus ciclos biogeoquímicos y sus tramas tróficos, que la hacen frágil y vulnerable; pertenece a la cuenca que lleva su mismo nombre con una extensión de 296,2 Km² ; constituyendo una franja o cuenca que puede definirse como el espacio físico donde se unen los sistemas terrestres y marinos, comprendidos desde la plataforma oceánica hasta dónde llega el efecto de la marea; cuenta con un área de 650 Ha y 0,90 m de profundidad promedio, presenta diferentes características fisiográficas y edafológicas que la establecen y limitan en los 2.250 Km² de la llanura aluvial inundable del río Magdalena, albergando 4.500.000 m3 de agua (Rebolledo Colina & León Luna, 2017).

La Ciénaga de Mallorquín se encuentra localizada en la zona norte del departamento del Atlántico entre los 11º 05' 55''-08' 54'' N y 74º 51'00''-53' 28'' W. Se comunica al Norte con el mar Caribe a través de una barra de arena; al Sur limita con la carretera que comunica el corregimiento de La Playa con el barrio Las Flores; al Oriente con el Río Magdalena y el tajamar occidental; y al Occidente con la desembocadura del arroyo León (Marín, 2000). Es un ecosistema costero tropical, de sustrato predominante arenoso-fangoso; que presenta un clima muy seco tropical dividido en dos breves períodos: de enero a abril y de julio a agosto, y un período de lluvias de septiembre a diciembre. Además de los anteriores períodos de lluvias el ecosistema recibe aguas provenientes del Arroyo León y agua salada del Mar Caribe a través de una barra de arena (Rebolledo Colina & León Luna, 2017).

En el marco de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), la cuenca se consolida como la unidad básica y adecuada para la planificación ambiental del territorio. Esto se debe a la estabilidad de sus límites fisiográficos y a su capacidad de integrar variables tanto espaciales como sociales, lo cual permite una comprensión integral de su realidad territorial.

La ordenación de cuencas debe abordarse desde un enfoque sistémico, entendiendo que estas funcionan como sistemas complejos y abiertos, donde interactúan el subsistema biofísico —compuesto por elementos como el agua, el suelo, la biodiversidad y el aire— con

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE EJECUCIÓN

dimensiones económicas, sociales y culturales que, aunque no presentan limitaciones físicas, dependen directamente de los recursos naturales disponibles.

En este contexto, el componente de cobertura y uso de la tierra se convierte en una herramienta analítica esencial, ya que permite identificar los tipos de coberturas existentes, sus usos y, a partir de ello, evaluar riesgos, potencialidades y dinámicas del territorio. Los mapas de cobertura, elaborados a partir de imágenes de sensores remotos, constituyen insumos fundamentales para la zonificación ambiental, la gestión del riesgo, el análisis de conflictos y la planificación del uso de la tierra. No obstante, dado que estos productos reflejan condiciones específicas en un momento determinado, es necesario que su actualización se realice periódicamente, con el fin de garantizar la disponibilidad de información precisa, actualizada y relevante para apoyar una adecuada gestión y planificación ambiental de las cuencas hidrográficas.

El componente de coberturas consta de cuatro etapas, la primera la interpretación de coberturas de la tierra a escala 1:25.000 para la totalidad del área de la cuenca, para la cual se utiliza la metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, gracias al esfuerzo conjunto de entidades del nivel nacional y local como son el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC- y la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (C.R.A), con el apoyo del Instituto Geográfico Nacional Francés –IGN- y el Fondo Francés del Medio Ambiente Mundial –FFEM-, a partir de la metodología Europea CORINE (Coordination of Information the Environment) Land Cover. La segunda etapa corresponde a la determinación de usos de la tierra la cual se calcula utilizando los lineamientos establecidos por MINAMBIENTE y la ANLA.

La tercera etapa corresponde al análisis multitemporal de las coberturas, el cual sigue los lineamientos establecidos por el IDEAM y se realizó a escala 1:100.000, teniendo en cuenta la información oficial existente. La cuarta etapa, corresponde a la determinación y cálculo de índices de estado-tendencia para el área de la cuenca con base en las coberturas existentes en la misma.

El presente trabajo muestra los resultados del componente de coberturas y uso de la tierra para el territorio de la cuenca hidrográfica de los arroyos Grande y León y Ciénaga de Mallorquín.

## *12.1. Objetivos*

Este apartado describe los objetivos que guían el desarrollo del presente trabajo, tanto en su alcance general como en sus metas específicas.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 12.1.1. Objetivos generales

- Presentar el resultado obtenido tras la realización de la capa de coberturas y uso de la tierra para la cuenca hidrográfica de los arroyos Grande y León y Ciénaga de Mallorquín, utilizando como insumos imágenes satelitales Sentinel 2 aplicando el método PIAO para la delineación de los polígonos y la metodología CORINE Land Cover adaptada a Colombia, para su codificación.
- Mostrar el resultado de la realización del análisis multitemporal de coberturas de la tierra para la cuenca hidrográfica de los arroyos Grande y León y Ciénaga de Mallorquín, utilizando como insumos las capas de coberturas de la tierra y aplicando la metodología para este proceso establecida por el IDEAM.
- Presentar el resultado obtenido del cálculo de los indicadores de estado tendencia de para las coberturas naturales presentes en la cuenca hidrográfica de los arroyos Grande y León y Ciénaga de Mallorquín.

### 12.1.2. Objetivos específicos

- Describir la metodología utilizada para la realización de la capa de coberturas de la tierra a escala 1:25.000, para el territorio de la cuenca.
- Presentar los resultados obtenidos de la realización del mapa de coberturas de la tierra para el territorio de la cuenca.
- Presentar el procedimiento para llevar a cabo la asociación de uso a cada una de las coberturas encontradas dentro de la cuenca, de acuerdo a los lineamientos que para esta actividad fueron establecidos en la Guía de cuencas (MADS, 2014) y mostrar los resultados obtenidos en esta actividad.
- Presentar los resultados obtenidos del análisis multitemporal de coberturas de la tierra para el territorio de la cuenca.
- Describir la metodología utilizada para el cálculo de los índices de estado – tendencia para la cuenca a través de la información de coberturas de la tierra.
- Presentar los resultados obtenidos del cálculo de los indicadores de estado – tendencia para el territorio de la cuenca.

## *12.2. Aspectos Metodológicos*

Dada la cantidad de información que se debe procesar en la temática de cobertura y usos de la tierra, a continuación, se presenta bajo este ítem, todos los procesos metodológicos para la consecución de la información.

DOCUMENTO DE DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 12.2.1. Metodología CORINE Land Cover

Desde la década de los 70's, el país comenzó numerosos trabajos orientados a la obtención de mapas de coberturas de la tierra, sin embargo debido a la ausencia de una metodología estandarizada, los resultados se quedaron en el nivel local y no alcanzaron trascendencia, ya que la diferencia de procedimientos generaban resultados no compatibles entre diferentes períodos y lugares, lo que no satisfacía las necesidades de los usuarios y hacía que los productos resultantes de los procesos se quedaran almacenados sin una verdadera utilización.

Para dar respuesta a esta necesidad y con el fin de poder comparar estadísticas de ocupación de la tierra obtenidas por diferentes instituciones tanto del nivel nacional como regional y local, y crear líneas de comunicación que facilitaran la homologación de la información nacional al nivel mundial. En el año 2004, las entidades del nivel nacional (el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC- y la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena –CORMAGDALENA-, con el apoyo del Instituto Geográfico Nacional Francés –IGN- y el Fondo Francés del Medio Ambiente Mundial –FFEM-, decidieron implementar y adaptar la metodología Europea CORINE (Coordination of Information the Environment) Land Cover para Colombia, utilizando como proyecto piloto la cuenca Magdalena-Cauca, la cual se trabajó a escala 1:100.000. Resultado de este proceso fue la primera versión de la leyenda CLC adaptada para Colombia, la cual fue publicada en el año 2008.

El análisis periódico de coberturas se convierte en una ventaja comparativa, que permite entre otras cosas establecer puntos temporales a través de los cuales se pueden definir las dinámicas del territorio en una región o área definida, mediante el análisis multitemporal, que permite la determinación de cambios como la pérdida o ganancia de coberturas, ampliación de la frontera agropecuaria, expansión de áreas de ocupación humana, el monitoreo de zonas expuestas a procesos denudativos o de remoción en masa.

Al considerar un mapa de coberturas de la tierra como herramienta en la toma de decisiones se deben tener en cuenta factores como el nivel de detalle o escala de trabajo; el objetivo trazado; la temporalidad (fecha de toma de imágenes que determina las coberturas reflejadas en el mapa), las condiciones atmosféricas al momento de la toma que afectan la captura de información en ciertas áreas y otras más.

La metodología CORINE Land Cover se basa en la identificación de elementos pictográficos en las imágenes de sensores remotos, mediante el manejo de las bandas del espectro electromagnético en las cuales componentes de la vegetación reaccionan, generando determinadas respuestas espectrales que aunadas a la experiencia y conocimientos del intérprete dan como como resultado la identificación de las diferentes coberturas.

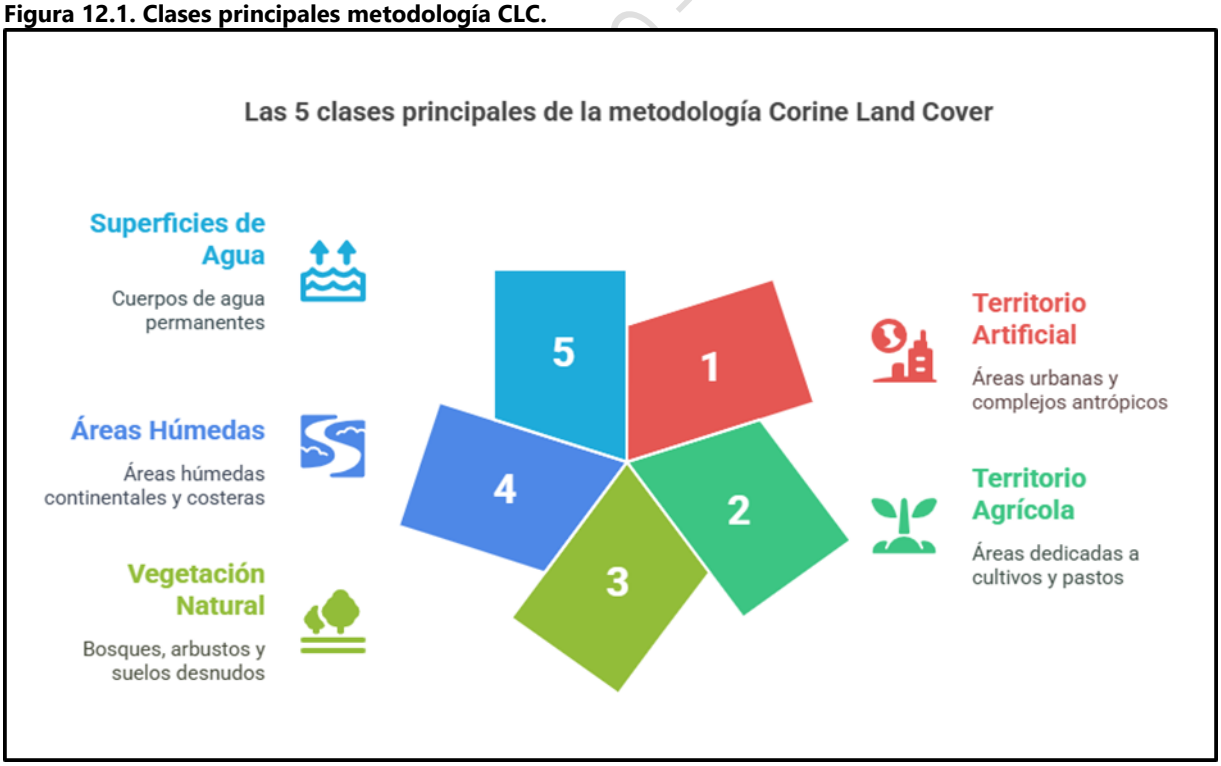
DOCUMENTO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

Los insumos que se manejan son producto de sensores remotos (satélites instalados en plataformas espaciales, que adquieren datos de la superficie terrestre - o teledetección), que en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor, siendo la fuente de radiación la luz reflejada por la tierra proveniente del sol (teledetección pasiva), toman imágenes de la superficie terrestre las cuales son posteriormente tratadas para obtener los insumos que servirán para muchos procesos entre ellos el de determinación de las coberturas de la tierra.

Esta técnica utiliza la característica "observar" o "hacer visible" respuestas radiométricas no perceptibles por el ojo humano como la respuesta de la vegetación a las radiaciones infrarrojas bajo las cuales se pueden determinar su vigor y la respuesta de la clorofila a las longitudes de onda del infrarrojo. El conocimiento y aplicación de la respuesta espectral a variables como: rugosidad, textura, tono, color (aplicando la combinación adecuada de bandas) se convierte en el proceso principal para la identificación de las coberturas.

La leyenda CLC está conformada por 5 clases principales, como se puede representar en la Figura 12.1.

**Figura 12.1. Clases principales metodología CLC.**




Fuente: Análisis SIG presente informe, 2025.

Para la realización del mapa de coberturas de la tierra se deben tener en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

DOCUMENTO - FASE DE PUBLICIDAD

- La unidad mínima cartografiable, que depende de la escala de trabajo. Para el presente proyecto la unidad mínima cartografiable que se determinó fue de 1,6 ha, excepto para los territorios artificializados, donde la unidad mínima es de 1 hectáreas y las unidades lineales como ríos y vías cuyo ancho mínimo fue de 12,5 metros y los límites, donde no se tuvo en cuenta la unidad mínima de mapeo y se delinearon todos los polígonos limítrofes para facilitar los empalmes con otras áreas.
- La identificación y delimitación de la unidad de cobertura de la tierra corresponderá a la fecha de toma de la imagen de satélite.
- Las unidades de la leyenda para la escala 1:25.000 varían desde el nivel 3 hasta el nivel 6 en los diferentes grupos de coberturas, variación que depende del tipo de cobertura y su factibilidad de identificación en la imagen.

#### 12.2.1.1. *Imágenes*

Las imágenes Sentinel 2 son obtenidas de la Agencia Espacial Europea ESA y cuenta con una constelación de tres satélites, cuyo fin principal es el monitoreo de áreas de cultivos (predicción de cosechas, cuantificación de producción, determinación de unidades forestales, cartografía de siniestros, etc.). Estos satélites tienen orbitas secuenciales, helio sincrónicas con la posibilidad de revisita cada cinco días, por lo que la probabilidad de registrar datos es bastante alta frente a otros sistemas de un solo satélite. Las principales características de estas imágenes se resumen en la Figura 12.2.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.2. Características de las imágenes del sensor SENTINEL 2.**

| Categoría | Especificaciones | | |
|---|---|---|---|
| Satélites | Sentinel-2A (2015), Sentinel-2B (2017) y Sentinel-2C (2024) | | |
| Órbita | Heli-síncrona, a 786 km de altitud | | |
| Ancho de Barrido | 290 km | | |
| Revisita Temporal | 5 días (con ambos satélites) | | |
| Cobertura | Global (tierras emergidas, islas costeras, aguas interiores) | | |
| Resolución | Bandas (número) | | Uso |
| 10 m | B2 (azul), B3 (verde), B4 (rojo), B8 (NIR) | | Imágenes ópticas, análisis de vegetación |
| 20 m | B5-B7 (borde rojo), B8A, B11-B12 (SWIR) | | Vegetación, humedad del suelo, minerales |
| 60 m | B1, B9, B10 | | Corrección atmosférica, vapor de agua, cirros |
| Banda | Longitud de onda (nm) | Resolución (m) | Aplicación principal |
| B1 | 443 | 60 | Corrección atmosférica (aerosoles) |
| B2 | 490 | 10 | Azul - Agua y vegetación |
| B3 | 560 | 10 | Verde - Vegetación |
| B4 | 665 | 10 | Rojo - Vegetación |
| B5-B7 | 705-783 | 20 | Borde rojo - Estado de la vegetación |
| B8 | 842 | 10 | Infrarrojo cercano (NIR) - Vegetación |
| B8A | 865 | 20 | NIR estrecho - Vegetación, estructura del dosel |
| B9 | 945 | 60 | Vapor de agua |
| B10 | 1375 | 60 | Corrección atmosférica (cirros) |
| B11-B12 | 1610-2190 | 20 | SWIR - Humedad del suelo, nieve, minerales |

Fuente: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2.

#### 12.2.1.1.1. *Combinación de bandas*

Como se explicó anteriormente, la metodología CORINE Land Cover aprovecha la respuesta de la vegetación y de los objetos a las ondas del infrarrojo. Para el caso de las imágenes Sentinel 2 cuenta con dos bandas de infrarrojo de onda corta (SWIR), B11 y B12, además de dos bandas del infrarrojo cercano (NIR), B8 y B8A, y tres bandas de borde rojo, B5, B6 y B7, en la región del espectro VNIR; para diferentes coberturas se realiza la combinación de estas bandas con el rojo (R) del visible. Las bandas se colocan en los cañones Red (R o Rojo), Green (G o Verde) y Blue (B o Azul) de los monitores convencionales y permiten observar más fácilmente aspectos de vigorosidad, rugosidad respuesta espectral de los elementos terrestres detectados por este sensor.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

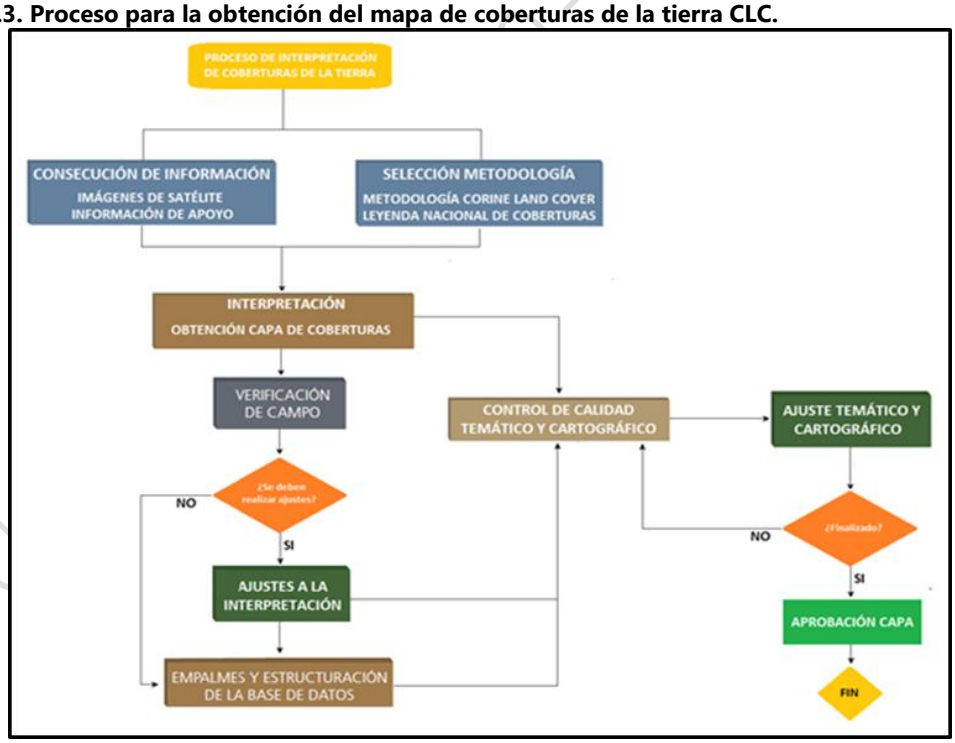
Para el presente trabajo se utilizaron las combinaciones Sentinel 2 (4,3,2) para identificar el color natural en la imagen satelital, y la diferenciación en infrarrojo para vegetación, se utilizaron las combinaciones (8,4,3), así como también la combinación (11,8,4) que identifica, resalta y representa la agricultura presente, debido a la intensidad de colores verdes fluorescentes aplicados a la imagen de satélite.

### 12.2.1.2. *Etapas en la elaboración y verificación del mapa de coberturas de la tierra*

En este punto se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de sensor (que se adapte a la escala de trabajo).
- Bandas (esto varía con el sensor).
- Ortorrectificación.
- Procesamiento digital de la imagen (resolución espectral).
- Sistema de referencia.
- Resolución espacial: tamaño del pixel (directamente relacionado con la escala de trabajo).

**Figura 12.3. Proceso para la obtención del mapa de coberturas de la tierra CLC.**




Fuente: Análisis SIG presente informe, 2025.

Para el proceso de interpretación de las coberturas en la cuenca se utilizó una subventana de la imagen Sentinel 2A, la cual se describe en la Tabla 12.1.

DOCUMENTO EN FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 12.1. Datos imagen SENTINEL 2.**

| Características | |
|---|---|
| Sensor | Sentinel 2 |
| Nombre Imagen | S2A_MSIL2A_20240331T153621_N0510_R068_T18PWT_20240331T222549 |
| Resolución Temporal | 5 y 10 días |
| Bandas | 13 |
| Resolución Espacial | 10, 20 y 60m |
| Escala De Trabajo | 1:25000 |
| Ortorrectificación | Corregida |
| Sistema De Referencia | WGS84, UTM 18N |
| Procesamiento Digital | Corrección de reflectancia Bottom-Of-Atmosphere (BOA), realces |

Otros insumos utilizados fueron la información base de la GDB_POMCA Mallorquín, anexos técnicos y demás datos relevantes que configuran la línea base de diagnóstico, suministrado por la corporación, así como también la capa de biomas referentes a la leyenda CORINE Land Cover adaptada para Colombia. En cuanto a hardware y software se utilizaron los siguientes recursos: Una estación de trabajo con procesador Core i7 y 12 Mb en RAM; en cuanto al software se utilizó como plataforma Windows 7 de 64 bites, ArcGIS 10.x y Google Earth.

#### 12.2.1.2.1. *Interpretación preliminar del mapa de coberturas*

El proceso inicia con la interpretación visual en pantalla preliminar, de las coberturas identificables en la imagen (metodología PIAO) y posteriormente la asignación de códigos a las coberturas de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.

La metodología PIAO (Photointerpretation and Image Analysis On-screen) o en español "Fotointerpretación y Análisis de Imágenes en Pantalla" es una técnica fundamental en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la interpretación visual de imágenes satelitales y fotografías aéreas. Esta metodología combina las técnicas tradicionales de fotointerpretación con las ventajas de los entornos digitales.

Para este proceso preliminar se utilizan, en caso de que se tengan, apoyos que permitan mejorar el proceso de identificación de las coberturas en lugares donde se presenten dudas, tales como:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

- imágenes de alta resolución.
- DEM.
- cartografía a la escala de trabajo.
- ecosistemas, etc.

Como resultado de esta primera parte del proceso se obtiene la leyenda preliminar de coberturas de la tierra para el área de la cuenca.

**12.2.1.2.2. *Trabajo de verificación en campo***

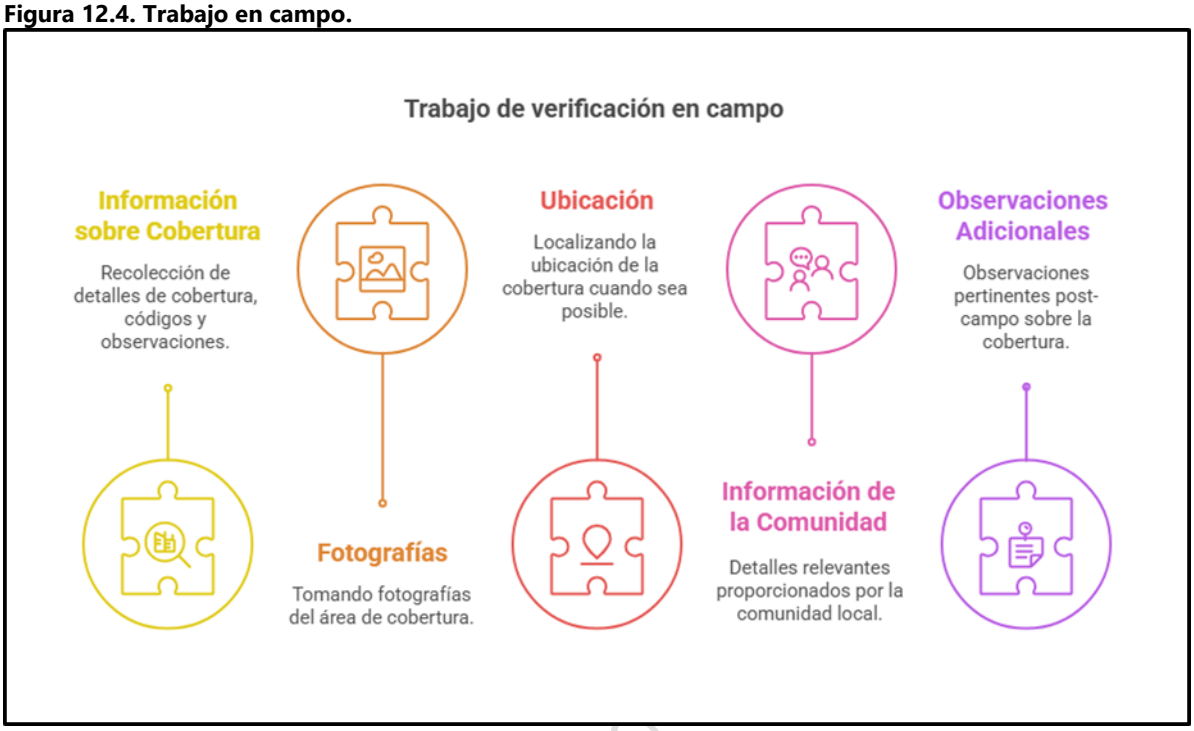
Una vez finalizado el proceso de interpretación preliminar y realizado el primer control de calidad al proceso, utilizando el campo de confiabilidad, se genera un shapefile de puntos de verificación en campo. También se incluyen algunos puntos de control, para comprobación de la exactitud del proceso, Con base en este shapefile se realiza la planificación de recorridos, los cuales se ven determinados por: los puntos de duda, la zona de trabajo, accesibilidad, temporada del año y tiempo de permanencia en campo, para esto se genera un shapefile de rutas (vías).

Toda la información se monta en el navegador: shapefile de puntos de revisión, shapefile de rutas; shapefile con la interpretación preliminar y cartografía base que incluya centros poblados, límites municipales, ríos, etc.

Teniendo en cuenta lo planificado en oficina, se realizan los recorridos y se toman los puntos de verificación, siguiendo el proceso característico que se realiza en campo como se puede apreciar en la Figura 12.4.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.4. Trabajo en campo.**




Fuente: Análisis SIG presente informe, 2025.

Cabe anotar que todas las dudas deben ser aclaradas en campo, sin embargo, no es posible la visita a todas las áreas, pues esto requeriría de un trabajo dispendioso y recursos que muchas veces no se tienen disponibles, sobre todo a zonas inaccesibles de la cuenca, por lo cual se recurre al llamado patronamiento con coberturas que consiste en correlacionar lo visto en campo con lo expresado en la imagen de satélite; de esta manera es posible identificar coberturas en áreas inaccesibles o que presentan dudas; no obstante si hay persistencia en la duda, la metodología admite que se referencia dicha duda en la base de datos geográfica.

Se debe tener en cuenta que no todos los cambios detectados en campo con respecto a la interpretación preliminar corresponden a errores en esta última, puesto que hay coberturas o eventos de temporalidad que pueden modificar las condiciones espaciales y los insumos la mayoría de las veces no es posible que sean actualizados para el trabajo de campo. Por esto es importante, en lo posible, hablar con las personas de la región para determinar el tiempo que la cobertura actual lleva establecida.

### 12.2.1.3. *Interpretación definitiva y control de calidad final*

Durante esta parte del proceso, se lleva a cabo la comparación de la información obtenida en campo con la interpretación preliminar, para determinar y corregir los posibles errores.

- Se revisan los puntos de control obtenidos.

DOCUMENTO DEFINITIVO

- Se corrigen los errores detectados y en los casos en que aplique se realiza el cambio.
- Se realiza el control de calidad final a la capa (exactitud temática, consistencia lógica y consistencia topológica)
- Se genera la capa de coberturas con la leyenda definitiva.

### 12.2.2. Metodología uso actual de la tierra

Esta metodología correlaciona las coberturas de la tierra con el uso del suelo cuya codificación se encuentra normada conforme a los lineamientos establecidos en las tablas generadas por Entidades como el Ministerio de Ambiente, la ANLA y la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). A partir de la codificación establecida se realizó una tabla en la que se asociaban los usos de la tierra las coberturas existentes, teniendo en cuenta información obtenida en campo.

**Tabla 12.2. Grupos de uso y usos actuales en la cuenca Mallorquín.**

| Grupos de uso |
|---|
| Agricultura |
| Asentamiento |
| Conservación |
| Cuerpos de Agua Naturales |
| Eriales |
| Forestal |
| Ganadería |
| Infraestructura |
| Minería |
| **Usos actuales** |
| Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE) |
| Avicultura |
| Comercial |
| Cuerpos de Agua Naturales |
| Cultivos permanentes intensivos (CPI) |
| Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) |
| Cultivos transitorios intensivos (CTI) |
| Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) |
| Disposición de materiales líquidos |
| Disposición de materiales sólidos |
| Ganadería |
| Industrial |
| Materiales de construcción |
| Pastoreo extensivo (PEX) |
| Piscicultura |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

| |
|---|
| Protección |
| Recreacional |
| Residencial |
| Servicios |
| Sistema forestal productor (FPD) |
| Transporte |

#### 12.2.2.1. *Etapas en la clasificación del uso actual de la tierra*

Para la determinación del uso de la tierra en primer lugar se realiza la recolección de información relacionada con el uso de la tierra en la región de la cuenca, al momento de realizar las visitas de campo, posteriormente en oficina con esta información y con las tablas de uso actual se realiza la clasificación de los usos de la tierra para los diferentes tipos de coberturas existentes dentro del área de la cuenca, asociando cada uso al tipo de cobertura correspondiente. Posteriormente se genera el mapa de uso.

### 12.2.3. Metodología análisis multitemporal

El análisis multitemporal constituye una herramienta clave en el monitoreo de cambios en la cobertura de la tierra, permitiendo identificar transformaciones asociadas a procesos naturales o antrópicos. Esta técnica, fundamentada en el uso de teledetección, ha sido ampliamente utilizada en estudios de coberturas (Carlson & Rubingh, 1979; Byrne et al., 1980; Stow et al., 1980; Jensen, 1982).

La metodología implementada en este estudio corresponde a la propuesta del IDEAM (2013), basada en Feranec (2012), la cual plantea la comparación cartográfica entre capas de coberturas de al menos dos periodos distintos. Es fundamental que dichas capas correspondan a la misma época climática (por ejemplo, dos épocas secas) con el fin de evitar sesgos por variabilidad estacional.

El objetivo principal de esta comparación es detectar pérdidas o ganancias en términos de área para cada tipo de cobertura. Esta información permite establecer patrones de cambio asociados a la expansión de la frontera agrícola, transformación de ecosistemas, crecimiento de áreas urbanas o procesos de degradación ambiental. Para garantizar la precisión del análisis, es indispensable que la generación de mapas de coberturas se realice de forma periódica. Solo así es posible construir una serie temporal confiable que permita analizar las dinámicas de uso de la tierra, facilitando la toma de decisiones en procesos de planificación y gestión territorial.
A continuación, se presentan los indicadores de cambio utilizados en el análisis multitemporal.

**Tabla 12.3. Indicadores de cambio de coberturas considerados en el análisis multitemporal.**

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE BUENA VIDAD

| CÓDIGO INDICADOR | NOMBRE INDICADOR | DESCRIPCIÓN INDICADOR |
|---|---|---|
| NA | Sin información | Áreas con presencia de nubes en alguno de los dos períodos, donde no aplica el análisis de cambio en las coberturas. |
| 0 | Sin cambio | Áreas donde se no se presentó ningún cambio y que conservan el mismo código de cobertura a nivel 3 tanto en el primero como en el segundo período. |
| 1 | Cambio similar | Áreas donde siendo diferente el código de la cobertura a nivel 3, para efectos del análisis multitemporal se consideran zonas sin cambios debido a similitud de las coberturas presentes en ambos mapas. Por ejemplo, bosques densos (311) que cambien a bosques de galería (314) o viceversa. |
| 2 | Fragmentación del bosque | Todas aquellas áreas de bosque, que, siendo ocupadas en el primer período por bosques densos, se presentan como bosques fragmentados en el mapa del segundo periodo. Además, se incluyen, en este indicador, todas aquellas áreas que en el primer período aparecían como bosque y en el segundo período sean vegetación secundaria. |
| 3 | Recuperación del bosque | En este indicador se incluyen las áreas que no eran bosque en el mapa del primer periodo y que en el segundo período aparecen como cualquier tipo de bosque. Se incluyen también en este indicador los bosques fragmentados que se hayan recuperado y por lo tanto se registren como bosques densos o bosques de galería en el segundo período. (para la calificación de este indicador se debe tener en cuenta la cantidad de años que hay entre los dos períodos, debido a que la aparición de un bosque no se da en períodos inferiores a 15 años o más, dependiendo de las especies). |

DEFINITIVO - FASE DE PUBLICADO

| CÓDIGO INDICADOR | NOMBRE INDICADOR | DESCRIPCIÓN INDICADOR |
|---|---|---|
| 4 | Ganancia de pastos | Son áreas ganadas de cualquier tipo de pasto que no existían en el mapa 2000-2002 y que están presentes en el mapa 2005-2009. Estas áreas incluyen las zonas de pérdida de bosque para establecimiento de pasturas. |
| 5 | Urbanización | Se incluyen en este indicador las áreas de territorios artificializados presentes en el segundo período, que no existían en el primer período, separando. No incluye las zonas mineras que son contempladas en otro indicador. |
| 6 | Intensificación de la agricultura | Este indicador cuantifica todas aquellas áreas de mosaicos que presentaban espacios naturales en el primer período y que pasaron a mosaicos de cultivos sin espacios naturales o a algún tipo de pasto o cultivo puro. |
| 7 | Expansión de la agricultura | Con este indicador se pretende identificar las áreas ganadas en cultivos provenientes de zonas que en el mapa del periodo 2000 - 2002 estaban ocupadas por algún tipo de pasto o cobertura natural |
| 8 | Dinámica de cuerpos de agua | En este indicador se representan los cambios que hayan tenido los cuerpos de agua n los dos periodos de tiempo analizados |
| 9 | Desintensificación de la agricultura | Se considera en este indicador las áreas que en el mapa del periodo 2000 - 2002 presentaban algún tipo de cultivo o pastizal ya sea puro o en mosaico, y que en el mapa del periodo 2005 - 2007 haya cambiado a algún tipo de cobertura natural o a algún tipo de mosaico con presencia de espacios naturales |
| 10 | Aumento de la minería | Dada la importancia del tema minero para el país en este momento, se incluyó un indicador que permite identificar de qué tipo de coberturas provienen las áreas mineras presentes en el mapa del periodo 2005-2009, aclarando que |

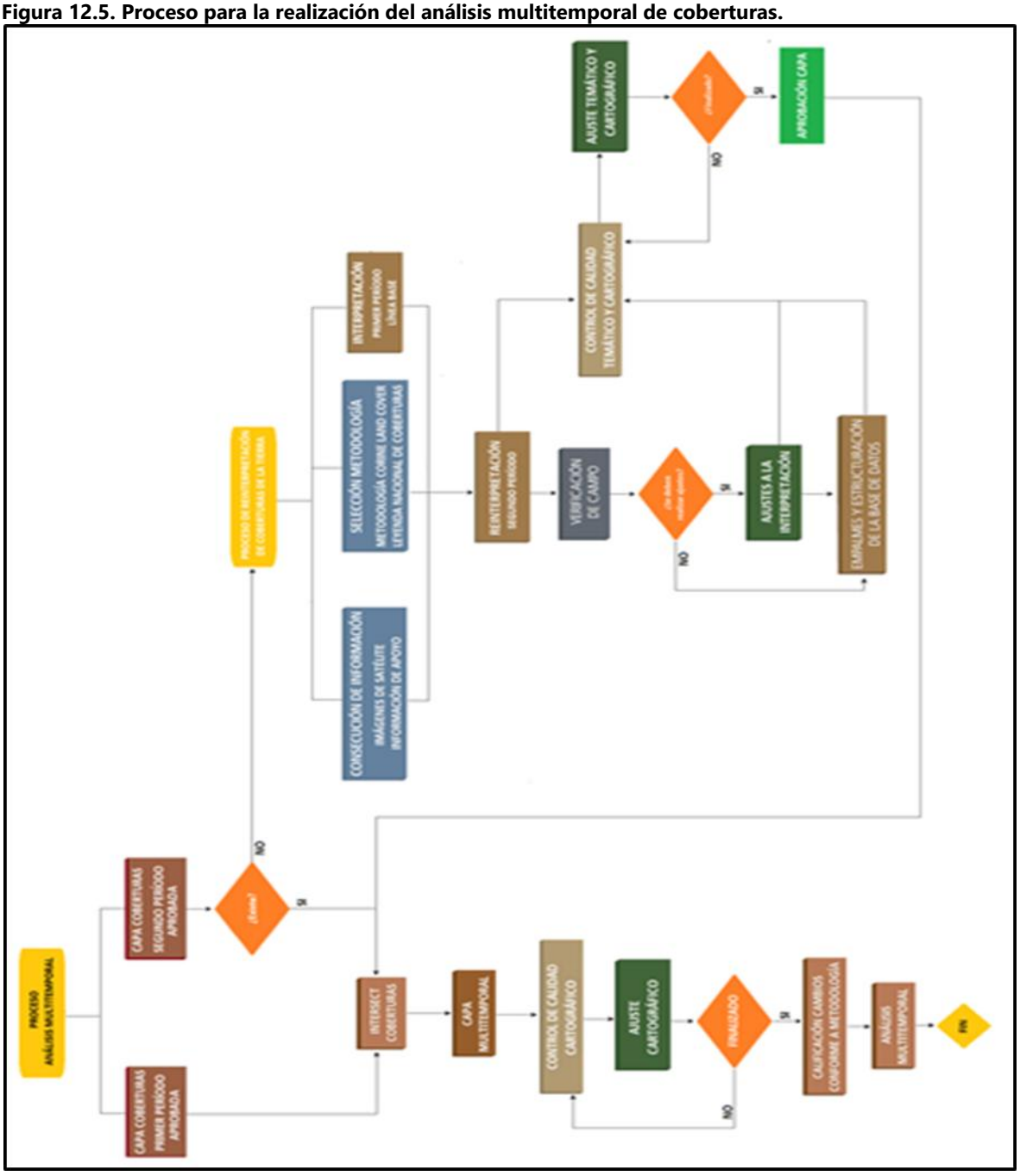
DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

| CÓDIGO INDICADOR | NOMBRE INDICADOR | DESCRIPCIÓN INDICADOR |
|---|---|---|
| | | estas áreas tienen la limitante de la escala de la información (1:100.000) |
| 11 | Reforestación | En este indicador las áreas de plantaciones forestales presentes en el mapa del periodo 2005 - 2007 y que no estaban presentes en el mapa de coberturas del periodo anterior |
| 12 | Degradación de tierras | El indicador se utiliza para reconocer las áreas que en el mapa del periodo 2005 - 2009 se presentan como afloramientos rocosos o tierras degradadas pero que en el mapa del periodo anterior estas áreas presentaban algún tipo de cobertura vegetal ya sea natural o antrópica |
| 13 | Otros cambios | Este indicador recoge los cambios que no son considerados en el análisis multitemporal. Estos incluyen tanto los cambios no lógicos que se presentaron, como los cambios que, aun siendo lógicos, no se consideraron relevantes para analizar |
| 14 | Desintensificación de la ganadería | En este indicador se utiliza para medir el nivel de intensidad con el que se explota una zona para la producción ganadera. Un valor alto del indicador sugiere una ganadería más intensiva, mientras que un valor bajo indica una ganadería más extensiva. |

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 12.2.3.1. *Etapas en la realización del análisis multitemporal de coberturas*

**Figura 12.5. Proceso para la realización del análisis multitemporal de coberturas.**




A continuación, la Tabla 12.4 se presenta el paso a paso que se debe desarrollar a la hora de ejecutar un análisis multitemporal de capas de coberturas, basadas en determinadas líneas del tiempo.

**Tabla 12.4. Proceso de análisis multitemporal de coberturas.**

| Paso | Descripción | Herramienta / Observación |
|---|---|---|
| 1. Cruce de capas de coberturas | Se combinan las capas de coberturas de los dos periodos analizados (ej. 2005 y 2012) para identificar cambios. | Se utiliza la operación espacial **"Intersect"**. |
| 2. Generación de capa combinada | Se obtiene una nueva capa geográfica que contiene los atributos de ambas capas originales. | Resultado del intersect. |
| 3. Fusión de polígonos menores a 5 ha | Se agrupan con coberturas adyacentes aquellos polígonos menores a 5 hectáreas. | Alineado con la escala de trabajo 1:100.000, donde 5 ha es la unidad mínima visible. |
| 4. Eliminación de cambios irrelevantes | Se depuran los cambios que no representan modificaciones reales en la cobertura. | Evita errores por diferencias de delineación o tolerancias cartográficas. |
| 5. Asignación de identificadores | Se agregan dos columnas: una llamada "**identificador**" (tipo short integer) y otra "**indicador**" (nombre del cambio). | Basado en la cobertura del **segundo periodo**. |
| 6. Calificación de combinaciones | A cada combinación de coberturas (ej. bosques → pastos) se le asigna un código representativo del cambio. | Ejemplo: Código 4 = "ganancia de pastos". |
| 7. Clasificación final | Se clasifica la capa según la columna **Indicador**. | Permite generar el mapa de análisis multitemporal. |
| 8. Análisis de resultados | Se interpretan los cambios obtenidos para evaluar dinámicas de uso del suelo. | Base para conclusiones y toma de decisiones. |

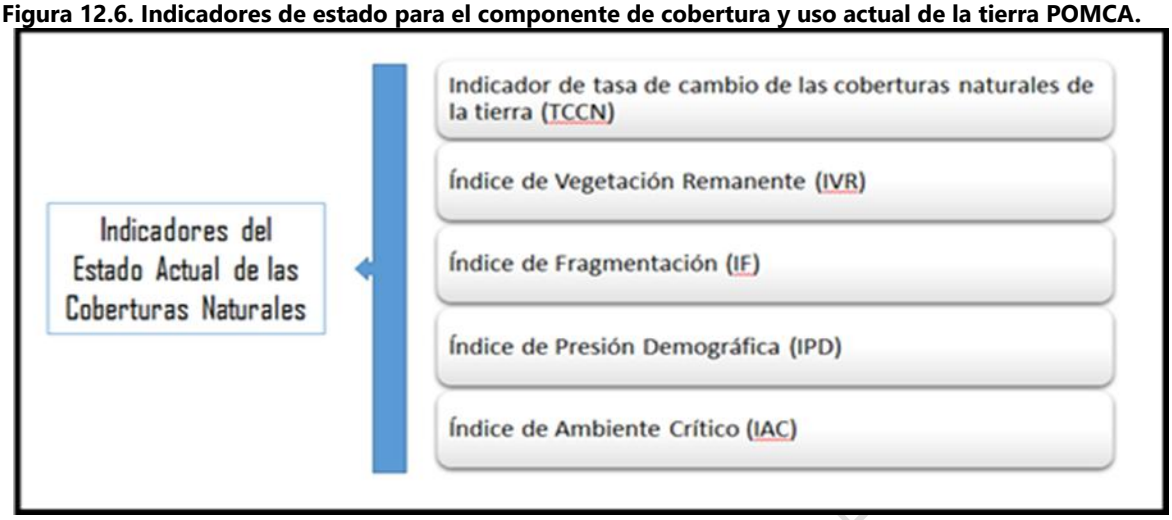
Fuente: Análisis SIG presente informe, 2025.

### 12.2.4. Metodología cálculo de indicadores de estado

Los indicadores de línea base o indicadores de estado en el componente de coberturas, permiten establecer y caracterizar el estado de estas coberturas y su grado de transformación en el tiempo. Para el POMCA ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se plantearon y calcularon 5 indicadores de estado actual. Estos indicadores contribuyen en la determinación del estado situacional de la cuenca y la síntesis ambiental.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.6. Indicadores de estado para el componente de cobertura y uso actual de la tierra POMCA.**



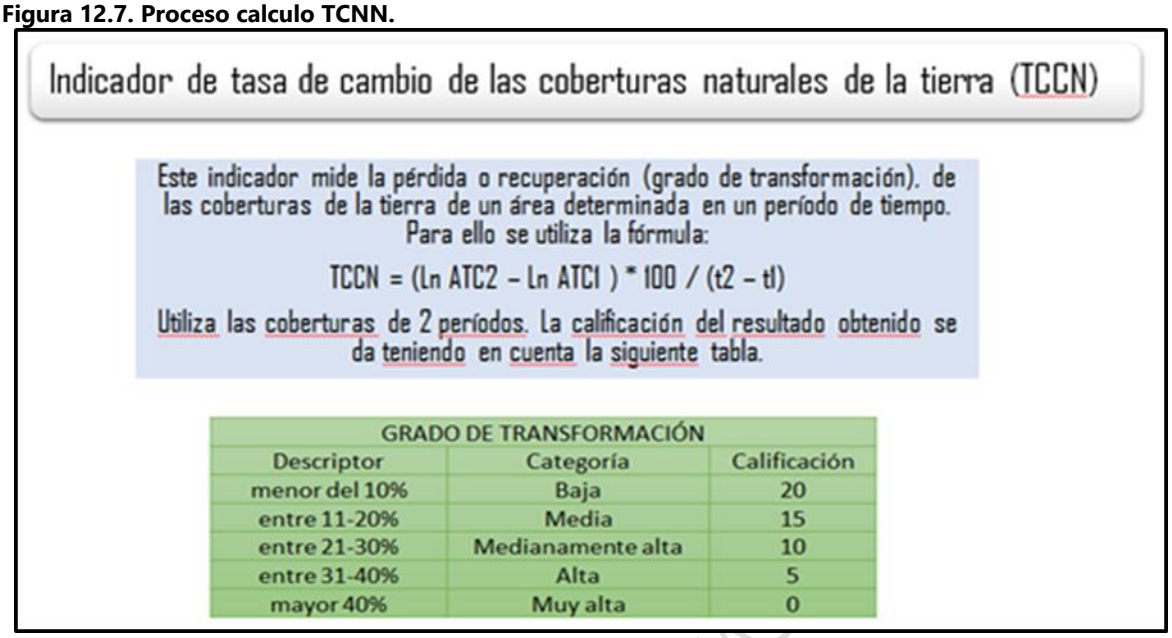

Fuente: Adaptado de MINAMBIENTE, 2014.

### 12.2.4.1. *Indicador de tasa de cambio de las coberturas naturales (TCCN)*

El indicador de tasa de cambio de las coberturas naturales mide los cambios de área de las coberturas naturales de la tierra en un período de tiempo, a partir de los resultados del análisis multitemporal, mediante el cálculo de este indicador se identifican las pérdidas de coberturas que afectan los hábitats en que se asientan la flora y la fauna. La tasa de cambio estima el grado de conservación o pérdida de cobertura natural y los patrones de conversión.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE

**Figura 12.7. Proceso calculo TCNN.**




### 12.2.4.2. *Índice de vegetación remanente (IVR)*

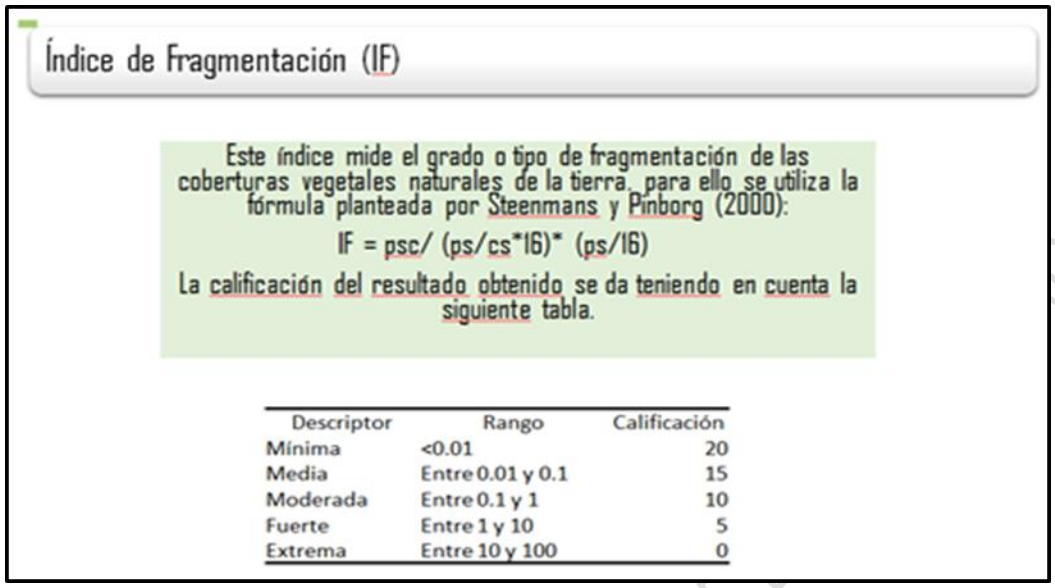
Este indicador expresa la cobertura de vegetación natural remanente de un área como porcentaje total de la misma; dicho indicador se estima para cada una de las coberturas de la zona en estudio. (Márquez, 2002, con modificación).

**Figura 12.8. Proceso Calculo IVR.**

### 12.2.4.3. *Índice de fragmentación (IF)*

La fragmentación se entiende como la división de un hábitat originalmente continuo en relictos remanentes inmersos en una matriz transformada (Sanders et ál., 1991). Con el fin de conocer el índice de fragmentación se aplicará la metodología de Steenmans y Pinborg (2000) que tiene en cuenta el número de bloques de vegetación y su grado de conectividad.

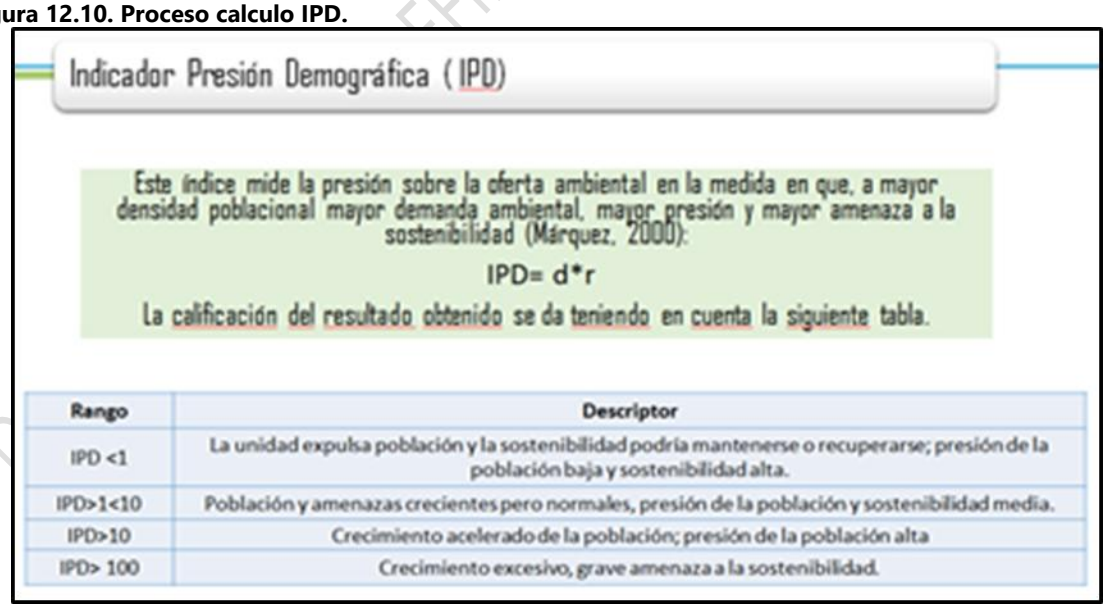
**Figura 12.9. Proceso calculo IF.**




### 12.2.4.4. *Índice de presión demográfica (IPD)*

Mide la tasa de densidad de la población por unidad de análisis, lo cual indica la presión sobre la oferta ambiental en la medida en que, a mayor densidad mayor demanda ambiental, mayor presión y mayor amenaza a la sostenibilidad (Márquez, 2000). El tamaño de la población denota la intensidad del consumo y el volumen de las demandas que se hacen sobre los recursos naturales.

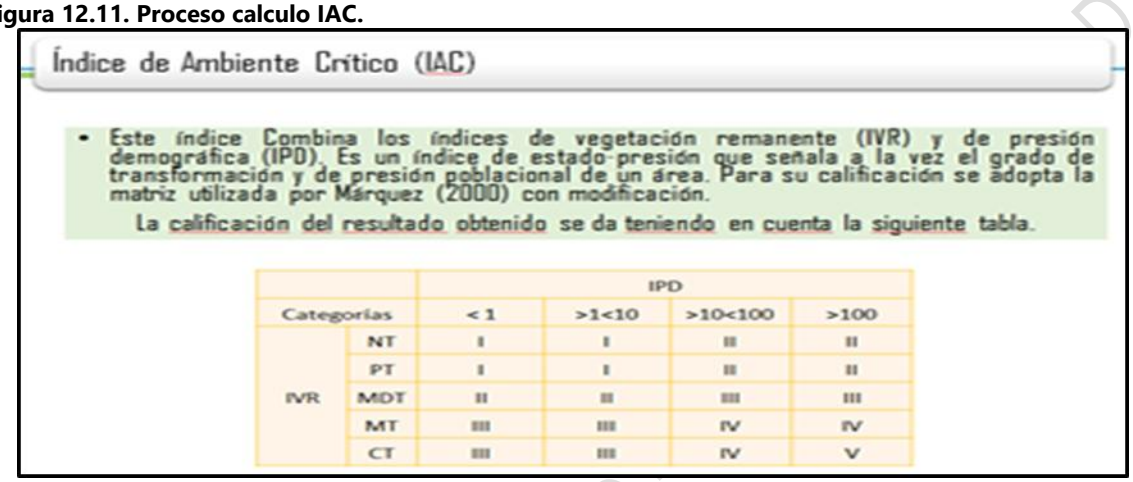
**Figura 12.10. Proceso calculo IPD.**



### 12.2.4.5. *Índice de ambiente critico (IAC)*

Combina los indicadores de vegetación remanente (IVR) y el índice de presión demográfica (IPD), de donde resulta un índice de estado-presión que señala a la vez grado de transformación y presión poblacional. Para calificar las áreas se adopta la matriz utilizada por Márquez (2000) con modificación.

**Figura 12.11. Proceso calculo IAC.**




| | | IPD | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Categorías | | < 1 | >1<10 | >10<100 | >100 |
| IVR | NT | I | I | II | II |
| | PT | I | I | II | II |
| | MDT | II | II | III | III |
| | MT | III | III | IV | IV |
| | CT | III | III | IV | V |

### 12.2.4.6. *Índice del estado actual de las coberturas naturales (IEACN)*

A través de este índice se pretende analizar de forma consolidada los resultados de las calificaciones obtenidas en los índices anteriores (TCCN, IVR, IF e IAC) como un consolidado de las diferentes variables biótico - poblacionales. Teóricamente debería reflejar unas áreas de optima conservación en las cuales se tengan los mejores resultados de vegetación remanente, pero las presiones por aumento poblacional sean menores. Este índice se podría tomar como un aspecto directo a tener en cuenta en el momento de plantear la zonificación y simplificaría el análisis en conjunto de los índices que lo conforman. la construcción de esta índice resulta de la sumatoria de los cuatro anteriores, a los cuales se les debe realizar una "recalificación" de acuerdo a los rangos que previamente se establecen para cada uno de ellos, siendo el mayor valor de 20 unidades por condición deseada o mejor condición y de 0 puntos para las categorías que reflejen las condiciones más afectadas o que no apliquen.

La siguiente tabla ilustra los valores para cada posibilidad de cada índice:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Tabla 12.5. Valores para cada variable y categoría para la construcción del índice de estado de coberturas naturales.**

| Categorías IVR | Valor IVR para calculo IEACN | Categorías TCCN | Valor TCCN para calculo IEACN | Categorías IF | Valor IF para calculo IEACN | Categorías IAC | Valor IAC para calculo IEACN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | 0 | < 40 | 0 | 10 - 100 | 0 | V | 0 |
| MT | 5 | 40- 31 | 5 | 10 - 1 | 5 | IV | 5 |
| MDT | 10 | 30 - 21 | 10 | 1 -0,1 | 10 | III | 10 |
| PT | 15 | 20 - 11 | 15 | 0,1 - 0,01 | 15 | III | 15 |
| NT | 20 | > 10 | 20 | > 0,01 | 20 | I | 20 |

Conforme a lo anterior y mediante algebra de mapas, se obtienen valores los cuales determinan la cualificación final conforme a la siguiente tabla:

**Tabla 12.6. Valores índice estado actual cobertura naturales.**

| VALORES INDICE ESTADO ACTUAL COBERTURAS NATURALES | |
|---|---|
| **VALOR - RANGO** | **CATEGORIA** |
| 0 | Completamente transformada |
| 1 - 20 | Altamente transformada |
| 21 - 40 | Transformada |
| 41 - 60 | Medianamente transformada |
| < 60 | Conservada |

Seguidamente se debe reclasificar las coberturas de la tierra, dado que, u según la literatura se pretende analizar el estado de cada cobertura natural, por ende, se realiza una serie de reclasificaciones y exclusiones conforme a lo siguiente:

Se excluyen todas las coberturas de los grupos 1 (Territorios artificializados), se excluyen todas las coberturas del grupo 2 (Territorios Agrícolas), se excluyen todas las coberturas del grupo 5 (Superficies de agua), dados la importancia, biota y ecosistema, se analizan las zonas de áreas húmedas continentales en sus unidades de Zonas pantanosas continentales (411) y Pantanos costeros (421). De las unidades de Bosques y áreas seminaturales se excluyen todas las unidades de Áreas abiertas sin o con poca vegetación (33); de las unidades de Arias con vegetación herbácea y/o arbustiva se excluyen las unidades vegetación secundaria baja, que, aunque pertenecen a lo natural, están muy relacionadas con procesos de producción antrópica y generalmente reincorporándose a los ciclos productivos. De las unidades de bosques se excluyen las unidades de Plantación forestal.

Conforme a lo anterior y dadas las exclusiones se analizan las unidades de bosques clasificadas ahora como código 31, las áreas de vegetación herbácea y/o arbustiva

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

codificadas ahora como 32, y las zonas húmedas tanto continentales como costeras codificadas ahora con códigos 41 y 42 respectivamente.

### 12.2.5. Otras consideraciones metodológicas

Para realizar un análisis multitemporal de coberturas preciso y confiable, es fundamental emplear capas con alta calidad temática, creadas a una misma escala de trabajo, a fin de evitar inconsistencias derivadas de errores de interpretación, codificación o diferencias de detalle. Antes de la entrega del producto final, se deben efectuar ajustes que garanticen la calidad geográfica y temática de la capa, incluyendo una revisión topológica para eliminar superposiciones o vacíos entre polígonos, así como una revisión temática que verifique la correcta asignación de códigos según la metodología. Además, se debe comprobar que la base de datos esté completamente diligenciada, sin errores de codificación ni campos vacíos, especialmente en el campo "Insumo", esencial para la trazabilidad y análisis del producto.

## *12.3. Descripción de las Coberturas de la Tierra en la Cuenca*

En este apartado se presenta la descripción detallada de las 95 clases de cobertura identificadas entre naturales y antrópicas durante el proceso de interpretación para la cuenca hidrográfica de los arroyos Grande y León, y Ciénaga de Mallorquín. En la Tabla 12.7 se puede observar de rapidez todas las coberturas con su correspondiente código, área en hectáreas y porcentaje respecto de la cuenca.

**Tabla 12.7. Coberturas presentes en la cuenca.**

| Código | Cobertura (todo nivel) | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|---|
| 1.1.1 | Tejido urbano continuo | 3625,86 | 12,28% |
| 1.1.2 | Tejido urbano discontinuo | 575,73 | 1,95% |
| 1.2.1 | Zonas industriales o comerciales | 466,91 | 1,58% |
| 1.2.1.1 | Zonas industriales | 672,01 | 2,28% |
| 1.2.1.1.5.1 | Ganadería (matadero) | 52,79 | 0,18% |
| 1.2.1.1.5.2 | Avicultura (galpones) | 70,98 | 0,24% |
| 1.2.1.2 | Zonas comerciales | 156,8 | 0,53% |
| 1.2.2.1 | Red vial y territorios asociados | 479,36 | 1,62% |
| 1.2.2.2 | Red ferroviaria y terrenos asociados | 5,58 | 0,02% |
| 1.2.4.2 | Aeropuerto sin infraestructura asociada | 1,27 | 0,004% |
| 1.2.5 | Obras hidráulicas | 8,95 | 0,03% |
| 1.3.1.2 | Explotación de hidrocarburos | 31,99 | 0,11% |
| 1.3.1.5 | Explotación de materiales de construcción | 288,98 | 0,98% |
| 1.3.2 | Zonas de disposición de residuos | 46,60 | 0,16% |
| 1.3.2.1 | Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto | 21,92 | 0,07% |
| 1.3.2.3 | Vertederos | 27,03 | 0,09% |
| 1.3.2.4 | Relleno sanitario | 72,13 | 0,24% |
| 1.4.1 | Zonas verdes urbanas | 4,79 | 0,02% |

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

| Código | Cobertura (todo nivel) | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|---|
| 1.4.1.1 | Otras zonas verdes urbanas | 17,62 | 0,06% |
| 1.4.1.2 | Parques cementerios | 18,99 | 0,06% |
| 1.4.1.6 | Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas | 3,18 | 0,01% |
| 1.4.2 | Instalaciones recreativas | 10,23 | 0,03% |
| 1.4.2.1 | Áreas culturales | 91,21 | 0,31% |
| 1.4.2.2 | Áreas deportivas | 87,26 | 0,30% |
| 1.4.2.3 | Áreas turísticas | 29,64 | 0,10% |
| 2.1.1 | Otros cultivos transitorios | 114,76 | 0,39% |
| 2.1.3.3 | Fríjol | 15,44 | 0,05% |
| 2.1.5.2 | Yuca | 9,05 | 0,03% |
| 2.2.1.1 | Otros cultivos permanentes herbáceos | 1,47 | 0,005% |
| 2.2.3.4 | Mango | 14,99 | 0,05% |
| 2.3.1 | Pastos limpios | 2464,26 | 8,35% |
| 2.3.2 | Pastos arbolados | 665,56 | 2,25% |
| 2.3.3 | Pastos enmalezados | 600,34 | 2,03% |
| 2.4.1 | Mosaico de cultivos | 209,00 | 0,71% |
| 2.4.2 | Mosaico de pastos y cultivos | 7,42 | 0,03% |
| 2.4.3.1 | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales arbóreos | 198,69 | 0,67% |
| 2.4.3.2 | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales arbustivos | 157,36 | 0,53% |
| 2.4.3.3 | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales herbáceos | 27,52 | 0,09% |
| 2.4.4.1 | Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos | 259,60 | 0,88% |
| 2.4.4.2 | Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos | 237,66 | 0,80% |
| 2.4.4.3 | Mosaico de pastos con espacios naturales herbáceos | 123,64 | 0,42% |
| 2.4.4.4 | Mosaico de pastos con otros espacios naturales | 17,27 | 0,06% |
| 2.4.5 | Mosaico de cultivos y espacios naturales | 7,56 | 0,03% |
| 2.4.5.1 | Mosaico de cultivos y espacios naturales arbóreos | 201,21 | 0,68% |
| 2.4.5.2 | Mosaico de cultivos y espacios naturales arbustivos | 120,96 | 0,41% |
| 2.4.5.3 | Mosaico de cultivos y espacios naturales herbáceos | 53,29 | 0,18% |
| 3.1.1.1.2.2 | Manglar denso alto | 222,46 | 0,75% |
| 3.1.1.2.1 | Bosque denso bajo de tierra firme | 2,78 | 0,01% |
| 3.1.1.2.2 | Bosque denso bajo inundable | 13,95 | 0,05% |
| 3.1.2.2 | Bosque abierto bajo | 158,33 | 0,54% |
| 3.1.2.2.1 | Bosque abierto bajo de tierra firme | 108,96 | 0,37% |
| 3.1.3.1 | Bosque fragmentado con pastos y cultivos | 79,13 | 0,27% |
| 3.1.3.1.2 | Bosque fragmentado bajo con pastos y cultivos | 236,27 | 0,80% |
| 3.1.3.2 | Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 203,01 | 0,69% |
| 3.1.4 | Bosque de galería y/o ripario | 710,04 | 2,40% |
| 3.1.4.1 | Bosque de galería y ripario alto | 111,44 | 0,38% |
| 3.1.4.2 | Bosque de galería y ripario bajo | 145,01 | 0,49% |
| 3.1.5 | Plantación forestal | 16,56 | 0,06% |
| 3.1.5.2 | Plantación de latifoliadas | 125,57 | 0,43% |
| 3.2.1.1.1 | Herbazal denso de tierra firme | 5,36 | 0,02% |
| 3.2.1.1.1.1 | Herbazal denso de tierra firme no arbolado | 1848,43 | 6,26% |
| 3.2.1.1.1.2 | Herbazal denso de tierra firme arbolado | 592,41 | 2,01% |

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Código | Cobertura (todo nivel) | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|---|
| 3.2.1.1.1.3 | Herbazal denso de tierra firme con arbustos | 2426,67 | 8,22% |
| 3.2.1.1.2 | Herbazal denso inundable | 19,95 | 0,07% |
| 3.2.1.1.2.1 | Herbazal denso inundable no arbolado | 428,11 | 1,45% |
| 3.2.1.1.2.2 | Herbazal denso inundable arbolado | 23,38 | 0,08% |
| 3.2.1.2 | Herbazal abierto | 182,45 | 0,62% |
| 3.2.1.2.1 | Herbazal abierto arenoso | 131,67 | 0,45% |
| 3.2.2.1 | Arbustal denso | 210,36 | 0,71% |
| 3.2.2.1.1 | Arbustal denso alto | 1474,73 | 4,99% |
| 3.2.2.1.2 | Arbustal denso bajo | 1486,16 | 5,03% |
| 3.2.2.2 | Arbustal abierto | 1795,48 | 6,08% |
| 3.2.2.2.1 | Arbustal abierto esclerófilo | 1607,48 | 5,44% |
| 3.2.2.2.2 | Arbustal abierto mesófilo | 72,71 | 0,25% |
| 3.2.3.1 | Vegetación secundaria alta | 221,58 | 0,75% |
| 3.2.3.2 | Vegetación secundaria baja | 830,34 | 2,81% |
| 3.3.1.1 | Playas | 32,22 | 0,11% |
| 3.3.1.2 | Arenales | 12,63 | 0,04% |
| 3.3.3 | Tierras desnudas y degradadas | 83,48 | 0,28% |
| 3.3.3.1 | Tierras erosionadas | 44,17 | 0,15% |
| 3.3.4 | Zonas quemadas | 130,29 | 0,44% |
| 4.1.1 | Zonas pantanosas | 42,91 | 0,15% |
| 4.1.3 | Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | 8,64 | 0,03% |
| 4.2.1 | Pantanos costeros | 39,31 | 0,13% |
| 4.2.2 | Salitral | 16,72 | 0,06% |
| 4.2.3 | Sedimentos expuestos en bajamar | 8,90 | 0,03% |
| 5.1.1 | Ríos (50 m) | 45,75 | 0,15% |
| 5.1.2 | Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 126,88 | 0,43% |
| 5.1.3 | Canales | 26,75 | 0,09% |
| 5.1.4 | Cuerpos de agua artificiales | 168,05 | 0,57% |
| 5.1.4.2 | Lagunas de oxidación | 44,08 | 0,15% |
| 5.1.4.3 | Estanques para acuicultura continental | 13,55 | 0,05% |
| 5.1.4.4 | Jagüey | 36,58 | 0,12% |
| 5.2.1 | Lagunas costeras | 701,37 | 2,38% |
| 5.2.2 | Mares y océanos | 80,46 | 0,27% |
| | Total | **29527,62** | **100,00%** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 12.3.1. Territorios artificializados

#### 12.3.1.1. *Tejido urbano continuo (1.1.1)*

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. La superficie de la unidad debe ser superior a cinco hectáreas. Representado por el tejido urbano continuo (12,28 %) de los cascos urbanos presentes en la cuenca.

#### 12.3.1.2. *Tejido urbano discontinuo (1.1.2)*

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas, representando el 1,95 % de ocupación en la cuenca y un área de 575,73 Ha.

#### 12.3.1.3. *Zonas industriales o comerciales (1.2.1)*

Son las áreas cubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, alquitranados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes; esta cobertura alberga zonas comerciales o industriales (1295 Ha), ganadería (52,79 Ha) y Avicultura (70,98 Ha), representado el 4,73 % de ocupación en la cuenca, debido a la demanda turística e industrial que posee la región.

#### 12.3.1.4. *Red vial, ferroviaria y terrenos asociados (1.2.2)*

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes. La superficie debe ser mayor a cinco hectáreas y el ancho de la vía debe ser superior a 50 metros, esta cobertura alberga un área de 484,94 Ha en la cuenca, representando el 1,64 % de ocupación.

#### 12.3.1.5. *Aeropuertos (1.2.4)*

Comprende la infraestructura donde funciona una terminal aérea. Incluye las pistas de aterrizaje y carreteo, los edificios, las superficies libres, las zonas de amortiguación y la vegetación asociada, esta cobertura alberga un área de 1,27 Ha en la cuenca, representando el 0,004 % de ocupación.

#### 12.3.1.6. *Obras hidráulicas (1.2.5)*

Superficies que corresponden a construcciones consolidadas de carácter permanente, destinadas a instalaciones hidráulicas, y aquellas de pequeña magnitud, generalmente

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

asociadas con infraestructura urbana, tales como acueductos, bocatomas, plantas de tratamiento y pequeñas presas, representando el 0,03 % de ocupación en la cuenca y un área de 8,95 Ha.

#### 12.3.1.7. *Zonas de extracción minera (1.3.1)*

Son áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales a cielo abierto, esta cobertura alberga un área de 320,98 Ha en la cuenca, representando la explotación de hidrocarburos (0,11%) y la explotación de materiales de construcción (0,98%) de ocupación.

#### 12.3.1.8. *Zona de disposición de residuos (1.3.2)*

Son espacios en los que se depositan restos de construcción, residuos urbanos, desechos industriales y material estéril de minas, esta cobertura alberga un área de 167,68 Ha en la cuenca, representando el 0,57 % de ocupación.

#### 12.3.1.9. *Zonas verdes urbanas (1.4.1)*

Comprende las zonas cubiertas por vegetación dentro del tejido urbano, esta cobertura alberga parques urbanos (22,41 Ha), cementerios (18,99 Ha) y rondas de cuerpos de agua (3,18 Ha), representando el 0,28 % de ocupación de la cuenca.

#### 12.3.1.10. *Instalaciones recreativas (1.4.2)*

Son los terrenos dedicados a las actividades de camping, deporte, parques de atracción, golf, hipódromos y otras actividades de recreación y esparcimiento, incluyendo los parques habilitados para esparcimiento, no incluidos dentro del tejido urbano, esta cobertura alberga un área de 218,34 Ha en la cuenca, representando el 0,74 % de ocupación.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

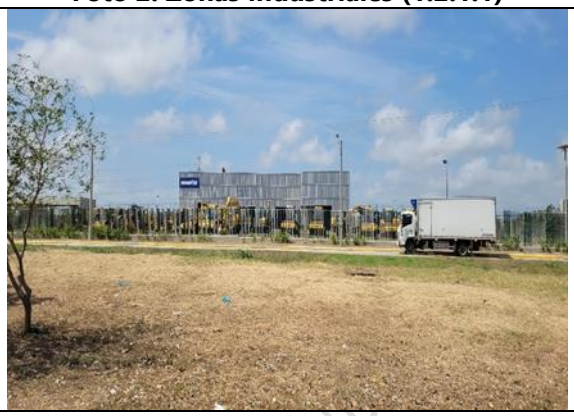
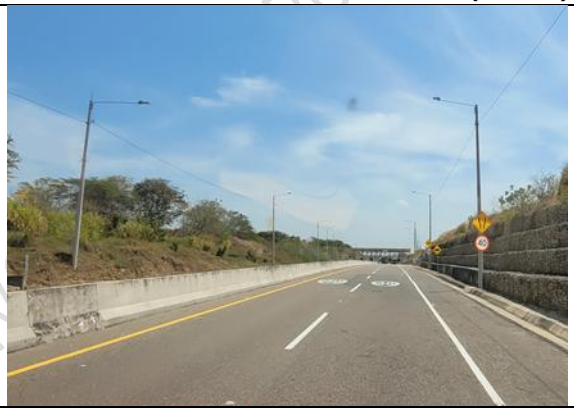
| Foto 1. Tejido Urbano Continuo (1.1.1) | Foto 2. Zonas Industriales (1.2.1.1) |
|---|---|
| |  |
| **Foto 3. Galpones (1.2.1.1.5.2)** | **Foto 4. Red vial territorios asociados (1.2.2.1)** |
| |  |
| **Foto 5. Red Ferroviaria (1.2.2.2)** | **Foto 6. Aeropuerto sin infra (1.2.4.2)** |
| | |
| **Foto 7. Explotación Hidrocarburos (1.3.1.2)** | **Foto 8. Relleno Sanitario (1.3.2.4)** |

**Foto 9. Otras Zonas Verdes Urbanas (1.4.1.1)**

**Foto 10. Cementerio (1.4.1.2)**

## 12.3.2. Territorios agrícolas

### 12.3.2.1. *Otros cultivos transitorios (2.1.1)*

Son las tierras ocupadas por cultivos transitorios no incluidos en los grupos de cereales, oleaginosas, leguminosas, hortalizas y tubérculos considerados en esta leyenda, esta cobertura alberga un área de 114,76 Ha en la cuenca, representando el 0,39 % de ocupación.

### 12.3.2.2. *Oleaginosas y leguminosas (2.1.3)*

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de plantas para el consumo y la producción de aceite y almidón. Las oleaginosas se caracterizan por ser plantas cuyas semillas se consumen o utilizan para la extracción de aceite. Las tierras agrícolas cubiertas por las leguminosas abarcan una amplia variedad de productos, ricos en almidón, representando el 0,05 % de ocupación en la cuenca y un área de 15,44 Ha.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**12.3.2.3. *Tubérculos (2.1.5)***

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de diferentes tipos de plantas que poseen tubérculos. Un tubérculo es un tallo subterráneo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta. Esta cobertura la componen principalmente cultivos de papa y yuca. En la región andina, los cultivos de papa se presentan por encima de los 2.000 msnm, representando el 0,03 % de ocupación en la cuenca y un área de 9,05 Ha.

**12.3.2.4. *Cultivos permanentes herbáceos (2.2.1)***

Cobertura compuesta principalmente por cultivos permanentes de hábito herbáceo como caña de azúcar y panelera, plátano, banano y tabaco. Las herbáceas son plantas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual, esta cobertura alberga un área de 1,47 Ha en la cuenca, representando el 0,005 % de ocupación.

**12.3.2.5. *Cultivos permanentes arbóreos (2.2.3)***

Cobertura principalmente ocupada por cultivos de hábito arbóreo, diferentes de plantaciones forestales maderables o de recuperación, como cítricos, palma, mango, etc. representando el 0,05 % de ocupación en la cuenca y un área de 14,99 Ha.

**12.3.2.6. *Pastos limpios (2.3.1)***

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. En Colombia, se encuentran coberturas de pastos limpios asociadas con una amplia variedad de relieves y climas, con un desarrollo condicionado principalmente a las prácticas de manejo utilizadas según el nivel tecnológico disponible o las costumbres de cada región. Representado por el 8,35 % de ocupación en la cuenca y un área de 2464,26 Ha, la mayor parte de esta cobertura se usa para actividades de ganadería o simplemente para expansión urbana.

**12.3.2.7. *Pastos arbolados (2.3.2)***

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos, esta cobertura alberga un área de 665,56 Ha en la cuenca, representando el 2,25 % de ocupación.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**12.3.2.8. *Pastos enmalezados (2.3.3)***

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m, esta cobertura alberga un área de 600,34 Ha en la cuenca, representando el 2,03 % de ocupación.

**12.3.2.9. *Mosaico de cultivos (2.4.1)***

Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual, esta cobertura alberga un área de 209,00 Ha en la cuenca, representando el 0,70 % de ocupación.

**12.3.2.10. *Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2)***

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual, esta cobertura alberga un área de 7,42 Ha en la cuenca, representando el 0,03 % de ocupación.

**12.3.2.11. *Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3)***

Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural, esta cobertura alberga un área de 383,57 Ha en la cuenca, representando el 1,29 % de ocupación.

**12.3.2.12. *Mosaico de pastos con espacios naturales (2.4.4)***

Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi

DOCUMENTO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

natural, esta cobertura alberga un área de 638,17 Ha en la cuenca, representando el 2,16 % de ocupación.

**12.3.2.13. *Mosaico de cultivos y espacios naturales (2.4.5)***

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural, representando el 1,3 % de ocupación en la cuenca y un área de 383,02 Ha.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

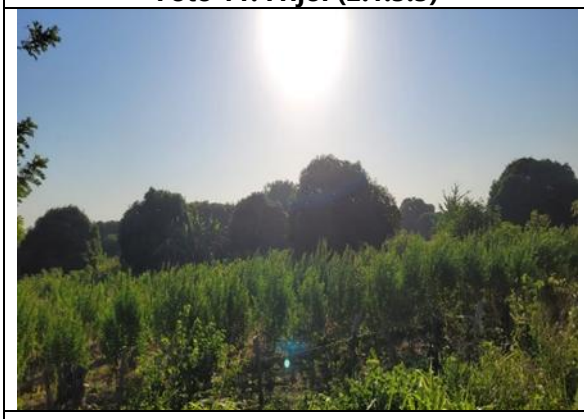
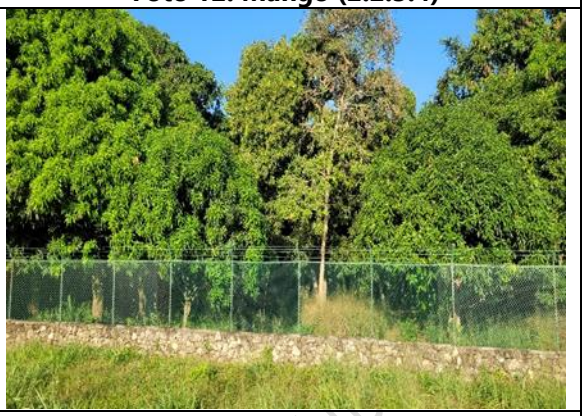
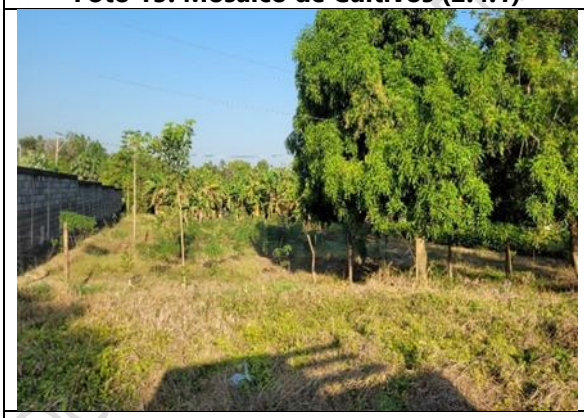
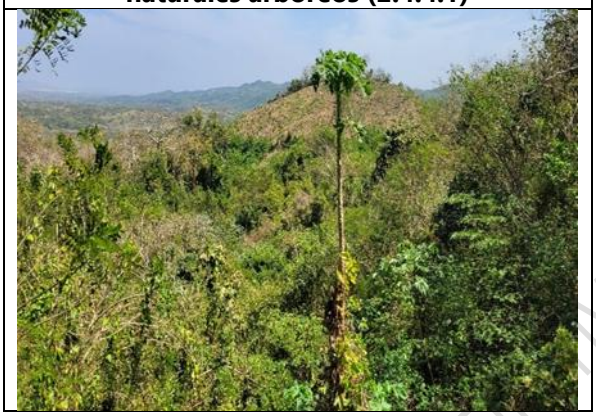
| Foto 11. Fríjol (2.1.3.3) | Foto 12. Mango (2.2.3.4) |
|---|---|
|  |  |
| **Foto 13. Pastos Arbolados (2.3.2)** | **Foto 14. Pastos Enmalezados (2.3.3)** |
| | |
| **Foto 15. Mosaico de Cultivos (2.4.1)** | **Foto 16. Mosaico de Pastos y Cultivos (2.4.2)** |
|  | |
| **Foto 17. M. de cultivos y E. N. (2.4.5)** | **Foto 18. M. de culti, pastos y E. N. arbóreos (2.4.3.1)** |

**Foto 19. Mosaico pastos con espacios naturales arbóreos (2.4.4.1)**



### 12.3.3. Bosques y áreas seminaturales

#### 12.3.3.1. *Bosque denso (3.1.1)*

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999), esta cobertura se distribuye de manglar denso alto (222,46 Ha), Bosque denso bajo de tierra firme (2,78 Ha) y Bosque denso bajo inundable (13,95 Ha) representando el 0,81 % de ocupación de la cuenca.

#### 12.3.3.2. *Bosque abierto (3.1.2)*

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLI

sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales, conformado por el 0,54% de bosque abierto bajo y 0,37% de bosque abierto bajo de tierra firme, con un área de 267,29 Ha.

**12.3.3.3. *Bosque fragmentado (3.1.3)***

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros, representando el 1,76 % de ocupación en la cuenca y un área de 518,41 Ha.

**12.3.3.4. *Bosque de galería y/o ripario (3.1.4)***

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario, esta cobertura alberga un área de 966,49 Ha en la cuenca, y se encuentran el bosque de galería y ripario (2,40%), bosque de galería y ripario alto (0,38%) y el bosque de galería y ripario bajo (0,49%).

**12.3.3.5. *Plantación forestal (3.1.5)***

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras), representando el 0,49 % de ocupación en la cuenca y un área de 142,13 Ha.

**12.3.3.6. *Herbazal (3.2.1)***

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, 1982). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).

Esta cobertura representa el 19,18 % y se encuentran los herbazales densos de tierra firme con arbustos (8,22 %) y los herbazales densos de tierra firme no arbolados (6,26%), representando las características típicas de un ecosistema costero tropical, de sustrato

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

predominante arenoso-fangoso; que presenta un clima muy seco tropical dividido en dos breves períodos: de enero a abril y de julio a agosto, y un período de lluvias de septiembre a diciembre.

**12.3.3.7. *Arbustal (3.2.2)***

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001).

Esta cobertura representa el 22,51% siendo repartida en arbustal abierto (6,08 %), arbustal abierto esclerófilo (5,44 %), arbustal denso bajo (5,03 %) y arbustal denso alto (4,99 %), siendo esta cobertura la más representativa y con mayor injerencia en la cuenca.

**12.3.3.8. *Vegetación secundaria o en transición (3.2.3)***

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre, esta cobertura alberga un área de 1051,92 Ha de vegetación secundaria alta y baja en la cuenca, representando el 3,56 % de ocupación.

**12.3.3.9. *Zonas arenosas naturales (3.3.1)***

Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas. También se incluyen las superficies conformadas por terrenos cubiertos por arenas, limos o guijarros ubicados en zonas planas de los ambientes litoral y continental, que actualmente no están asociadas con la actividad de los ríos, el mar o el viento, esta cobertura alberga un área de 44,85 Ha en la cuenca, representando el 0,15 % de ocupación.

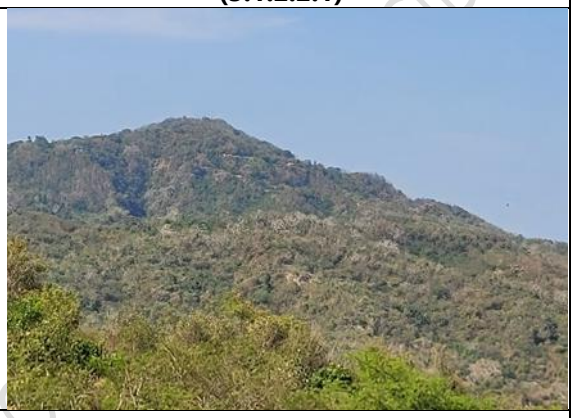
**12.3.3.10. *Tierras desnudas y degradadas (3.3.3)***

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas, esta cobertura alberga un área de 127,65 Ha en la cuenca, representando el 0,43 % de ocupación.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 12.3.3.11. *Zonas quemadas (3.3.4)*

Comprende las zonas afectadas por incendios recientes, donde los materiales carbonizados todavía están presentes. Estas zonas hacen referencia a los territorios afectados por incendios localizados tanto en áreas naturales como seminaturales, tales como bosques, cultivos, sabanas y arbustales, representando el 0,44 % de ocupación en la cuenca y un área de 130,29 Ha.

| Foto 20. Manglar denso alto (3.1.1.1.2.2) | Foto 21. Bosque ab bajo de tierra firme (3.1.2.2.1) |
|---|---|
| |  |
| **Foto 22. Bosque galería y ripario alto (3.1.4.1)** | **Foto 23. Plantación forestal (3.1.5)** |
| | |
| **Foto 24. Plantación de latifoliadas (3.1.5.2)** | **Foto 25. Herbazal denso de tierra firme (3.2.1.1.1)** |

DOCUMENTO PRELIMINAR

| | |
|---|---|
| | |
| **Foto 26. Herbazal denso de tierra firme con arbustos (3.2.1.1.1.3)** | **Foto 27. Herbazal abierto arenoso (3.2.1.2.1)** |
| | |
| **Foto 28. Arbustal denso alto (3.2.2.1.1)** | **Foto 29. Arbustal abierto (3.2.2.2)** |
| | |
| **Foto 30. Arbustal abierto esclerófilo (3.2.2.2.1)** | **Foto 31. Vegetación secundaria alta (3.2.3.1)** |

**Foto 32. Vegetación secundaria baja (3.2.3.2)**

**Foto 33. Playas (3.3.1.1)**

### 12.3.4. Áreas húmedas

#### 12.3.4.1. *Zonas pantanosas (4.1.1)*

Esta cobertura comprende las tierras bajas, que generalmente permanecen inundadas durante la mayor parte del año, pueden estar constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, llanuras de inundación, antiguas vegas de divagación y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprenden hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos. Dentro de los pantanos se pueden encontrar cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática, con tamaño menor a 25 ha, y que en total representan menos de 30% del área total del pantano, esta cobertura alberga un área de 42,91 Ha en la cuenca, representando el 0,15 % de ocupación.

#### 12.3.4.2. *Vegetación acuática sobre cuerpos de agua (4.1.3)*

Bajo esta categoría se clasifica toda aquella vegetación flotante que se encuentra establecida sobre cuerpos de agua, recubriéndolos en forma parcial o total. Comprende vegetación biotipológicamente clasificada como Pleustophyta, Rizophyta y Haptophyta. En Colombia, esta cobertura se encuentra asociada con lagos y lagunas andinos en proceso de

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

eutrofización y en las zonas bajas asociada con cuerpos de agua localizados en las planicies de inundación o desborde, esta cobertura alberga un área de 8,64 Ha en la cuenca, representando el 0,03 % de ocupación.

#### 12.3.4.3. *Pantanos Costeros (4.2.1)*

Son áreas costeras bajas cubiertas por vegetación herbácea y arbustiva rala, adaptada a los ambientes salobres, las cuales están bajo la influencia de la marea. Se localizan en zonas asociadas con deltas, estuarios, lagunas costeras y planicies marinas de inundación, generalmente ocupando espacios cóncavos detrás de la barra de playa. Son susceptibles a la inundación durante períodos de nivel alto del mar, tormentas y oleaje fuerte. Se encuentran colonizadas por plantas halófilas1 diferentes al mangle, representando el 0,13 % de ocupación en la cuenca y un área de 39,31 Ha.

#### 12.3.4.4. *Salitral (4.2.2)*

Esta cobertura comprende los territorios planos costeros donde se presenta la formación de depósitos de minerales evaporíticos en forma natural, los cuales por la acción del viento pueden estar acompañados de arcillas, limos, arenas y lodos, conformando costras que recubren el suelo, que pueden estar asociados a procesos de acumulación de sales por infiltración y evaporación, así como por ascenso por capilaridad. Estos terrenos se caracterizan por estar generalmente desprovistos de vegetación, presentando en raras ocasiones desarrollos de vegetación gramínea baja y rala. Generalmente están asociados con los bordes de las marismas costeras, terrazas marinas bajas y antiguos planos de inundación marina, representando el 0,06 % de ocupación en la cuenca y un área de 16,72 Ha.

#### 12.3.4.5. *Sedimentos expuestos en bajamar (4.2.3)*

Comprende las áreas constituidas por planicies litorales mareales que quedan descubiertas de agua durante los períodos de bajamar. Están compuestos por depósitos de lodo y cieno principalmente, pero también incluyen los bordes litorales compuestos por acumulaciones de arena y rocas. Estas superficies se caracterizan por estar desprovistas de vegetación o, en muy raras ocasiones, pueden presentar el desarrollo de pequeños parches de herbáceas. En Colombia, se encuentran principalmente en el litoral de la costa pacífica, esta cobertura alberga un área de 8,90 Ha en la cuenca, representando el 0,03 % de ocupación.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

| Foto 34. Zonas pantanosas (4.1.1) | Foto 35. Veg. acuática sobre cuerpos de agua (4.1.3) |
|---|---|
| | |
| **Foto 36. Salitral (4.2.2)** | |
| | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PO

### 12.3.5. Superficies de agua

#### 12.3.5.1. *Ríos (5.1.1)*

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiable aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros, representando el 0,10 % de ocupación en la cuenca y un área de 30,45 Ha.

#### 12.3.5.2. *Lagunas, lagos y ciénagas naturales (5.1.2)*

Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos. En las planicies aluviales se forman cuerpos de agua denominados ciénagas, que están asociadas con las áreas de desborde de los grandes ríos. Las ciénagas pueden contener pequeños islotes arenosos y lodosos, de formas irregulares alargadas y fragmentadas, de pequeña área, los cuales quedan incluidos en el cuerpo de agua siempre que no representen

más de 30% del área del cuerpo de agua, representando el 0,43 % de ocupación en la cuenca y un área de 126,88 Ha.

**12.3.5.3. *Canales (5.1.3)***

Cauce artificial abierto que contiene agua en movimiento de forma permanente, que tiene un ancho mínimo de 50 m y que puede enlazar o no dos masas de agua. Comprende los canales de navegación y los de los distritos de riego, esta cobertura alberga un área de 42,05 Ha en la cuenca, representando el 0,14 % de ocupación.

**12.3.5.4. *Cuerpo de agua artificiales (5.1.4)***

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos, esta cobertura alberga un área de 262,26 Ha, el cual comprende lagunas de oxidación, estanques para acuicultura continental y jagüeyes , los cuales representan el 0,89% de ocupación.

**12.3.5.5. *Lagunas costeras (5.2.1)***

Superficies de agua salada o salobre, separadas del mar por tierras sobresalientes u otras topografías similares. Pueden tener comunicación con el mar de manera permanente o temporal a través de canales, barras de arena y zonas de pantanos costeros, representando el 2,38 % de ocupación en la cuenca y un área de 701,37 Ha.

**12.3.5.6. *Mares y océanos (5.2.2)***

Comprende los cuerpos de agua salada que bordean la zona litoral y que se extienden a partir de la línea de costa en período de bajamar, esta cobertura alberga un área de 80,46 Ha en la cuenca, representando el 0,27 % de ocupación.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Foto 37. Río (5.1.1) | Foto 38. Cuerpos de agua artificiales (5.1.4) |
|---|---|
| | |
| **Foto 39. Jagüeyes (5.1.4.4)** | **Foto 40. Lagunas Costeras (5.2.1)** |
| | |

**Tabla 12.8. Coberturas presentes en la cuenca a tercer nivel.**

| Código | Cobertura (tercer nivel) | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|---|
| 1.1.1 | Tejido urbano continuo | 3625,86 | 12,28% |
| 1.1.2 | Tejido urbano discontinuo | 575,73 | 1,95% |
| 1.2.1 | Zonas industriales o comerciales | 1418,76 | 4,80% |
| 1.2.2 | Red vial, ferroviaria y terrenos asociados | 484,94 | 1,64% |
| 1.2.4 | Aeropuertos | 1,27 | 0,004% |
| 1.2.5 | Obras hidráulicas | 8,95 | 0,03% |
| 1.3.1 | Zonas de extracción minera | 320,98 | 1,09% |
| 1.3.2 | Zonas de disposición de residuos | 167,68 | 0,57% |
| 1.4.1 | Zonas verdes urbanas | 44,57 | 0,15% |
| 1.4.2 | Instalaciones recreativas | 218,34 | 0,74% |
| 2.1.1 | Otros cultivos transitorios | 114,76 | 0,39% |
| 2.1.3 | Oleaginosas y leguminosas | 15,44 | 0,05% |
| 2.1.5 | Tubérculos | 9,05 | 0,03% |
| 2.2.1 | Cultivos permanentes herbáceos | 1,47 | 0,005% |
| 2.2.3 | Cultivos permanentes arbóreos | 14,99 | 0,05% |
| 2.3.1 | Pastos limpios | 2464,26 | 8,35% |
| 2.3.2 | Pastos arbolados | 665,56 | 2,25% |
| 2.3.3 | Pastos enmalezados | 600,34 | 2,03% |

DOCUMENTO DEFINITIVO

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.4.1 | Mosaico de cultivos | 209,00 | 0,71% |
| 2.4.2 | Mosaico de pastos y cultivos | 7,42 | 0,03% |
| 2.4.3 | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 383,57 | 1,30% |
| 2.4.4 | Mosaico de pastos con espacios naturales | 638,16 | 2,16% |
| 2.4.5 | Mosaico de cultivos y espacios naturales | 383,02 | 1,30% |
| 3.1.1 | Bosque denso | 239,19 | 0,81% |
| 3.1.2 | Bosque abierto | 267,29 | 0,91% |
| 3.1.3 | Bosque fragmentado | 518,41 | 1,76% |
| 3.1.4 | Bosque de galería y/o ripario | 966,49 | 3,27% |
| 3.1.5 | Plantación forestal | 142,13 | 0,48% |
| 3.2.1 | Herbazal | 5658,42 | 19,16% |
| 3.2.2 | Arbustal | 6646,91 | 22,51% |
| 3.2.3 | Vegetación secundaria o en transición | 1051,92 | 3,56% |
| 3.3.1 | Zonas arenosas naturales | 44,85 | 0,15% |
| 3.3.3 | Tierras desnudas y degradadas | 127,66 | 0,43% |
| 3.3.4 | Zonas quemadas | 130,29 | 0,44% |
| 4.1.1 | Zonas pantanosas | 42,91 | 0,15% |
| 4.1.3 | Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | 8,64 | 0,03% |
| 4.2.1 | Pantanos costeros | 39,31 | 0,13% |
| 4.2.2 | Salitral | 16,72 | 0,06% |
| 4.2.3 | Sedimentos expuestos en bajamar | 8,90 | 0,03% |
| 5.1.1 | Ríos (50 m) | 30,45 | 0,10% |
| 5.1.2 | Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 126,88 | 0,43% |
| 5.1.3 | Canales | 42,05 | 0,14% |
| 5.1.4 | Cuerpos de agua artificiales | 262,26 | 0,89% |
| 5.2.1 | Lagunas costeras | 701,37 | 2,38% |
| 5.2.2 | Mares y océanos | 80,46 | 0,27% |
| | | **29527,62** | **100,00%** |

De acuerdo a la información de la Tabla 12.8 podemos determinar que las coberturas con mayor extensión son Arbustal, Herbazal y Tejido urbano continuo, que equivalen al 54,35% de la ocupación de la cuenca, mientras que el Bosque denso, abierto, fragmentado y galería o ripario, tan sólo ocupan el 6,65%.

## *12.4. Usos de la Tierra*

Los usos de la tierra, desde una perspectiva ambiental, hacen referencia a las actividades humanas que transforman o modifican la superficie terrestre con diversos fines, como la agricultura, la urbanización, la explotación forestal, la minería o la conservación. Estas intervenciones impactan directamente en los ecosistemas, afectando la biodiversidad, la calidad del suelo, los ciclos hidrológicos y el clima local y global. El estudio del uso de la tierra en términos ambientales es esencial para evaluar la sostenibilidad de dichas actividades, identificar patrones de degradación ambiental — como la deforestación, la

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

desertificación o la fragmentación de hábitats — y promover prácticas de gestión territorial que minimicen los impactos negativos y favorezcan la resiliencia ecológica. Una planificación adecuada del uso de la tierra es clave para lograr un equilibrio entre desarrollo humano y conservación de los recursos naturales.

En la cuenca se han identificado nueve grupos de uso de la tierra, entre los cuales los de mayor relevancia por su extensión son la conservación (49.73%), ganadería (18.93%), asentamiento (14.23%) e infraestructura (8.82%); en la Tabla 12.9 se pueden observar las cifras correspondientes a los grupos de uso, usos actuales y coberturas implicadas.

**Tabla 12.9. Grupo de uso y usos actuales.**

| Grupo de uso / Usos actuales / Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|
| **Agricultura** | **747,72** | **2,53%** |
| **Cultivos permanentes intensivos (CPI)** | **1,47** | **0,005%** |
| 2.2.1.1 Otros cultivos permanentes herbáceos | 1,47 | 0,005% |
| **Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS)** | **14,99** | **0,05%** |
| 2.2.3.4 Mango | 14,99 | 0,05% |
| **Cultivos transitorios intensivos (CTI)** | **722,21** | **2,45%** |
| 2.1.1 Otros cultivos transitorios | 114,76 | 0,39% |
| 2.1.3.3 Fríjol | 15,44 | 0,05% |
| 2.4.1 Mosaico de cultivos | 209,00 | 0,71% |
| 2.4.5 Mosaico de cultivos y espacios naturales | 7,56 | 0,03% |
| 2.4.5.1 Mosaico de cultivos y espacios naturales arbóreos | 201,21 | 0,68% |
| 2.4.5.2 Mosaico de cultivos y espacios naturales arbustivos | 120,96 | 0,41% |
| 2.4.5.3 Mosaico de cultivos y espacios naturales herbáceos | 53,29 | 0,18% |
| **Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)** | **9,05** | **0,03%** |
| 2.1.5.2 Yuca | 9,05 | 0,03% |
| **Asentamiento** | **4201,59** | **14,23%** |
| **Residencial** | **4201,59** | **14,23%** |
| 1.1.1 Tejido urbano continuo | 3625,86 | 12,28% |
| 1.1.2 Tejido urbano discontinuo | 575,73 | 1,95% |
| **Conservación** | **14682,79** | **49,73%** |
| **Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)** | **9330,02** | **31,60%** |
| 1.4.1.6 Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas | 3,18 | 0,01% |
| 3.1.1.1.2.2 Manglar denso alto | 222,46 | 0,75% |
| 3.1.1.2.1 Bosque denso bajo de tierra firme | 2,78 | 0,01% |
| 3.1.1.2.2 Bosque denso bajo inundable | 13,95 | 0,05% |
| 3.1.2.2 Bosque abierto bajo | 158,33 | 0,54% |
| 3.1.2.2.1 Bosque abierto bajo de tierra firme | 108,96 | 0,37% |
| 3.1.3.1 Bosque fragmentado con pastos y cultivos | 79,13 | 0,27% |
| 3.1.3.1.2 Bosque fragmentado bajo con pastos y cultivos | 236,27 | 0,80% |
| 3.1.3.2 Bosque fragmentado con vegetación secundaria | 203,01 | 0,69% |
| 3.1.4 Bosque de galería y ripario | 710,04 | 2,40% |
| 3.1.4.1 Bosque de galería y ripario alto | 111,44 | 0,38% |
| 3.1.4.2 Bosque de galería y ripario bajo | 145,01 | 0,49% |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Grupo de uso / Usos actuales / Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|
| 3.2.1.2 Herbazal abierto | 182,45 | 0,62% |
| 3.2.1.2.1 Herbazal abierto arenoso | 131,67 | 0,45% |
| 3.2.2.1 Arbustal denso | 210,36 | 0,71% |
| 3.2.2.1.1 Arbustal denso alto | 1474,73 | 4,99% |
| 3.2.2.1.2 Arbustal denso bajo | 1486,16 | 5,03% |
| 3.2.2.2 Arbustal abierto | 1795,48 | 6,08% |
| 3.2.2.2.1 Arbustal abierto esclerófilo | 1607,48 | 5,44% |
| 3.2.2.2.2 Arbustal abierto mesófilo | 72,71 | 0,25% |
| 3.2.3.1 Vegetación secundaria alta | 221,58 | 0,75% |
| 3.3.1.1 Playas | 23,76 | 0,08% |
| 3.3.1.2 Arenales | 12,63 | 0,04% |
| 4.1.1 Zonas pantanosas | 42,91 | 0,15% |
| 4.1.3 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | 8,64 | 0,03% |
| 4.2.1 Pantanos costeros | 39,31 | 0,13% |
| 4.2.2 Salitral | 16,72 | 0,06% |
| 4.2.3 Sedimentos expuestos en bajamar | 8,90 | 0,03% |
| **Comercial** | **8,46** | **0,03%** |
| 3.3.1.1 Playas | 8,46 | 0,03% |
| **Pastoreo extensivo (PEX)** | **5344,31** | **18,10%** |
| 3.2.1.1.1 Herbazal denso de tierra firme | 5,36 | 0,02% |
| 3.2.1.1.1.1 Herbazal denso de tierra firme no arbolado | 1848,43 | 6,26% |
| 3.2.1.1.1.2 Herbazal denso de tierra firme arbolado | 592,41 | 2,01% |
| 3.2.1.1.1.3 Herbazal denso de tierra firme con arbustos | 2426,67 | 8,22% |
| 3.2.1.1.2 Herbazal denso inundable | 19,95 | 0,07% |
| 3.2.1.1.2.1 Herbazal denso inundable no arbolado | 428,11 | 1,45% |
| 3.2.1.1.2.2 Herbazal denso inundable arbolado | 23,38 | 0,08% |
| **Cuerpos de Agua Naturales** | **981,21** | **3,32%** |
| **Cuerpos de Agua Naturales** | **981,21** | **3,32%** |
| 5.1.1 Ríos | 30,45 | 0,10% |
| 5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 126,88 | 0,43% |
| 5.1.3 Canales | 42,05 | 0,14% |
| 5.2.1 Lagunas costeras | 701,37 | 2,38% |
| 5.2.2 Mares y océanos | 80,46 | 0,27% |
| **Eriales** | **257,94** | **0,87%** |
| **Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)** | **30,39** | **0,10%** |
| 3.3.3 Tierras desnudas y degradadas | 23,47 | 0,08% |
| 3.3.3.1 Tierras erosionadas | 6,92 | 0,02% |
| **Cultivos transitorios intensivos (CTI)** | **2,36** | **0,01%** |
| 3.3.3 Tierras desnudas y degradadas | 2,36 | 0,01% |
| **Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)** | **130,29** | **0,44%** |
| 3.3.4 Zonas quemadas | 130,29 | 0,44% |
| **Industrial** | **39,07** | **0,13%** |
| 3.3.3 Tierras desnudas y degradadas | 1,81 | 0,01% |
| 3.3.3.1 Tierras erosionadas | 37,26 | 0,13% |
| **Pastoreo extensivo (PEX)** | **44,38** | **0,15%** |
| 3.3.3 Tierras desnudas y degradadas | 44,38 | 0,15% |

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Grupo de uso / Usos actuales / Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|
| **Protección** | **11,45** | **0,04%** |
| 3.3.3 Tierras desnudas y degradadas | 11,45 | 0,04% |
| **Forestal** | **142,13** | **0,48%** |
| **Sistema forestal productor (FPD)** | **142,13** | **0,48%** |
| 3.1.5 Plantación forestal | 16,56 | 0,06% |
| 3.1.5.2 Plantación de latifoliadas | 125,57 | 0,43% |
| **Ganadería** | **5589,66** | **18,93%** |
| **Pastoreo extensivo (PEX)** | **5589,66** | **18,93%** |
| 2.3.1 Pastos limpios | 2464,26 | 8,35% |
| 2.3.2 Pastos arbolados | 665,56 | 2,25% |
| 2.3.3 Pastos enmalezados | 600,34 | 2,03% |
| 2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos | 7,42 | 0,03% |
| 2.4.3.1 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales arbóreos | 198,69 | 0,67% |
| 2.4.3.2 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales arbustivos | 157,36 | 0,53% |
| 2.4.3.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales herbáceos | 27,52 | 0,09% |
| 2.4.4.1 Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos | 259,60 | 0,88% |
| 2.4.4.2 Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos | 237,66 | 0,80% |
| 2.4.4.3 Mosaico de pastos con espacios naturales herbáceos | 123,64 | 0,42% |
| 2.4.4.4 Mosaico de pastos con otros espacios naturales | 17,27 | 0,06% |
| 3.2.3.2 Vegetación secundaria baja | 830,34 | 2,81% |
| **Infraestructura** | **2603,60** | **8,82%** |
| **Avicultura** | **70,98** | **0,24%** |
| 1.2.1.1.5.2 Avicultura | 70,98 | 0,24% |
| **Comercial** | **622,99** | **2,11%** |
| 1.2.1 Zonas industriales o comerciales | 466,91 | 1,58% |
| 1.2.1.2 Zonas comerciales | 156,08 | 0,53% |
| **Disposición de materiales líquidos** | **44,08** | **0,15%** |
| 5.1.4.2 Lagunas de oxidación | 44,08 | 0,15% |
| **Disposición de materiales sólidos** | **167,68** | **0,57%** |
| 1.3.2 Zonas de disposición de residuos | 46,60 | 0,16% |
| 1.3.2.1 Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto | 21,92 | 0,07% |
| 1.3.2.3 Vertederos | 27,03 | 0,09% |
| 1.3.2.4 Relleno sanitario | 72,13 | 0,24% |
| **Ganadería** | **89,37** | **0,30%** |
| 1.2.1.1.5.1 Ganadería | 52,79 | 0,18% |
| 5.1.4.4 Jagüeyes | 36,58 | 0,12% |
| **Industrial** | **672,01** | **2,28%** |
| 1.2.1.1 Zonas industriales | 672,01 | 2,28% |
| **Piscicultura** | **13,55** | **0,05%** |
| 5.1.4.3 Estanques para acuicultura continental | 13,55 | 0,05% |
| **Recreacional** | **218,34** | **0,74%** |
| 1.4.2 Instalaciones recreativas | 10,23 | 0,03% |
| 1.4.2.1 Áreas culturales | 91,21 | 0,31% |
| 1.4.2.2 Áreas deportivas | 87,26 | 0,30% |
| 1.4.2.3 Áreas turísticas | 29,64 | 0,10% |
| **Servicios** | **218,40** | **0,74%** |
| 1.2.5 Obras hidráulicas | 8,95 | 0,03% |

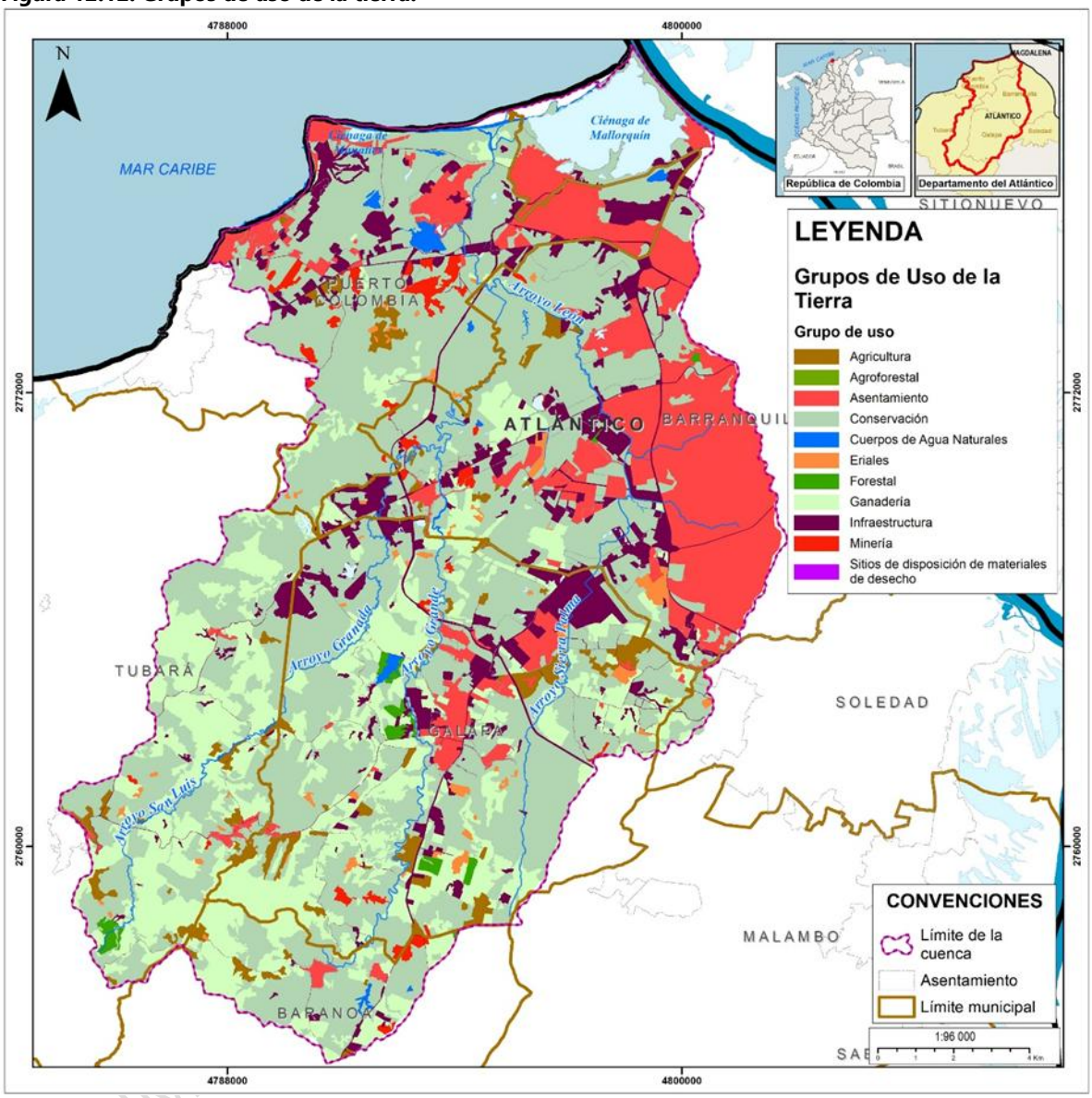
DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

| Grupo de uso / Usos actuales / Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|
| 1.4.1 Zonas verdes urbanas | 4,79 | 0,02% |
| 1.4.1.1 Otras zonas verdes urbanas | 17,62 | 0,06% |
| 1.4.1.2 Parques cementerios | 18,99 | 0,06% |
| 5.1.4 Cuerpos de agua artificiales | 168,05 | 0,57% |
| **Transporte** | **486,21** | **1,65%** |
| 1.2.2.1 Red vial y territorios asociados | 479,36 | 1,62% |
| 1.2.2.2 Red ferroviaria y terrenos asociados | 5,58 | 0,02% |
| 1.2.4.2 Aeropuerto sin infraestructura asociada | 1,27 | 0,00% |
| **Minería** | **320,98** | **1,09%** |
| **Materiales de construcción** | **320,98** | **1,09%** |
| 1.3.1.2 Explotación de hidrocarburos | 31,99 | 0,11% |
| 1.3.1.5 Explotación de materiales de construcción | 288,98 | 0,98% |
| **Total, general** | **29527,62** | **100,00%** |

Aun cuando la cifra de conservación es alta, este dato es variable en el tiempo, dado que hay coberturas naturales que suelen ser empleadas en determinadas épocas de año para el desarrollo de actividades agropecuarias; desde la óptica de los grupos de uso trasformados, se puede afirmar que la cuarta parte (25,01%) de la cuenca presenta transformación total (grupos: asentamiento, infraestructura, minería y eriales); equiparada a esta cifra se encuentra la transformación parcial de la cuenca que esta por el orden del 25,27%. (conformada por ganadería, agricultura, forestal y cuerpos de agua naturales).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.12. Grupos de uso de la tierra.**




En la Tabla 12.10 se pueden observar las cifras para todos los usos actuales, donde claramente, la conservación no representa como un grupo de uso la mitad de la cuenca, pues la cifra se reduce a un 31,7% acercándose más a la realidad.

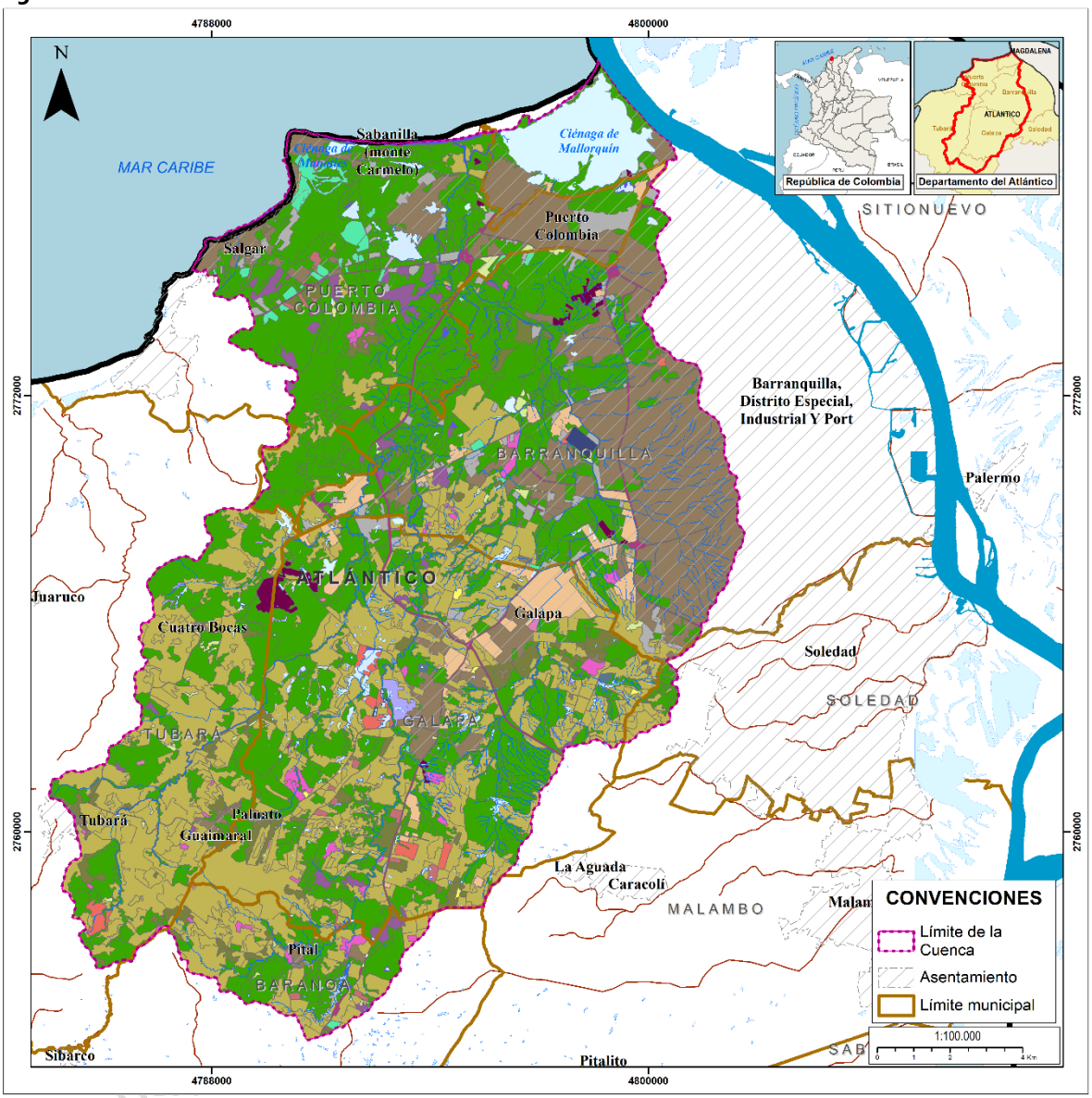
En la tabla se han resaltado los cinco principales usos actuales por su área identificada y donde las tierras que suelen ser empleadas para el desarrollo de la ganadería ocupan el 37,18% de la cuenca, cifra que, aunada con los datos de producción pecuaria, permite intuir, que además de las condiciones climáticas que afectan fuertemente la producción ganadera, el sistema de producción no es el más eficiente.

**Tabla 12.10. Usos actuales.**

| USOS ACTUALES | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|
| Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE) | 9360,41 | 31,70% |
| Avicultura | 70,98 | 0,24% |
| Comercial | 631,45 | 2,14% |
| Cuerpos de Agua Naturales | 981,21 | 3,32% |
| Cultivos permanentes intensivos (CPI) | 1,47 | 0,00% |
| Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) | 14,99 | 0,05% |
| Cultivos transitorios intensivos (CTI) | 724,57 | 2,45% |
| Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) | 139,34 | 0,47% |
| Disposición de materiales líquidos | 44,08 | 0,15% |
| Disposición de materiales sólidos | 167,68 | 0,57% |
| Ganadería | 89,37 | 0,30% |
| Industrial | 711,08 | 2,41% |
| Materiales de construcción | 320,98 | 1,09% |
| Pastoreo extensivo (PEX) | 10978,35 | 37,18% |
| Piscicultura | 13,55 | 0,05% |
| Protección | 11,45 | 0,04% |
| Recreacional | 218,34 | 0,74% |
| Residencial | 4201,59 | 14,23% |
| Servicios | 218,40 | 0,74% |
| Sistema forestal productor (FPD) | 142,13 | 0,48% |
| Transporte | 486,21 | 1,65% |
| **TOTAL** | **29527,62** | **100,00%** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.13. Uso actual de la tierra.**




**LEYENDA**

**Uso Actual del suelo**

- Avicultura
- Comercial
- Cuerpos de Agua Naturales
- Cultivos permanentes intensivos (CPI)
- Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS)
- Cultivos transitorios intensivos (CTI)
- Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)
- Disposición de materiales líquidos
- Disposición de materiales sólidos
- Ganadería
- Industrial
- Materiales de construcción
- Metales, radiactivos
- Minerales energéticos
- Minerales no metálicos
- Pastoreo extensivo (PEX)
- Pastoreo intensivo (PIN)
- Pastoreo semi-intensivo (PSI)
- Piedras preciosas
- Piscicultura
- Producción-protección
- Protección
- Recreacional
- Residencial
- Servicios
- Sistema forestal productor (FPD)
- Sistemas agrosilvopastoriles (ASP)
- Sistemas agrosilvícolas (AGS)
- Sistemas forestales protectores (FPR)
- Sistemas silvopastoriles (SPA)
- Transporte
- Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)

DOCU

**Interpretación de los datos de usos y coberturas**

La distribución de coberturas revela un patrón de uso de la tierra con las siguientes características:

- **Predominio de coberturas naturales y seminaturales** (arbustal y herbazal) que en conjunto representan el 41,67% del área, sugiriendo que aún existen importantes zonas de vegetación natural en la cuenca.
- **Fuerte presión antrópica**, evidenciada por el alto porcentaje de tejido urbano continuo (12,28%) y zonas industriales/comerciales (4,80%), que juntas representan el 17,08% del área total.
- La presencia significativa de **pastos limpios (8,35%)** indica la relevancia de la actividad ganadera en la cuenca.
- El patrón de uso muestra una cuenca con **múltiples tensiones entre conservación y desarrollo**, donde coexisten importantes remanentes de vegetación natural junto con centros urbanos consolidados y actividades productivas.
- La alta proporción de coberturas antrópicas en una cuenca hidrográfica sugiere posibles **problemas de escorrentía, erosión e impactos sobre la calidad del agua y los suelos**, especialmente considerando la presencia de lagunas costeras (2,38%) que aparecen entre las 10 coberturas más importantes.

Este análisis refleja una cuenca hidrográfica con un mosaico complejo de usos de la tierra, donde los procesos de urbanización y las actividades económicas ejercen una presión fuerte sobre los ecosistemas naturales remanentes. Este análisis identifica lo siguiente:

**Desequilibrio entre coberturas naturales y artificiales**: Las coberturas de mayor ocupación muestran una mezcla de ecosistemas naturales modificados (arbustal y herbazal suman 41,67%) y superficies completamente antropizadas (tejido urbano e industrial y comerciales suman 19,03%). Esta composición refleja un paisaje donde los ecosistemas originales han sido fragmentados y modificados, persistiendo principalmente como formaciones arbustivas y herbáceas secundarias.

Paradójicamente, las coberturas minoritarias incluyen elementos hidrológicos fundamentales como ríos (0,10%) y vegetación acuática (0,03%), que, a pesar de su escasa representación superficial, son críticos para el funcionamiento ecosistémico y la conectividad hidrológica.

En términos de relaciones funcionales e impactos ecológicos se identifican:

**Ciclo hidrológico alterado**: El extenso tejido urbano continuo (12,28%) y zonas industriales (4,80%) generan superficies impermeables que:

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

- Reducen drásticamente la infiltración hacia acuíferos.
- Concentran y aceleran escorrentía superficial.
- Disminuyen el tiempo de retención hídrica.

Los ríos (0,10%) y cuerpos de agua como lagunas naturales (0,43%) reciben volúmenes desproporcionados de agua en eventos de lluvia, con mayor energía erosiva y carga contaminante, alterando su régimen hidrológico natural.

**Calidad del agua comprometida**: Las zonas urbanas (12,28%), industriales (4,80%) y agropecuarias (pastos 8,35%) generan, contaminantes urbanos (residuos sólidos, aguas residuales), efluentes industriales (químicos, metales pesados) y agroquímicos y sedimentos de zonas ganaderas. Estos contaminantes afectan desproporcionadamente a ecosistemas acuáticos minoritarios como vegetación acuática (0,03%), ríos (0,10%) y pantanos costeros (0,13%), comprometiendo su función ecológica y servicios ecosistémicos.

**Fragmentación de hábitats**: La matriz dominada por arbustal (22,51%) y herbazal (19,16%) representa ecosistemas ya modificados donde los bosques densos persistentes son minoritarios (0,81%), los corredores riparios (bosque de galería, 3,27%) están fragmentados y las zonas boscosas están desconectadas entre sí. Esta configuración compromete la conectividad ecológica entre ecosistemas acuáticos minoritarios, afectando ciclos biológicos de especies que dependen de múltiples hábitats y servicios ecosistémicos como la regulación hídrica. Finalmente, con estas cifras se puede concluir que los servicios ecosistémicos están en desequilibrio, pues la regulación hídrica está comprometida y los reservorios de biodiversidad amenazados.

**CONCLUSIONES**

La relación entre coberturas mayoritarias y minoritarias en la Cuenca Mallorquín revela una vulnerabilidad sistémica donde:

- Elementos críticos minoritarios: Los componentes hidrológicos fundamentales (ríos, vegetación acuática, pantanos) tienen una representación territorial mínima a pesar de su importancia funcional.
- Presión desde coberturas dominantes: Las coberturas mayoritarias ejercen presiones (contaminación, modificación de escorrentía, fragmentación) que afectan desproporcionadamente a los ecosistemas acuáticos minoritarios.
- Retroalimentación negativa: La degradación de ecosistemas reguladores minoritarios reduce la resiliencia del sistema frente a presiones futuras como cambio climático o mayor urbanización.

Esta configuración territorial plantea un desafío significativo para la gestión sostenible, requiriendo intervenciones que protejan y restauren las coberturas minoritarias con alta

DOCUMENTO EN VERSIÓN FASE DE PUBLICIDAD

relevancia funcional, mientras se mejora la gestión ambiental de las coberturas dominantes con mayor impacto negativo.

## *12.5. Análisis Multitemporal*

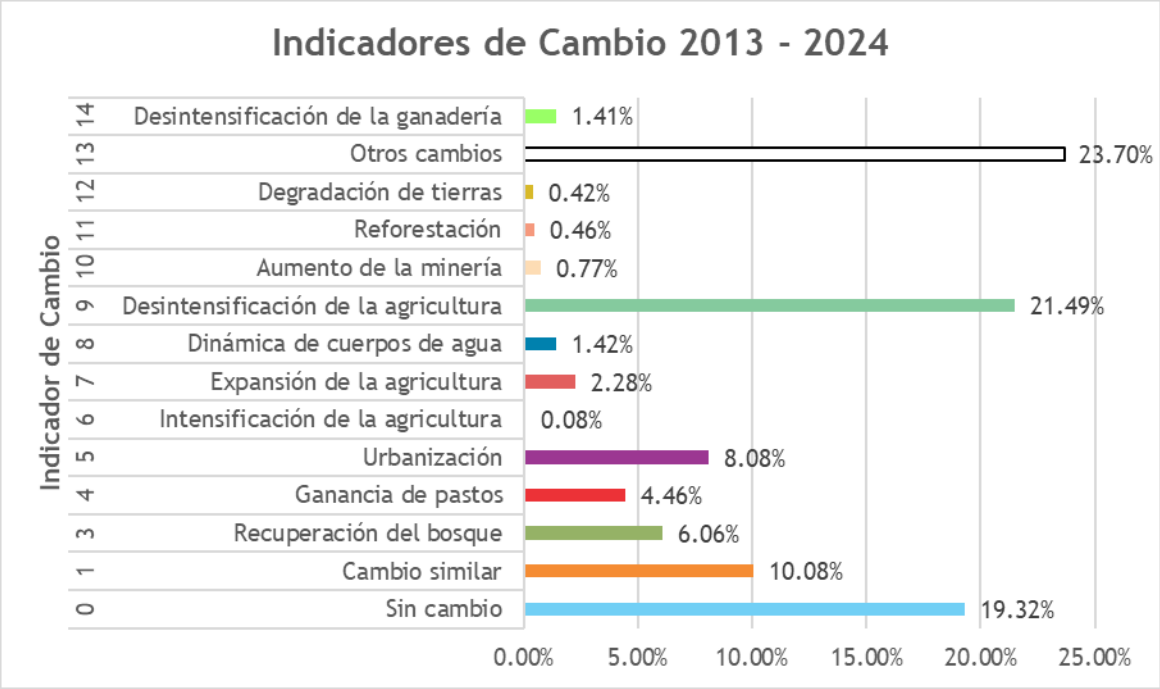
Mediante este proceso que nos permite identificar y cuantificar las variaciones del uso del suelo, la cobertura vegetal y otros procesos relevantes de la cuenca, se logró como resultado la identificación de 14 categorías de cambio existentes en la cuenca, evidenciados en la Tabla 12.11 y la Figura 12.14, lo que nos proporciona un panorama detallado sobre los procesos de transformación en la región, tendencias de cambio e impactos significativos en la gestión de los recursos hídricos.

**Tabla 12.11. Indicadores de cambio entre 2013 y 2024.**

| Código | Indicador de cambio | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|---|
| 0 | Sin cambio | 5703,30 | 19,32% |
| 1 | Cambio similar | 2976,13 | 10,08% |
| 3 | Recuperación del bosque | 1788,16 | 6,06% |
| 4 | Ganancia de pastos | 1316,06 | 4,46% |
| 5 | Urbanización | 2384,76 | 8,08% |
| 6 | Intensificación de la agricultura | 24,54 | 0,08% |
| 7 | Expansión de la agricultura | 672,06 | 2,28% |
| 8 | Dinámica de cuerpos de agua | 420,52 | 1,42% |
| 9 | Desintensificación de la agricultura | 6344,74 | 21,49% |
| 10 | Aumento de la minería | 226,86 | 0,77% |
| 11 | Reforestación | 134,58 | 0,46% |
| 12 | Degradación de tierras | 124,14 | 0,42% |
| 13 | Otros cambios | 6996,76 | 23,70% |
| 14 | Desintensificación de la ganadería | 415,00 | 1,41% |
| **Total** | | **29527,62** | **100,00%** |

DOCUMENTO PRELIMINAR - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.14. Indicadores de cambio 2013 – 2024.**




Con base en lo anterior, podemos concluir que la cuenca Mallorquín presenta una amplia variedad de cambios, entre los que se encuentra la Desintensificación de la agricultura (21,49%), lo que significa que la cuenca ha experimentado una reducción en la intensidad de las prácticas agrícolas.

Presenta cambios significativos en el uso del suelo, pues indicadores como Recuperación del bosque (6,06%) y Reforestación (0,46%) indican que hay esfuerzos por restaurar la vegetación natural de la cuenca. La expansión de áreas de pastos para la ganadería – Ganancia de pastos (4,46%)- es notable, así como la urbanización (8,08%).

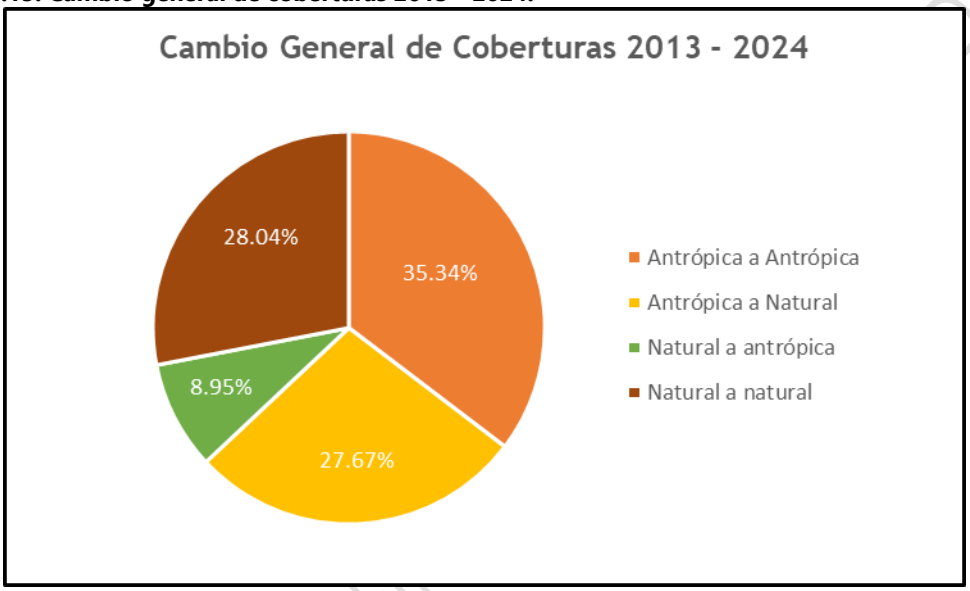
La degradación de tierras (0,42%) y Aumento de la minería (0,77%) aunque representan un porcentaje relativamente pequeño, estos cambios pueden tener efectos negativos en la calidad del suelo y el agua, así como la contaminación por metales pesados. La degradación de tierras conlleva a la reducción de la capacidad productiva del suelo.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Tabla 12.12. Tipo de cambio general de coberturas entre 2013 - 2024.**

| Tipo de cambio | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|
| Antrópica a Antrópica | 10436,53 | 35,34% |
| Antrópica a Natural | 8170,82 | 27,67% |
| Natural a antrópica | 2641,97 | 8,95% |
| Natural a natural | 8278,29 | 28,04% |
| | 29527,62 | 100,00% |

**Figura 12.15. Cambio general de coberturas 2013 - 2024.**

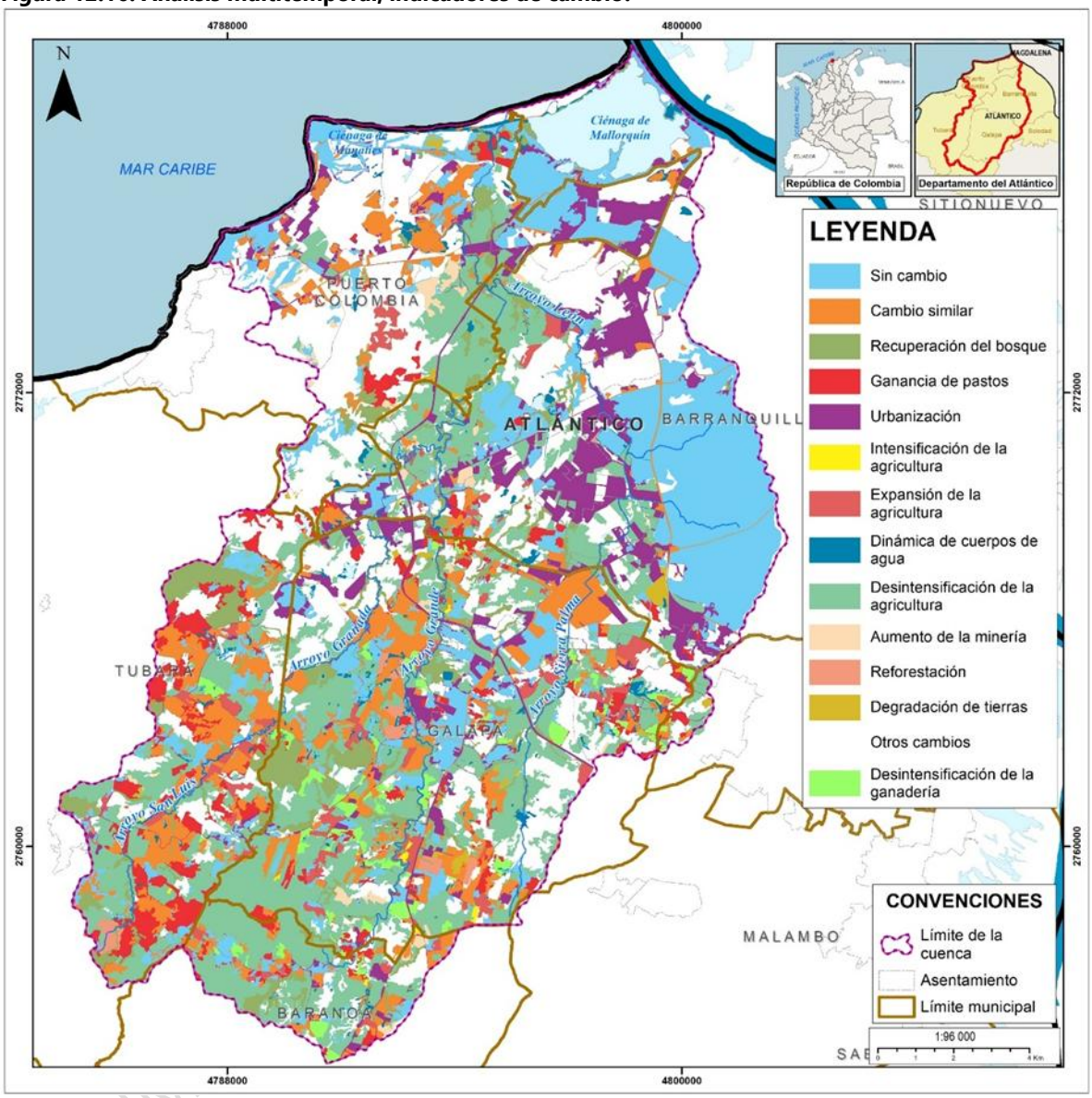



De acuerdo con la información proporcionada en la Tabla 12.12 y la Figura 12.15, más del 35% de la cuenca ha experimentado transformaciones dentro de las áreas ya modificadas por la actividad humana, tales como la expansión urbana y las prácticas agrícolas, lo que refleja una mayor intensificación del uso de la tierra.

El 28,04% de la cuenca ha experimentado cambios dentro de las áreas naturales, sin una modificación hacia un uso más intensivo de la tierra, lo cual puede estar relacionado a cambios en la cobertura vegetal como la regeneración natural de áreas boscosas. El 27,67% de la cuenca presenta una transición de áreas modificadas por el ser humano a áreas de cobertura natural, cambios generados como resultado de políticas de restauración y recuperación de vegetación natural. Debido a actividades como la expansión agrícola, urbanización y la industrialización, cerca del 9% de la cuenca ha sufrido cambios de áreas naturales a áreas modificadas por la actividad humana.

DOCUMENTO NO DEFI... DAD

**Figura 12.16. Análisis multitemporal, indicadores de cambio.**




DOCUM

## *12.6. Indicadores de Estado*

### 12.6.1. Indicador de tasa de cambio de las coberturas naturales (TCCN)

Este indicador tiene como finalidad arrojar información sobre la recuperación o pérdida de las coberturas naturales en la cuenca; para ello se ha identificado una capa de coberturas elaborada para la Revisión de la zonificación, mejoramiento de escala (1:25.000) del POMCA de Mallorquín (CRA, 2015) y en el cual, se manifiesta que el levantamiento de la información tomó como base para la delimitación de las coberturas una imagen del sensor Spot 6 de fecha 2013; así mismo, la capa final del periodo de comparación, es la capa de coberturas generada para este proyecto con imagen del sensor Sentinel 2, de fecha de 2024; lo cual quiere decir que se tiene un periodo de 11 años, tiempo válido para realizar la comparación.

A continuación, en la Tabla 12.13, se muestran los resultados producto de la aplicación del indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales; pero se debe indicar que en la capa de cobertura del año 2013 solo se identificaron cinco coberturas naturales mientras que en la capa del año 2024 se identificaron once coberturas adicionales a las identificadas anteriormente.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Tabla 12.13. Indicador tasa de cambio de las coberturas naturales.**

| | Área (ha) | | TCCN | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cobertura** | **Final** | **Inicial** | **Valor** | **Rango** | **Categoría** | **Tasa** |
| 3.1.1 Bosque denso | 239.19 | 1054.16 | -13.48 | 11 - 20 | Media | Decrecimiento |
| 3.1.2 Bosque abierto | 267.29 | | 50.80 | > 40 | Muy alta | Crecimiento |
| 3.1.3 Bosque fragmentado | 518.41 | | 56.83 | > 40 | Muy alta | Crecimiento |
| 3.1.4 Bosque de galería y/o ripario | 966.49 | | 62.49 | > 40 | Muy alta | Crecimiento |
| 3.2.1 Herbazal | 5658.42 | 319.93 | 26.12 | 21 - 30 | Medianamente alta | Crecimiento |
| 3.2.2 Arbustal | 6646.91 | | 80.02 | > 40 | Muy alta | Crecimiento |
| 3.2.3 Vegetación secundaria o en transición | 1051.92 | 8639.16 | -19.14 | 11 - 20 | Media | Decrecimiento |
| 4.1.1 Zonas pantanosas | 42.91 | | 34.17 | 31 - 40 | Alta | Crecimiento |
| 4.1.3 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | 8.64 | | 19.60 | 11 - 20 | Media | Crecimiento |
| 4.2.1 Pantanos costeros | 39.31 | | 33.38 | 31 - 40 | Alta | Crecimiento |
| 4.2.2 Salitral | 16.72 | | 25.61 | 21 - 30 | Medianamente alta | Crecimiento |
| 4.2.3 Sedimentos expuestos en bajamar | 8.90 | | 19.87 | 11 - 20 | Media | Crecimiento |
| 5.1.1 Ríos | 30.45 | | 31.06 | 31 - 40 | Alta | Crecimiento |
| 5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 126.88 | | 44.03 | > 40 | Muy alta | Crecimiento |
| 5.2.1 Lagunas costeras | 701.37 | 802.69 | -1.23 | ≤ 10 | Baja | Decrecimiento |
| 5.2.2 Mares y océanos | 80.46 | 33.92 | 7.85 | ≤ 10 | Baja | Crecimiento |
| **Área Total** | **16404,26** | **10849,85** | 3,76 | ≤ 10 | Baja | Crecimiento |

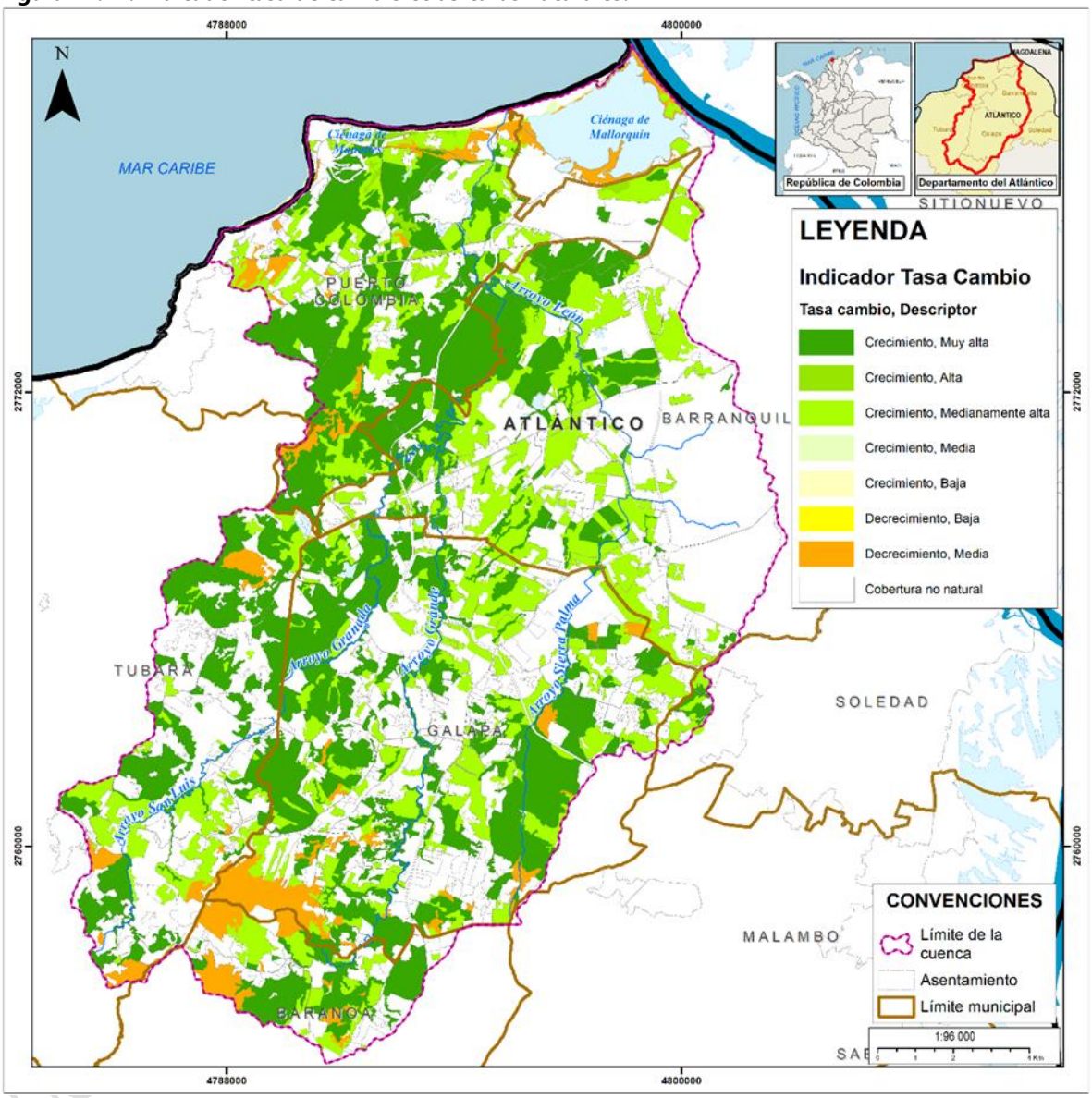
Como se puede observar, en la mayoría de las coberturas naturales se presenta un crecimiento de ellas, que en términos generales paso de 10849,85 ha en el año 2013 a 16404,26 ha en el año 2024, lo que indica un crecimiento porcentual de 51,2% en los 11 años, o en cifras del indicador TCCN de 3,76% anual. No obstante, la cifra de las lagunas costeras decreció en este tiempo en algo más de 100 ha (TCCN -1,23%), pero se identificaron coberturas como Lagunas, lagos y ciénagas naturales con un crecimiento de 126,88 ha (TCCN de 44,03%).

En el caso del bosque denso, este decreció en más de 810 ha (TCCN de -13,48%), pero estas hectáreas pueden estar incluidas en otras coberturas como bosque abierto, bosque fragmentado y bosque de galería o ripario, las cuales tuvieron tasas de incremento de 50,80%, 56,83% y 62,49%, lo cual se reduce al final en un aumento de 122,26 ha, si se acepta la desagregación del bosque denso en estas otras expresiones de bosque; en el caso de la vegetación secundaria o en transición, esta decreció en más de 7580 ha (TCCN -19,14%), cobertura que puede estar incluida en otras coberturas como herbazales y arbustales, las cuales tuvieron incrementos significativos de 5338,5 ha y 6646,91 ha respectivamente (TCCN

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

26,12% y 80,02%). En la Figura 17 se puede observar cuales son las coberturas naturales que presentan mayor cambio en cuanto a su crecimiento o decrecimiento.

**Figura 12.17. Indicador tasa de cambio coberturas naturales.**




## 12.6.2. Índice de vegetación remanente (IVR)

El indicador de vegetación remanente permite cuantificar la cantidad de vegetación natural que aún persiste en un área determinada, expresada como porcentaje del área total. Para hacer la comparación de la cobertura natural que aún persiste, respecto de la que pudo existir en condiciones de baja intervención humana, se plantea el siguiente procedimiento.

El proceso de identificación de las coberturas naturales que pudieron estar presentes en tiempos anteriores, parte de la generación de una consulta realizada al estudio sobre Condiciones de las unidades ecobiogeográficas continentales y sistema nacional de áreas protegidas en Colombia (Latorre et al, 2014) y desarrollado por el IDEAM. En la cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, se identificaron al menos seis biomas continentales, los cuales se muestran en la Tabla 12.14; indudablemente, el bioma de mayor extensión en la cuenca es el Bosque Seco Tropical con condiciones medio ambientales para estar presente en más del 86% del área, este bioma esta seguido por extensión, de los Humedales y zonas lacustres tropicales con 5,65%, los Cuerpos de agua con el 2,78% y los Manglares Natales o salares tropicales con el 2,04%.

No sobra reiterar que todos los biomas identificados resultan de alta relevancia para las condiciones ambientales y el sostenimiento de la cuenca en sus servicios ecosistémicos.

**Tabla 12.14. Biomas identificados.**

| Bioma | Área (%) | Área (ha) |
|---|---|---|
| Bosque Seco Tropical | 88.61% | 26163.33 |
| Bosque Galería Tropical | 0.62% | 182.75 |
| Humedales y zonas lacustres tropicales | 5.65% | 1667.47 |
| Cuerpos de agua (ríos, ciénagas, lagos, lagunas) | 2.78% | 821.12 |
| Playas, medanos y/o dunas Tropicales | 0.14% | 42.29 |
| Manglares Natales o salares tropicales | 2.04% | 601.94 |
| Marino | 0.17% | 48.72 |
| **Total, general** | **100.00%** | **29527.61** |

Una vez identificados los biomas "originales" con sus respectivas áreas, se procedió a identificar las coberturas naturales actuales que pueden corresponder a los biomas identificados, lo cual se presenta en la Tabla 12.15 junto con el cálculo del IVR para las coberturas naturales actuales.

Podemos observar como el bioma de Bosque Seco Tropical es el más afectado por ser el bioma de mayor extensión y cuyas coberturas remanentes tan solo se conservan en un 35,52%, en otras palabras, de las 26163 ha que pudieron existir en el pasado, solo 9294 ha persisten en condiciones relativamente adecuadas. Los cuerpos de agua han sido alterados al punto que solo hay un 18,89% remanente; las coberturas relacionadas con manglares y salares solo se conservan en un 39,74% y las áreas relacionadas con humedales conservan solo el 46,36% de su área inicial.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - NO DE PUBLICIDAD

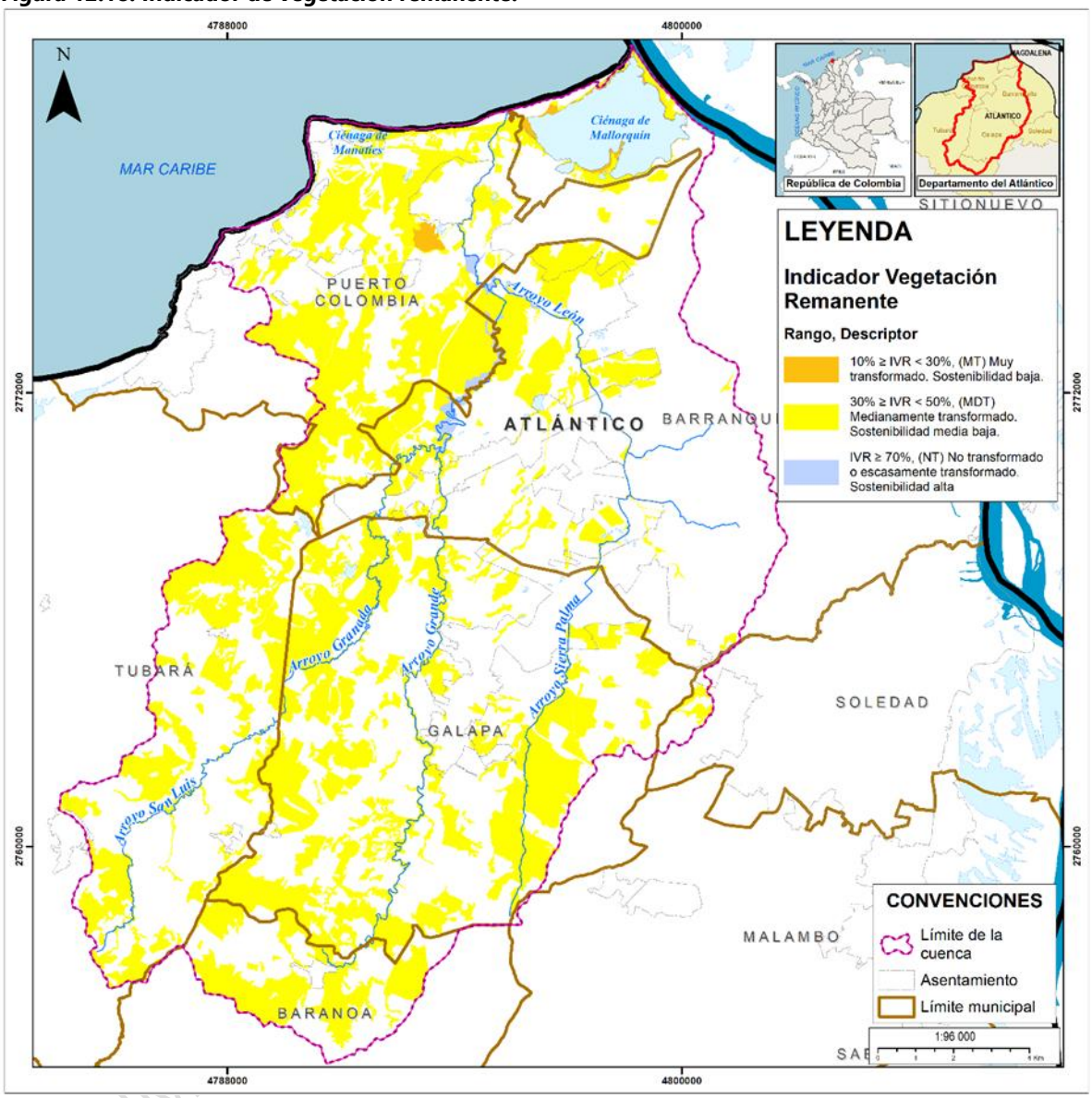
**Tabla 12.15. Coberturas naturales actuales por bioma identificado e IVR.**

| Bioma / Cobertura 3N | Área Remanente | Área Total | IVR |
|---|---|---|---|
| **1 Bosque Seco Tropical** | **9294.393** | **26163.36** | **35.52%** |
| 1.4.1 Zonas verdes urbanas | 3.18 | | |
| 3.1.1 Bosque denso | 16.73 | | |
| 3.1.2 Bosque abierto | 267.29 | | |
| 3.1.3 Bosque fragmentado | 518.41 | | |
| 3.1.4 Bosque de galería y/o ripario | 789.96 | | |
| 3.2.2 Arbustal | 6646.91 | | |
| 3.2.3 Vegetación secundaria o en transición | 1051.92 | | |
| **2 Bosque Galería Tropical** | **176.526** | **182.75** | **96.60%** |
| 3.1.4 Bosque de galería y/o ripario | 176.53 | | |
| **3 Humedales y zonas lacustres tropicales** | **773.018** | **1667.47** | **46.36%** |
| 4.1.1 Zonas pantanosas | 41.85 | | |
| 4.1.3 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | 8.64 | | |
| 4.2.1 Pantanos costeros | 36.68 | | |
| 5.2.1 Lagunas costeras | 685.85 | | |
| **4 Cuerpos de agua (ríos, ciénagas, lagos, lagunas)** | **155.077** | **821.11** | **18.89%** |
| 5.1.1 Ríos | 30.45 | | |
| 5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales | 82.60 | | |
| 5.1.3 Canales | 42.03 | | |
| **5 Playas, medanos y/o dunas Tropicales** | **41.407** | **42.38** | **97.69%** |
| 3.3.1 Zonas arenosas naturales | 41.41 | | |
| **6 Manglares Natales o salares tropicales** | **239.185** | **601.83** | **39.74%** |
| 3.1.1 Bosque denso | 222.46 | | |
| 4.2.2 Salitral | 16.72 | | |
| **7 Marino** | **82.93** | **48.72** | **NA** |
| 4.2.3 Sedimentos expuestos en bajamar | 8.90 | | |
| 5.2.2 Mares y océanos | 74.03 | | |

En la Figura 12.18 se puede observar cómo se distribuye la calificación de la vegetación remanente en la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.18. Indicador de vegetación remanente.**




DOCUM

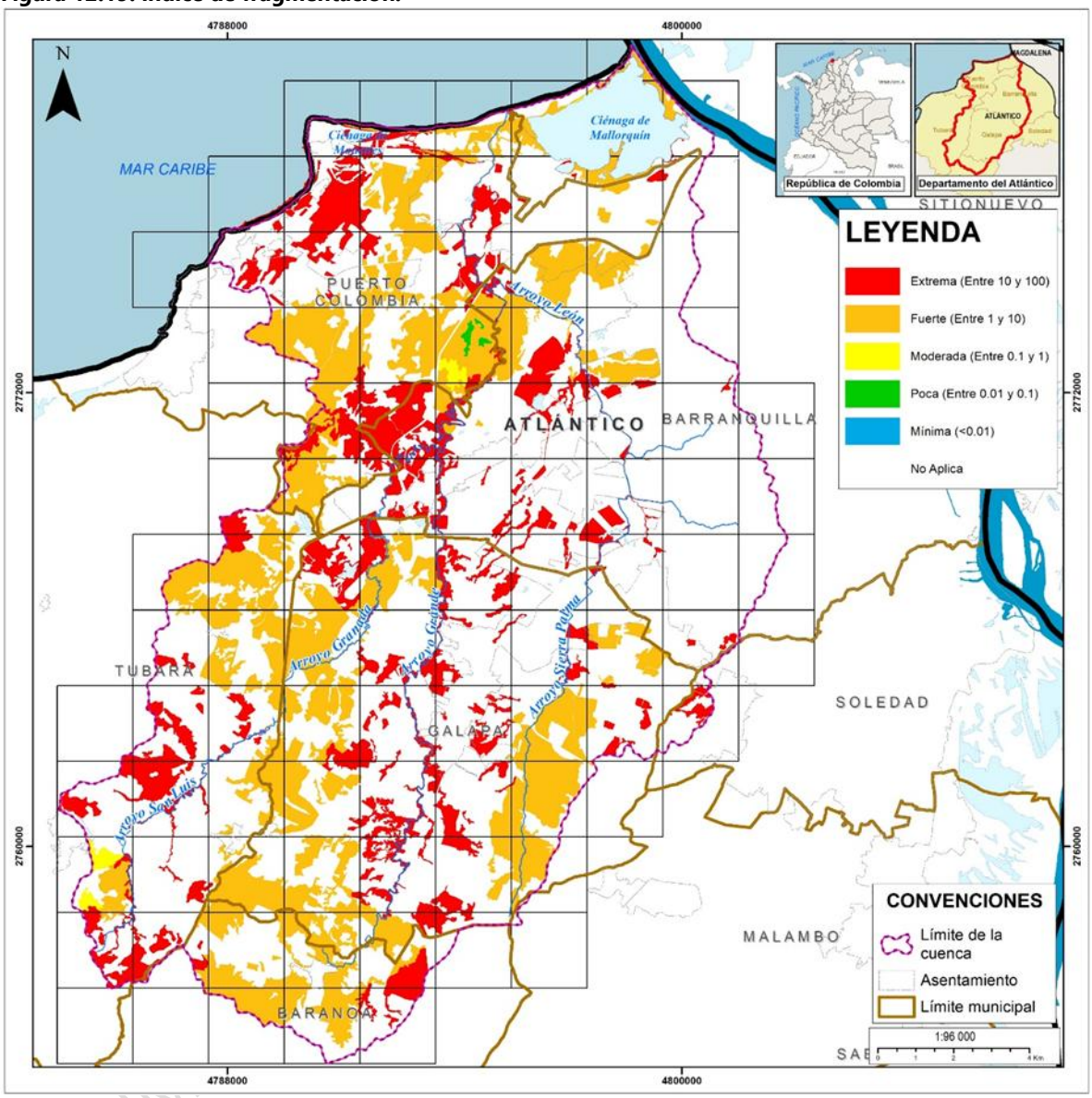
### 12.6.3. Índice de fragmentación (IF)

**Tabla 12.16. índice de fragmentación.**

| Fragmentación | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|
| Extrema (Entre 10 y 100) | 3718,35 | 12,59% |
| Fuerte (Entre 1 y 10) | 6984,70 | 23,65% |
| Moderada (Entre 0.1 y 1) | 96,03 | 0,33% |
| Poca (Entre 0.01 y 0.1) | 21,02 | 0,07% |
| No Aplica | 18707,51 | 63,36% |
| | **29527,62** | **100,00%** |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.19. índice de fragmentación.**




## 12.6.4. Índice de presión demográfica (IPD)

Este indicador busca establecer la cantidad de presión que puede ejercer la presencia o establecimiento de personas en un espacio o unidad territorial; en nuestro caso se han identificado veredas, centros poblados y cabeceras municipales que definen las unidades territoriales en la cuenca. Se han identificado un total de 24 unidades territoriales y un área donde no aplica este indicador (área de mar). En la Tabla 12.17 se pueden observar los resultados de los cálculos del indicador de presión demográfica.

**Tabla 12.17. Cálculos de IPD por unidad territorial.**

| Unidad Territorial | d | r | IPD | RANGO | DESCRIPTOR |
|---|---|---|---|---|---|
| La Sierra | 11.247 | 0.0075 | 0.085 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| Mengua | 33.414 | 0.0075 | 0.252 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| Sevilla | 89.372 | 0.0075 | 0.673 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| Las Petronitas | 11.562 | 0.0075 | 0.087 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| El Pajal | 6.221 | 0.0075 | 0.047 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| Pital | 14.462 | 0.0072 | 0.105 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| La Playa | 17.881 | 0.0079 | 0.142 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| Soledad Rural | 9.178 | 0.0082 | 0.076 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| San Luis | 21.287 | 0.0048 | 0.102 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| Canalete | 0.000 | 0.0048 | 0.000 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| Unidad Territorial | d | r | IPD | RANGO | DESCRIPTOR |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| Barranquilla Rural | 4.325 | 0.0063 | 0.027 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| La Cabaña | 23.535 | 0.0063 | 0.149 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| Juan Mina | 17.877 | 0.0063 | 0.113 | IPD < 1 | La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta. |
| CM Barranquilla, Distrito Especial, Industrial y Port | 10042.495 | 0.0047 | 47.311 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |
| CP Pital | 5617.872 | 0.0072 | 40.595 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |
| CM Galapa | 6254.505 | 0.0049 | 30.722 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |
| CP Paluato | 2362.685 | 0.0075 | 17.787 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |
| CM Puerto Colombia | 1293.586 | 0.0050 | 6.484 | 1 ≥ IPD < 10 | Población y amenazas crecientes pero normales, presión de la población y sostenibilidad media. |
| CP Salgar | 3134.967 | 0.0079 | 24.864 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |
| CP Sabanilla (monte Carmelo) | 256.205 | 0.0079 | 2.032 | 1 ≥ IPD < 10 | Población y amenazas crecientes pero normales, presión de la población y sostenibilidad media. |
| CM Soledad | 11549.311 | 0.0052 | 60.213 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |
| CM Tubará | 4192.460 | 0.0029 | 12.176 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICADO

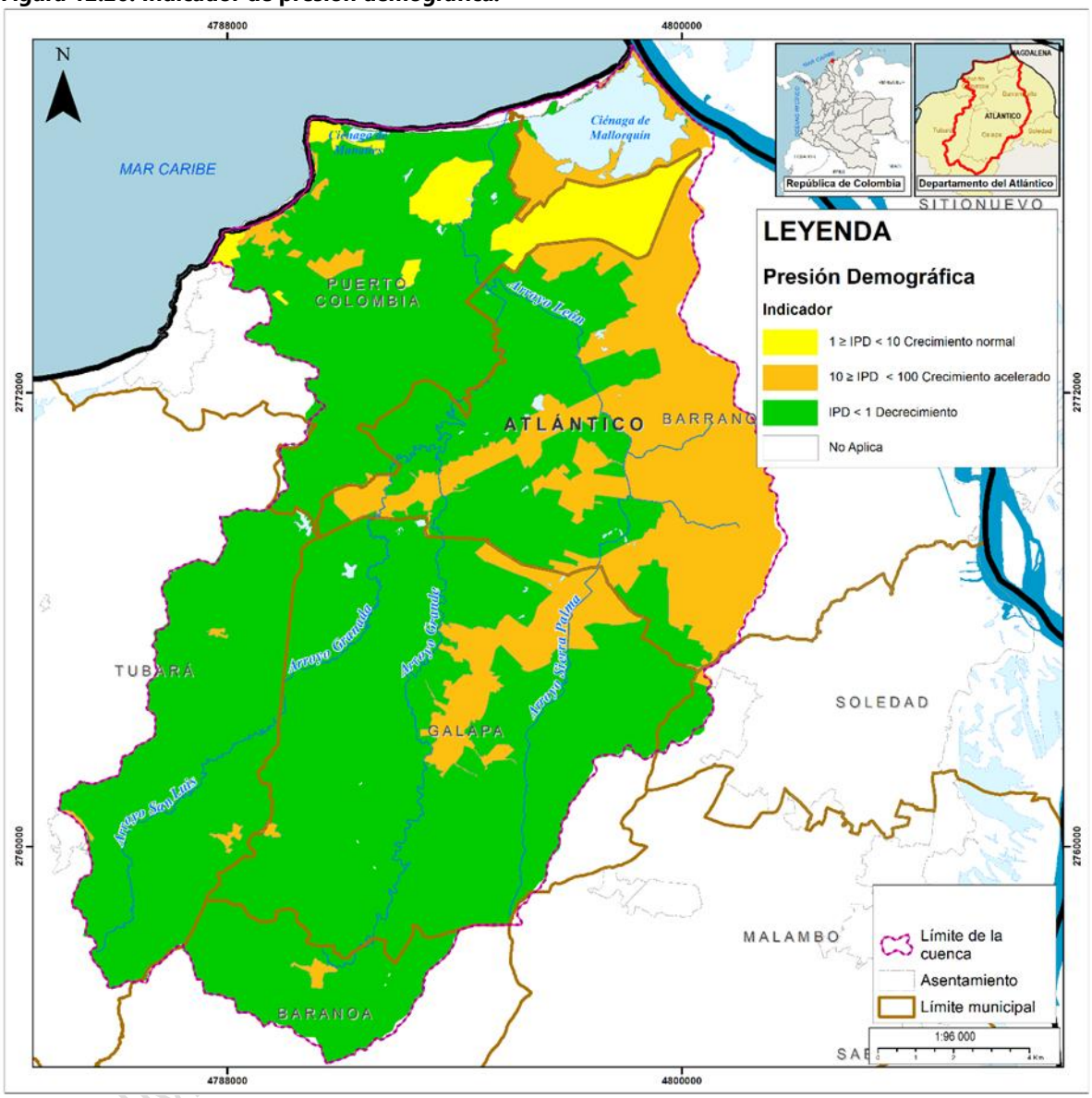
| Unidad Territorial | d | r | IPD | RANGO | DESCRIPTOR |
|---|---|---|---|---|---|
| CP Cuatro Bocas | 9379.882 | 0.0048 | 45.132 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |
| CP Guaimaral | 2976.024 | 0.0048 | 14.319 | 10 ≥ IPD < 100 | Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta. |
| NA (mar) | No Aplica | No Aplica | No Aplica | No Aplica | No Aplica |

Nota: Puede ser CP - Centro Poblado, CM - Cabecera Municipal o vereda cuando no se antepone nada al nombre.

El 76,29% del territorio se encuentra con un indicador de presión inferior a uno, lo cual significa que la unidad territorial expulsa población, la sostenibilidad de los recursos podría mantenerse o recuperarse, pues la presión de la población es baja y sostenibilidad alta; el 19,89% del territorio presenta un IPD entre 10 y 100, lo cual indica que hay un crecimiento acelerado de la población y por lo tanto la presión de esta es alta; finalmente, el 3,81% presenta un IPD entre 1 y 10, reflejando un crecimiento normal de la población, la presión de la población sobre los recursos es media y por lo tanto su sostenibilidad. En la Figura 12.20 se puede observar cómo se distribuye el IPD en la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.20. Indicador de presión demográfica.**




## 12.6.5. Índice de ambiente crítico (IAC)

El Índice de Ambiente Crítico busca establecer cuál es el grado de incidencia de la presión demográfica que ejerce sobre las coberturas naturales; esto se logra vinculando el indicador de vegetación remanente (IVR) con el indicador de presión demográfica (IPD).

Se identificaron 10743,08 ha de vegetación natural remanente, de las cuales 21,61 ha presentan un estado crítico, de difícil recuperación en el lapso del POMCA; 1227,01 ha se encuentran en peligro, igualmente con pocas opciones de recuperación en los próximos 10 años; hay 9344,94 ha en estado vulnerable, que requieren medidas de protección para

asegurar una conservación aceptable, finalmente, se identificaron 149,53 ha en estado estable, que aparentemente no presentan amenazas en su conservación, ver Tabla 12.18.

**Tabla 12.18. Relación entre IAC, IVR, IPD y área afectada.**

| IAC | IVR | IPD | Descriptor | AREA (ha) |
|---|---|---|---|---|
| I | NT | IPD < 1 | Relativamente estable o relativamente intacto; conservado y sin amenazas inminentes. | 149.53 |
| II | NT | 10 ≥ IPD < 100 | Vulnerable, conservación aceptable y/o amenazas moderadas-. Sostenible en el mediano plazo, en especial con medidas de protección. | 1.00 |
| II | MDT | IPD < 1 | Vulnerable, conservación aceptable y/o amenazas moderadas-. Sostenible en el mediano plazo, en especial con medidas de protección. | 9256.41 |
| II | MDT | 1 ≥ IPD < 10 | Vulnerable, conservación aceptable y/o amenazas moderadas-. Sostenible en el mediano plazo, en especial con medidas de protección. | 87.52 |
| III | MT | IPD < 1 | En peligro, baja conservación y/o presiones fuertes. Sostenibilidad con probabilidades medias a bajas de persistencia en los próximos 15 años. (calificación 10) IV: crítico, conservación baja y presiones fuertes. Pocas probabilidades en los próximos 10 años. | 770.93 |
| III | MDT | 10 ≥ IPD < 100 | En peligro, baja conservación y/o presiones fuertes. Sostenibilidad con probabilidades medias a bajas de persistencia en los próximos 15 años. (calificación 10) IV: crítico, conservación baja y presiones fuertes. Pocas probabilidades en los próximos 10 años. | 456.08 |
| IV | MT | 10 ≥ IPD < 100 | Crítico, conservación baja y presiones fuertes. Pocas probabilidades en los próximos 10 años. | 21.61 |

En la Tabla 12.19 se presentan todas las coberturas identificadas por el grado de criticidad que presentan, de acuerdo a lo analizado en el índice de ambiente crítico; estas coberturas están referidas al nivel tres y cuatro de la codificación CORINE Land Cover; también es adecuado indicar que una cobertura puede presentar diferente grado de criticidad, de acuerdo al lugar sitio o lugar de la cuenca donde se encuentre.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 12.19. Coberturas naturales identificadas con grado de IAC.**

| Coberturas Naturales Identificadas | |
|---|---|
| **I Relativamente estable** | |
| **Código** | **Cobertura** |
| 3.1.4 | Bosque de galería y/o ripario |
| 5.1.3 | Canales |
| 3.1.2.2 | Bosque abierto bajo |
| 3.2.2.2 | Arbustal Abierto |
| 3.2.3.2 | Vegetación secundaria baja |
| 3.3.1.1 | Playas |
| 3.2.2.1 | Arbustal denso |
| **II Vulnerable** | |
| 3.1.4 | Bosque de galería y/o ripario |
| 4.1.1 | Zonas pantanosas |
| 4.1.3 | Vegetación acuática sobre cuerpos de agua |
| 4.2.1 | Pantanos costeros |
| 4.2.3 | Sedimentos expuestos en bajamar |
| 5.1.1 | Ríos |
| 5.1.2 | Lagunas, lagos y ciénagas naturales |
| 5.1.3 | Canales |
| 5.2.1 | Lagunas costeras |
| 3.1.2.2 | Bosque abierto bajo |
| 3.1.3.1 | Bosque fragmentado con pastos y cultivos |
| 3.1.3.2 | Bosque fragmentado con vegetación secundaria |
| 3.1.4.1 | Bosque de galería y/o ripario alto |
| 3.1.4.2 | Bosque de galería y/o ripario bajo |
| 3.2.2.1 | Arbustal denso |
| 3.2.2.2 | Arbustal abierto |
| 3.2.3.1 | Vegetación secundaria alta |
| 3.2.3.2 | Vegetación secundaria baja |
| 3.3.1.1 | Playas |
| 3.3.1.2 | Arenales |
| 3.1.1.1 | Bosque denso alto |
| **III En peligro** | |
| 3.1.4 | Bosque de galería y/o ripario |
| 4.1.1 | Zonas pantanosas |
| 4.2.2 | Salitral |
| 4.2.3 | Sedimentos expuestos en bajamar |
| 5.1.1 | Ríos |
| 5.1.2 | Lagunas, lagos y ciénagas naturales |
| 5.1.3 | Canales |
| 5.2.1 | Lagunas costeras |
| 1.4.1.6 | Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas |
| 3.1.3.1 | Bosque fragmentado con pastos y cultivos |
| 3.1.3.2 | Bosque fragmentado con vegetación secundaria |
| 3.1.4.1 | Bosque de galería y/o ripario alto |
| 3.1.4.2 | Bosque de galería y/o ripario bajo |

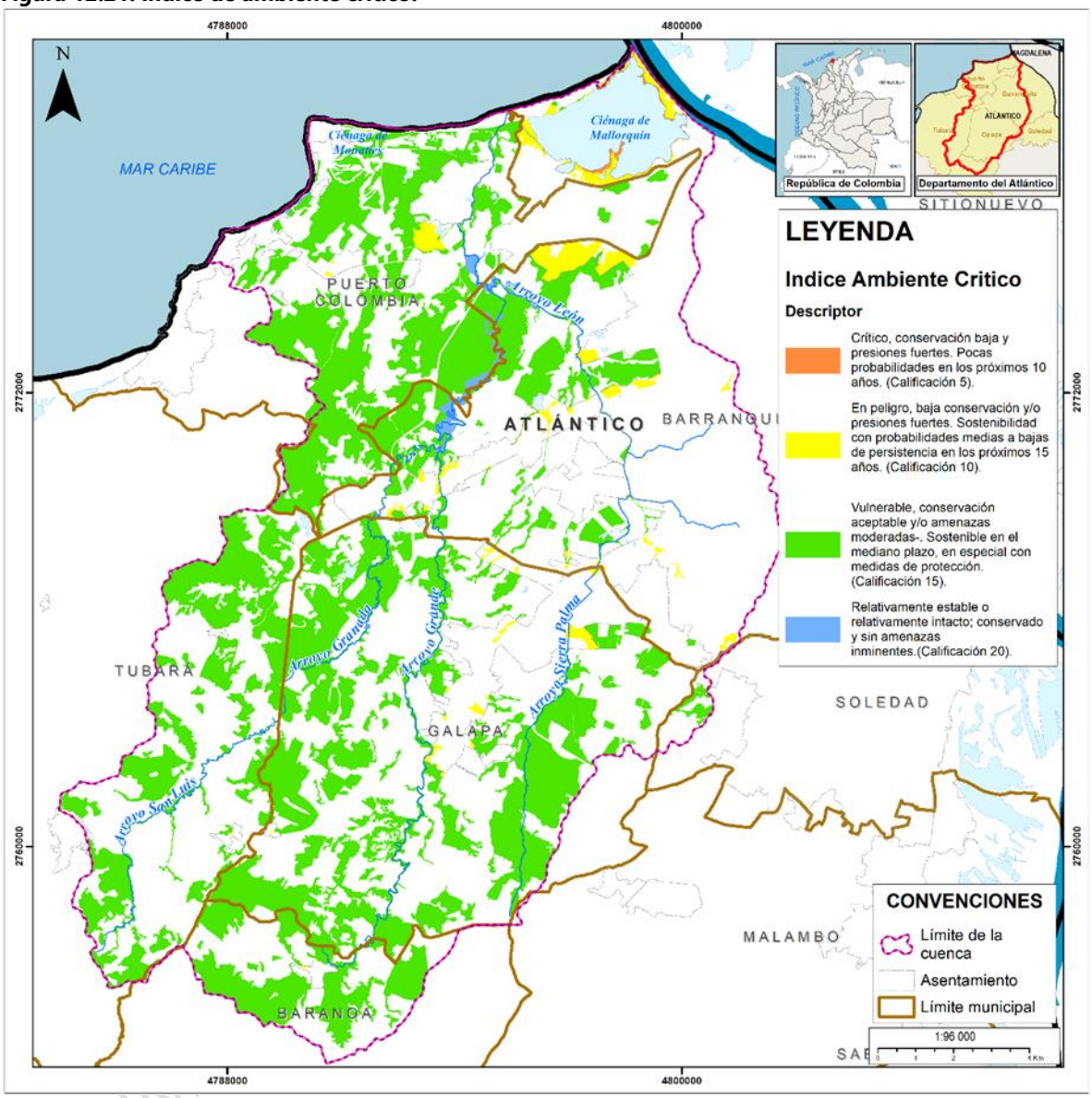
DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE VULNERABILIDAD

| Coberturas Naturales Identificadas | |
|---|---|
| 3.2.2.1 | Arbustal denso |
| 3.2.2.2 | Arbustal abierto |
| 3.2.3.1 | Vegetación secundaria alta |
| 3.2.3.2 | Vegetación secundaria baja |
| 3.3.1.1 | Playas |
| 3.1.1.1 | Bosque denso alto |
| **IV Crítico** | |
| 4.2.2 | Salitral |
| 5.2.1 | Lagunas costeras |
| 3.3.1.1 | Playas |
| 3.1.1.1 | Bosque denso alto |

La distribución espacial del índice de ambiente crítico se puede observar en la Figura 12.21; cómo se puede observar las coberturas más afectadas o de mayor criticidad se encuentran localizadas muy cerca de los centros urbanos o poblados, lo cual coloca de manifiesto la presión a la cual es sometida estos espacios naturales, en aras del crecimiento, urbano, comercial e industrial.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 12.21. índice de ambiente crítico.**




## 12.6.6. Índice del estado actual de las coberturas naturales (IEACN)

Este índice compuesto de índices e indicadores busca realizar un diagnóstico integral de las coberturas naturales, para de esta manera poder orientar las acciones o medidas a tomar en el proceso de zonificación ambiental. Combina la tasa de cambio que sufren las coberturas naturales, con los remanentes de estas coberturas, su estado de integridad en términos de fragmentación y las áreas donde más tiene presión por parte de las acciones del hombre.

Con este índice se puede concluir que en el 44,14% de la cuenca ya no existen coberturas naturales habiéndose dado paso a su eliminación. En el restante 55,86% (ver Tabla 12.20),

las coberturas naturales que aún persisten presentan las siguientes situaciones: el 30,32% se encuentran completa o altamente transformada al punto que no es posible recupéralas en el periodo de ejecución del POMCA, el 25,15 de las coberturas naturales está en estado transformado necesitando medidas o acciones para su recuperación y tan solo el 0,44% presenta una mediana transformación, requiriendo gestiones para su conservación.

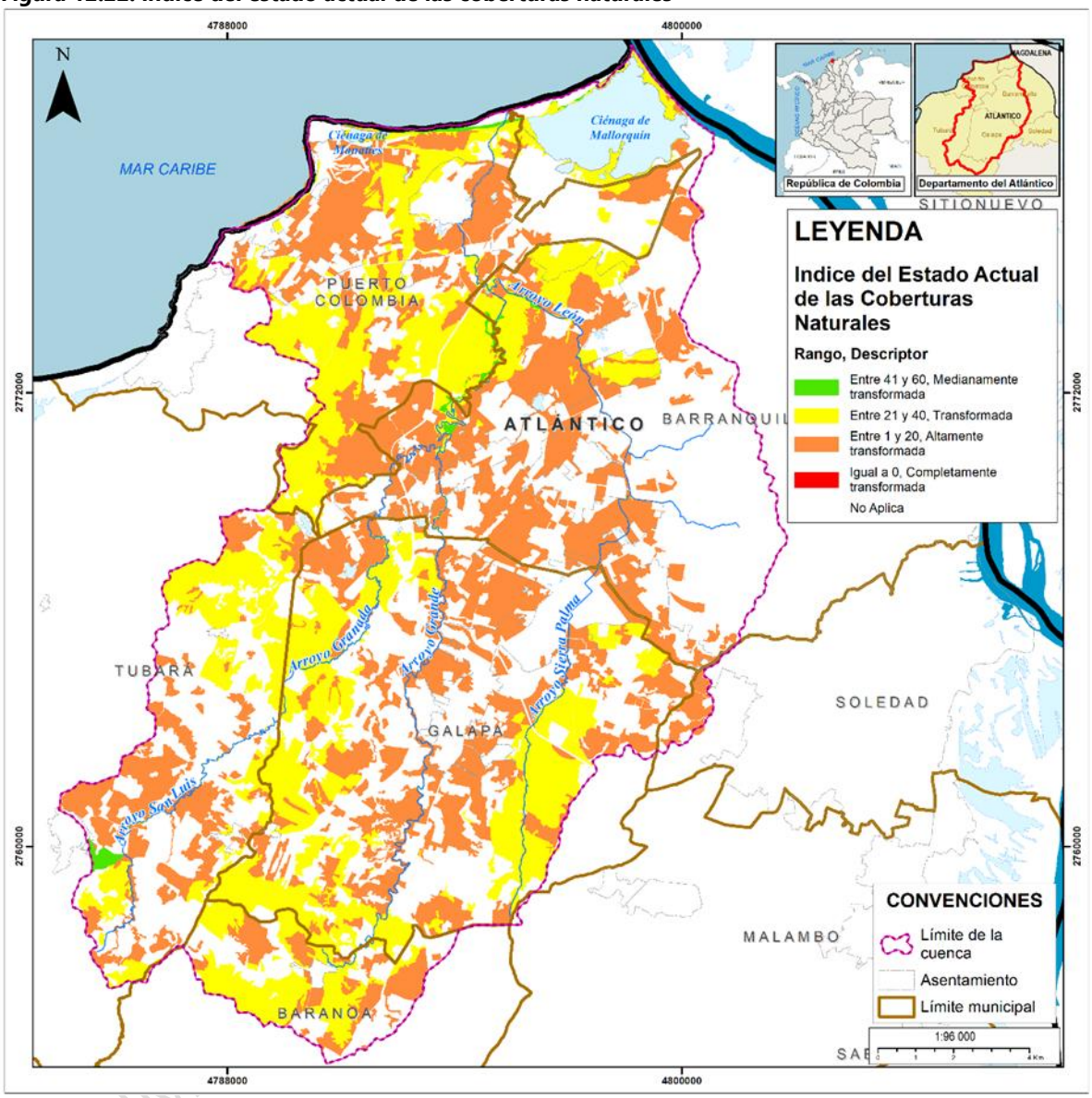
**Tabla 12.20. índice del estado actual de las coberturas naturales, rango, descriptor y áreas.**

| Rango | Descriptor | Área (ha) | Área (%) |
|---|---|---|---|
| Entre 41 y 60 | Medianamente transformada | 129.56 | 0.44% |
| Entre 21 y 40 | Transformada | 7412.40 | 25.10% |
| Entre 1 y 20 | Altamente transformada | 8940.00 | 30.28% |
| Igual a 0 | Completamente transformada | 12.36 | 0.04% |
| **Total, general** | | **16494.34** | **55.86%** |

De acuerdo con la Figura 12.22, la transformación de la cuenca es pareja en términos espaciales; si bien existe una fuerte presión cerca de los centros urbanos y poblados, en el caso de Mallorquín la afectación de las coberturas naturales no se centra en un espacio, sino que se extiende por toda la cuenca, lo cual significa que las acciones a tomar son de carácter global y puede evidenciar que aun cuando hay extensos espacios rurales estos se han humanizado, al punto que no se valoran las coberturas naturales y su contribución a los servicios ecosistémicos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 12.22. índice del estado actual de las coberturas naturales**




DOCUM

# 13. CARACTERIZACIÓN VEGETACIÓN Y FLORA

Para realizar el diagnóstico de la vegetación y flora de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, se llevó a cabo inicialmente un levantamiento de la información secundaria operacionalmente disponible a través de diversas fuentes de información, enfocando dicho levantamiento tanto a nivel de los ecosistemas presentes como revisión de los listados de las especies más sensibles y/o de importancia ecológica en el área de la cuenca.

Asimismo, se llevaron a cabo los inventarios para la caracterización de vegetación presente para un total de nueve coberturas vegetales caracterizadas, siendo estas las más representativas de acuerdo con las coberturas de la tierra (escala 1:10.000) ya sea por el área que ocupan en la cuenca, por su importancia como áreas de conservación o asociación a la regulación hídrica o ambas.

Así las cosas, se presentan a continuación los resultados, los análisis y las conclusiones de la fase diagnostica de la vegetación y flora de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León.

## *13.1. Información Secundaria*

En el Departamento del Atlántico, la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA, 2012) distingue tres subzonas hidrográficas (Canal del Dique, Complejo de humedales de la vertiente occidental del río Magdalena y Arroyos directos al mar Caribe) y un nivel subsiguiente: la Ciénaga de Mallorquín.

Esta cuenca, que incluye la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León que se extiende por seis municipios del departamento así: Barranquilla (30,8%), Galapa (30,2%), Puerto Colombia (18,9%), Tubará (13,7%), Baranoa (5,8%) y Soledad (0,6%), abarcando una superficie total aproximada de 296.218 hectáreas. Su área de influencia se delimita desde el nacimiento del arroyo Grande, en Pital de Megua (municipio de Baranoa) hasta su desembocadura en la margen suroccidental de la ciénaga de mallorquín.

El límite de esta extensión hidrológica se define por las divisorias de aguas de los arroyos Santo Domingo y Hondo (Barranquilla); el trayecto del arroyo León (Puerto Colombia) y las cuencas de los arroyos Jubilado, Simón y Megua (Baranoa). En Tubará, incluye los arroyos

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Batuque, Malemba, Horno, San Luís, Don Juan y Granada; mientras que, en Galapa, se incluyen los arroyos Mollo, Grande y Caña (CRA, 2012).

A nivel ecosistémico, esta región representa una transición ecológica característica del Caribe colombiano, donde la vegetación está estrechamente determinada por el régimen de precipitaciones. Desde la línea de costa, se presentan ecosistemas estuarinos como la Ciénaga de Mallorquín, compuestos principalmente por bosques de manglar que son dominados básicamente por tres especies: Rhizophora mangle (mangle rojo), Avicennia germinans (mangle negro o salado) y Laguncularia racemosa (mangle blanco o amarillo) (Galvis et al., 1992; Universidad del Norte, 1993; Rangel et al., 2012; Chacón et al., 2020).

Los manglares son definidos como bosques de marismas propios de zonas tropicales y subtropicales de costas protegidas (FAO, 1994) y constituyen ecosistemas claves por su papel en la protección costera pues actúan como una barrera natural contra fenómenos como las mareas extremas, los vientos y eventos asociados a El Niño (Ezcurra et al., 2009; Romero, 2014).

Sin embargo, estos ecosistemas enfrentan hoy múltiples amenazas debido al ascenso del nivel del mar, el cambio climático y las presiones antrópicas vinculadas a la expansión urbana e industrial (Uribe y Urrego, 2009; Iñiguez-Gallardo, 2019).

Tierra adentro, los manglares dan paso a ecosistemas de tierra firme pertenecientes a la categoría de Bosques Secos Tropicales (BST). En el Caribe colombiano, y particularmente en el Atlántico, estos bosques han sido históricamente fragmentados y reducidos debido a actividades agropecuarias y urbanas.

Sin embargo, aún persisten relictos con comunidades vegetales adaptadas a condiciones de baja precipitación y suelos poco profundos. Entre estos se encuentran los Bosques Secos Espinosos, dominados por especies como Prosopis juliflora (trupillo), acompañadas por otras especies leñosas como Handroanthus billbergii (coralibe), Astronium graveolens (quebracho), Caesalpinia coriaria (dividivi), Bursera simaruba (almácigo) y Tabebuia rosea (roble).

Estos ecosistemas secos son de gran valor ecológico por su diversidad florística y faunística, su rol en la regulación hídrica local y su importancia como corredores ecológicos. No obstante, su conservación requiere atención urgente debido a su alto grado de amenaza y su baja representatividad en las áreas protegidas del país.

### 13.1.1. Zonas de vida

El sistema de zonas de vida es una aproximación a la clasificación ecológica basada en temperatura, precipitación y humedad; con esta información es posible determinar áreas

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

con condiciones homogéneas que permiten el desarrollo de comunidades vegetales y animales similares lo que facilita su estudio. Holdridge (1967) propuso un sistema basado en biotemperatura media anual, precipitación anual y evapotranspiración media anual, su sistema ha tenido gran aplicabilidad y es usado comúnmente en ecosistemas tropicales (Watson y Tosi 2000).

Para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se considera la presencia de dos zonas de vida principales:

1) Bosque seco tropical (bs-T): Se ubica por debajo de los 1.000 msnm con temperaturas superiores a los 24°C y condiciones de humedad y precipitaciones bajas (entre 1.000 y 2.000 mm por año), se encuentra en un área extensa de la llanura Caribe. Las plantas adaptadas a esta zona de vida deben soportar el déficit hídrico la mayor parte del año.
2) Bosque muy seco tropical (bms-T): Se ubica por debajo de los 300 msnm con temperaturas superiores a 24°C y promedio anual de precipitaciones entre 500 y 1.000 mm. Se encuentra vegetación dispersa adaptada a periodos de sequía o transformada en pastizales y rastrojos.

### 13.1.2. Áreas naturales protegidas

El departamento del Atlántico, a pesar de su reducida extensión territorial en comparación con otros departamentos del Caribe colombiano, alberga una serie de áreas naturales protegidas de carácter regional y local que desempeñan un papel clave en la conservación de la biodiversidad y en la regulación de los servicios ecosistémicos (Rangel-Churio et al., 2012; CRA, 2012).

Estas áreas buscan preservar fragmentos representativos de ecosistemas como el bosque seco tropical, los manglares, los cuerpos de agua interiores y las franjas de litoral marino-costero, todos bajo una fuerte presión antrópica derivada de la expansión urbana, la agricultura y el cambio en el uso del suelo (García et al., 2014; Iñiguez-Gallardo, 2019).

Dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), el departamento del Atlántico no cuenta actualmente con Parques Nacionales Naturales, pero sí posee una Red de Áreas Protegidas Regionales (RAP) liderada por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA. Esta red incluye reservas forestales protectoras regionales, distritos de manejo integrado, áreas de conservación hídrica y otras figuras de ordenamiento ambiental que, aunque de menor jerarquía legal frente a las categorías del SINAP, cumplen funciones relevantes en la conservación del capital natural del territorio (MADS, 2010; CRA, 2017).

En particular, en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y en las microcuencas de los arroyos Grande y León, se destacan varias iniciativas de conservación y ordenamiento ambiental

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

orientadas a la restauración de ecosistemas estratégicos como los manglares, los humedales estuarinos y los relictos de bosque seco tropical (Chacón et al., 2020; Romero, 2014).

La Ciénaga de Mallorquín, ubicada en la franja costera del Distrito de Barranquilla, ha sido reconocida como un ecosistema prioritario dentro del Plan de Manejo Ambiental de la Estructura Ecológica Principal de la ciudad (Universidad del Norte, 2005), y es objeto de procesos de rehabilitación ecológica liderados por instituciones públicas, empresas privadas y organizaciones sociales, con un enfoque de restauración ecológica y valorización paisajística (Universidad del Norte, 2021; Alcaldía de Barranquilla, 2022).

Asimismo, la zona de influencia de los arroyos Grande y León —que atraviesa sectores de los municipios de Galapa, Baranoa, Puerto Colombia y Tubará— ha sido incluida dentro del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) liderado por la CRA, el cual busca identificar zonas de alto valor ecológico para implementar acciones de protección, restauración y uso sostenible, en especial en áreas de recarga hídrica, nacimientos de agua y corredores ecológicos entre remanentes de vegetación nativa (CRA, 2012; 2017).

Adicionalmente, algunas zonas de la cuenca forman parte de iniciativas comunitarias de conservación, como reservas naturales de la sociedad civil y predios privados que han suscrito acuerdos voluntarios de conservación con entidades como la CRA, el Ministerio de Ambiente y organizaciones de la sociedad civil (SINAP, 2020; Fundación Natura, 2021).

Estos espacios, aunque no siempre cuentan con una declaratoria oficial bajo alguna figura jurídica nacional, son fundamentales para la conectividad ecológica y la resiliencia de los ecosistemas locales ante el cambio climático y la fragmentación del hábitat (Uribe & Urrego, 2009; Ezcurra et al., 2009).

En este contexto, la conservación y gestión efectiva de las áreas protegidas en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León resulta estratégica no solo para preservar la biodiversidad, sino también para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, la mitigación de riesgos naturales y la mejora de la calidad de vida de las comunidades locales (Tabla 13.1).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 13.1. Áreas Naturales Protegidas del Departamento del Atlántico.**

| Nombre del área protegida | Categoría de conservación | Municipio(s) | Ecosistema predominante | Extensión (ha) |
|---|---|---|---|---|
| Ciénaga de Mallorquín | Zona de manejo especial / Estuario costero | Barranquilla | Manglar, humedal costero, laguna estuarina | ~1.000 |
| Corredor Ecológico Mallorquín–Playa Mendoza | Propuesta de conectividad ecológica | Barranquilla, Puerto Colombia | Manglar, bosque seco, litoral marino | No disponible |
| Distrito de Manejo Integrado Luriza | Distrito de Manejo Integrado (DMI) | Usiacurí, Baranoa | Bosque seco tropical, zonas de recarga hídrica | 3.239 |
| Reserva Forestal Protectora Regional El Palomar | Reserva Forestal Protectora Regional | Sabanalarga | Bosque seco tropical, relictos de selva subxerofítica | 1.130 |
| Reserva Natural El Ceibal (privada) | Reserva Natural de la Sociedad Civil | Tubará | Bosque seco tropical, fragmentos de galería | 50 |
| Reserva Natural El Túnel (privada) | Reserva Natural de la Sociedad Civil | Galapa | Bosque seco, zona de conectividad con cuenca del León | 35 |
| Reserva de Manglar Arroyo León | Zona de conservación urbana / manglar | Puerto Colombia, Galapa | Manglar de franja estuarina | ~80 |

Fuente: Adaptado de CRA. (2022). Plan de acción institucional 2020–2023. Barranquilla, Colombia.

### 13.1.3. Especies focales

Los bosques secos tropicales en el departamento del Atlántico son ecosistemas que, a pesar de su aparente aridez, desempeñan un papel fundamental en el equilibrio ecológico de la región. Estos bosques no solo son hábitats cruciales para una diversidad de especies vegetales y animales, sino que también brindan una serie de beneficios económicos, sociales y ambientales. Los recursos derivados de estos ecosistemas incluyen alimentos, maderas, materiales de construcción, combustibles, fibras, plantas ornamentales y una variedad de compuestos químicos secundarios como resinas, alcaloides, entre otros (Díaz, J.M., 2006; Hernández-Camacho, 1995).

El Departamento del Atlántico alberga áreas significativas de bosque seco, principalmente en las zonas rurales de los municipios de Barranquilla, Galapa, Puerto Colombia, y Baranoa, donde las condiciones de humedad favorecen el desarrollo de vegetación de porte arbóreo. No obstante, las actividades humanas, como la agricultura intensiva y el desarrollo urbanístico, han provocado una notable transformación de estos ecosistemas naturales, con

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

la consiguiente pérdida de grandes extensiones de bosques secos que, en muchos casos, han sido sustituidos por cultivos y zonas urbanizadas.

A pesar de estas presiones, aún persisten especies de gran valor ecológico que constituyen lo que se denomina como especies focales para la conservación en el territorio. Estas especies son de interés prioritario debido a su vulnerabilidad y su papel en la regeneración de los ecosistemas.

Entre las especies focales más relevantes en los bosques secos del Atlántico, algunas se encuentran catalogadas en categorías de amenaza debido a su escasa presencia y a la pérdida de su hábitat natural. Entre las especies focales de importancia regional se incluyen:

- Carreto (Aspidosperma polyneuron) – En Peligro (EN).
- Perehuétano (Parinari pachyphylla) – En Peligro (EN).
- Ébano (Caesalpinia ebano) – En Peligro (EN).
- Abarco (Cariniana pyriformis) – En Peligro Crítico (CR).
- Galinazo (Gustavia longifuniculata) – En Peligro (EN).
- Ceiba toluá (Pachira quinata) – En Peligro (EN).
- Caoba (Swietenia macrophylla) – En Peligro Crítico (CR).
- Cedro rosado (Cedrela odorata) – En Peligro (EN).
- Guayacán (Bulnesia arborea) – En Peligro (EN).

Además de las especies mencionadas, la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) ha identificado diversas áreas críticas para la conservación de estos ecosistemas en su programa de gestión ambiental. A través de la implementación de planes de manejo, el monitoreo constante de las especies focales y la promoción de acuerdos de conservación, la CRA ha logrado implementar estrategias de restauración ecológica en zonas afectadas por la deforestación y la fragmentación del hábitat.

En particular, las acciones de restauración se han centrado en los manglares de la Ciénaga de Mallorquín y los bosques secos de las microcuencas de los arroyos Grande y León, áreas que son esenciales para la conectividad ecológica y el sostenimiento de la biodiversidad en el departamento.

Por otro lado, la CRA ha trabajado en conjunto con comunidades locales y organizaciones ambientalistas para fortalecer los acuerdos de conservación voluntarios en propiedades privadas y reservas naturales de la sociedad civil. Estas iniciativas han sido cruciales para preservar no solo especies de plantas, sino también fauna asociada, como reptiles, aves y mamíferos, que dependen de estos hábitats para su supervivencia.

DOCUMENTO TECNICO - FASE DE PUBLICIDAD

A nivel regional, la CRA ha promovido campañas de sensibilización y educación ambiental que buscan involucrar a las comunidades en la protección de los recursos naturales y en el uso sostenible de los ecosistemas. Estas acciones, en conjunto con el apoyo de otras entidades gubernamentales y no gubernamentales, están contribuyendo significativamente a la preservación de especies focales y a la restauración de los ecosistemas secos del Atlántico.

## *13.2. Información Primaria*

La caracterización de la vegetación y flora al interior de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León se llevó a cabo a través de la indagación biótica en 24 parcelas tipo Gentry de 100 x 10 m (0,1 ha), ubicadas sobre un total de nueve coberturas vegetales naturales, lo cual equivale a un área muestreada de 24.000 $m^2$ o 2,4 hectáreas.

En la Tabla 13.2 se presenta el listado de las coberturas vegetales caracterizadas, donde se resalta el hecho de que estas abarcan el 66,26% del área total de la cuenca basado en las coberturas de la tierra (IDEAM, 2018) que se muestran en la imagen satelital de la Figura 13.1.

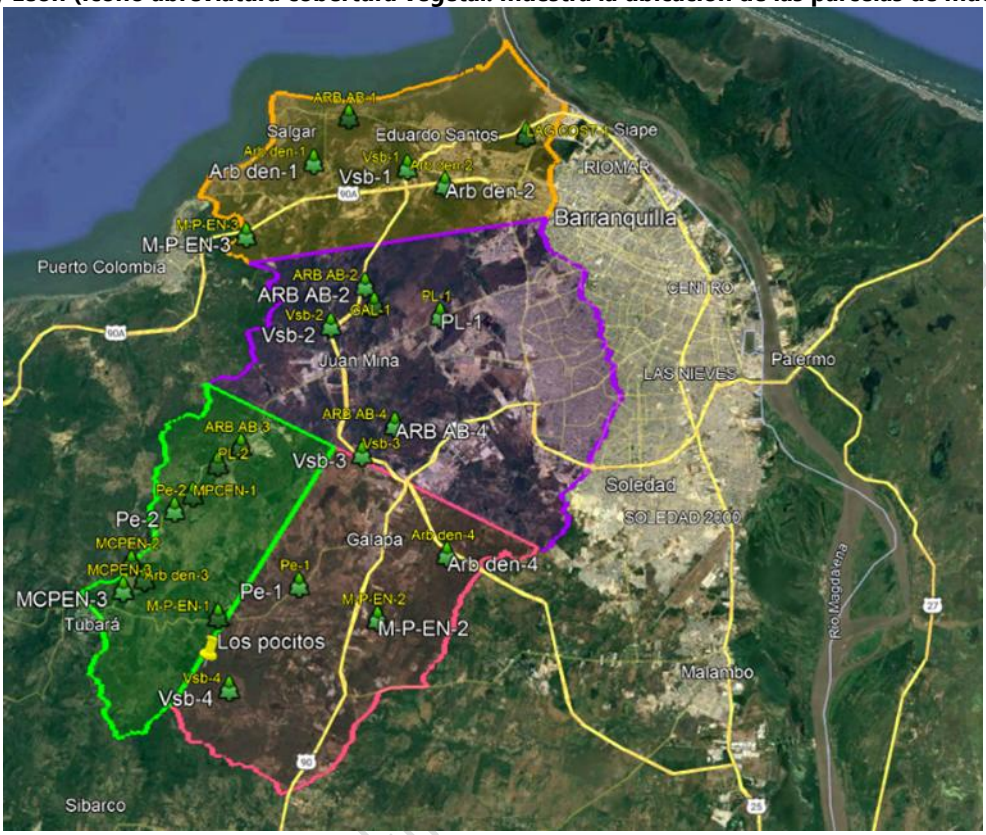
**Tabla 13.2. Coberturas vegetales en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.**

| Coberturas de la Tierra | has | % | Parcelas |
|---|---|---|---|
| 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales | 5.023,62 | 17,00% | 3 |
| 2.3.1. Pastos limpios | 4.190,07 | 14,18% | 1 |
| 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 2.881,37 | 9,75% | 3 |
| 3.2.2.1. Arbustal denso | 1.977,42 | 6,69% | 4 |
| 3.2.2.2. Arbustal abierto | 1.495,85 | 5,06% | 4 |
| 3.2.3.2. Vegetación secundaria baja | 1.453,45 | 4,92% | 4 |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | 1.405,02 | 4,76% | 2 |
| 5.2.1. Lagunas costeras | 704,22 | 2,38% | 1 |
| 3.1.4. Bosque de Galería y Ripario | 448,85 | 1,52% | 2 |
| Total, Áreas Coberturas Vegetales | 19.579,87 | 66,26% | 24 |

Fuente: JICA, 2025.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 13.1. Imagen satelital coberturas vegetales cuenca de la Ciénaga de Mallorquín Incluye los Arroyos Grande y León (Ícono abreviatura cobertura vegetal: muestra la ubicación de las parcelas de muestreo).**




Fuente: JICA, 2025. Adaptado de Google Earth.

Como se indica en la Tabla 13.2, se realizaron un total de 24 parcelas vegetales, cada una de 100 x 10 m (1.000 $m^2$). La variación en el número de parcelas de caracterización para cada cobertura vegetal dependió principalmente del área que ocupa cada una de estas en la cuenca.

Se indica, asimismo, que se han incluido en el presente estudio la caracterización de coberturas vegetales propias de los territorios agrícolas como pastizales y mosaicos de cultivos. Esto obedece a que estas ocupan el 49,36% del área total de la cuenca, dominadas principalmente por los mosaicos de pastos con espacios naturales, con un total de nueve parcelas de caracterización (Tabla 13.3).

Sin embargo, se resalta un mayor muestreo en las coberturas vegetales de áreas naturales, con un total de 15 parcelas de caracterización dominadas por los arbustales que conforman una formación muy importante de los bosques secos del Caribe colombiano.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

Finalmente, vale la pena aclarar que las coberturas vegetales de Bosque Denso de Tierra Firme y Bosque abierto de tierra firme se presentan en la cuenca, en un porcentaje apenas del 2,94%, el cual, además de ser un porcentaje bajo, se restringe a zonas con dificultades de acceso que impidieron su caracterización.

**Tabla 13.3. Distribución de coberturas en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.**

| Territorios de cobertura vegetal | Área (ha) en cuenca | % Área | No. Parcelas |
|---|---|---|---|
| Bosques y Áreas Seminaturales | 7.274 | 24,62% | 15 |
| Territorios Agrícolas | 14.584,40 | 49,36% | 9 |
| **Total** | **140.762,68** | **90,69%** | **24** |

Fuente: JICA, 2025.

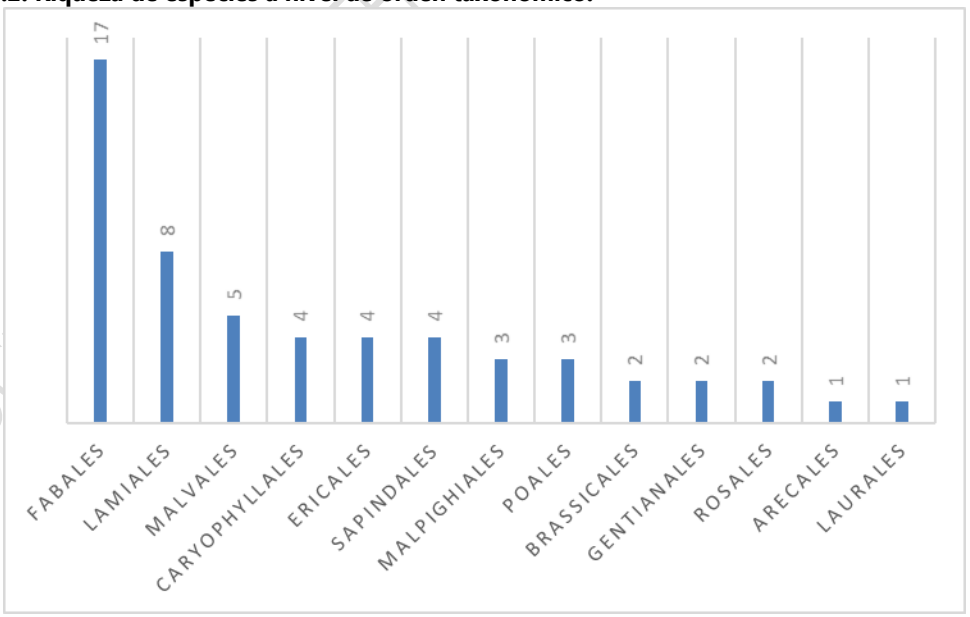
### 13.2.1. Resultados generales caracterización florística de la cuenca

#### 13.2.1.1. *Composición y estructura*

Se encontró un total de 56 especies vegetales (Tabla 13.4), agrupadas en 25 familias y 13 órdenes taxonómicos, de los cuales la mayor riqueza la presenta el orden Fabales con 17 especies, seguida por Lamiales con ocho especies y por Malvales con cinco especies.

Por su parte, a nivel de familia taxonómica la mayor riqueza la presenta Leguminosae con ocho especies, seguida por Fabaceae con seis y por Bignoniaceae y Malvaceae, cada una con cinco especies; las restantes presenta entre tres y una especie (Figura 13.2 y Figura 13.3).

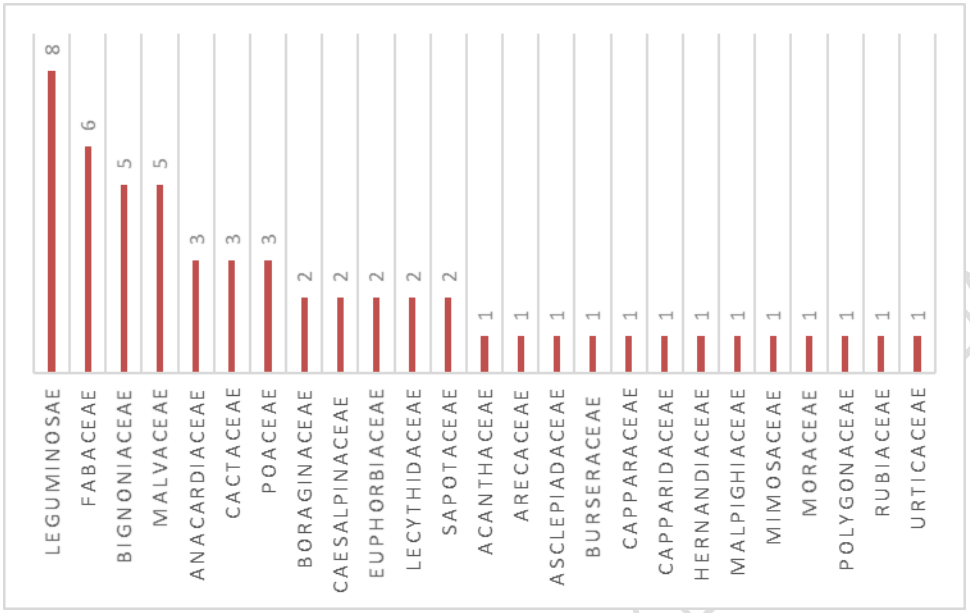
**Figura 13.2. Riqueza de especies a nivel de orden taxonómico.**




Fuente: JICA, 2025.

**Figura 13.3. Riqueza de especies a nivel de familia taxonómica.**

DOCUMENTO - FASE DE PUBLICIDAD




Fuente: JICA, 2025.

**Tabla 13.4. Listado taxonómico flora cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Arecales | Arecaceae | Sabal mauritiiformis | Palma Amarga | | | |
| Brassicales | Capparaceae | Crateva tapia | Naranjito | | | |
| | Capparidaceae | Capparis odoratissima | Olivo | | | |
| Caryophyllales | Cactaceae | Stenocereus griseus | Cardón | | | |
| | | Pereskia guamacho | Guamacho | | | |
| | | Opuntia wentiana | Tuna-Higo | | | |
| | Polygonaceae | Coccoloba uvifera | Uva Playera | | | |
| Ericales | Lecythidaceae | Gustavia superba | Membrillo | | | |
| | | Lecythis minor | Olla De Mono | | | |
| | Sapotaceae | Chrysophyllum cainito | Caimito | | | |
| | | Manilkara zapota | Níspero | | | |
| Fabales | Caesalpinaceae | Caesalpinia pulcherrima | Coralillo | | | |
| | | Caesalpinia coriaria | Dividivi | | | |
| | Fabaceae | Senna atomaria | Chaparro | | | |
| | | Albizia niopoides | Guacamayo | | | |
| | | Platymiscium pinnatum | Guayacan Trebol | | | |
| | | Leucaena leucocephala | Leucaena | | | |
| | | Mimosa pigra | Zarza | | | |
| | | Mimosa pudica | Dormidera | | | |
| | Leguminosae | Acacia farnesiana | Aromo | | | |
| | | Albizia sp | Baranoa | | | |
| | | Caesalpinia mollis | Yaguaro | | | |
| | | Lonchocarpus velutinus | Bollo Limpio | | | |
| | | Pithecellobium lanceolatum | Buche | | | |
| | | Gliricidia sepium | Matarratón | | | |
| | | Enterolobium cyclocarpum | Orejero | | | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE DIAGNÓSTICO

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Tamarindus indica | Tamarindo | | | |
| | Mimosaceae | Prosopis juliflora | Trupillo | | | |
| Gentianales | Asclepiadaceae | Calotropis procera | Algodón Lechero | | | |
| | Rubiaceae | Randia dioica | Cruceto | | | |
| Lamiales | Acanthaceae | Avicennia germinans | Mangle Negro | | | |
| | Bignoniaceae | Handroanthus billbergii | Coralibe | | | |
| | | Cordia alliodora | Muñeco | | | |
| | | Tabebuia rosea | Roble Morado | | | |
| | | Handroanthus chrysanthus | Roble Amarillo | | | |
| | | Crescentia cujete | Totumo | | | |
| | Boraginaceae | Cordia gerascanthus | Canalete | | | |
| | | Cordia dentata | Uvito | | | |
| Laurales | Hernandiaceae | Gyrocarpus americanus | Volador | | | |
| Malpighiales | Euphorbiaceae | Sapium glandulosum | Piñiqui | | | |
| | | Hura crepitans | Tronador | | | |
| | Malpighiaceae | Malpighia glabra | Huesito | | | |
| Malvales | Malvaceae | Sterculia apetala | Camajorú | | | |
| | | Ceiba pentandra | Ceiba Blanca | | | |
| | | Pachira quinata | Ceiba Roja | VU | EN | X |
| | | Guazuma ulmifolia | Guásimo | | | |
| | | Pseudobombax septenatum | Majagua | | | |
| Poales | Poaceae | Pennisetum purpuraceus | Pasto Elefante | | | |
| | | Panicum maximum | Pasto Guinea | | | |
| | | Brachiaria dictyoneura | Pasto Llanero | | | |
| Rosales | Moraceae | Maclura tinctoria | Mora | | | |
| | Urticaceae | Cecropia peltata | Yarumo | | | |

Fuente: JICA, 2025.

De las 56 especies reportadas, solo cuatro corresponden a plantas cultivadas, cuya ocupación presenta una alta dominancia de pastizales que están presentes en el 49,36% de los territorios agrícolas del área total de la cuenca, donde se llevan a cabo actividades ganaderas principalmente y que, se mezclan con espacios naturales, tanto con especies arbóreas como con arbustales de zonas secas.

Las especies restantes corresponde a árboles y arbustos nativos, que ocupan principalmente las coberturas vegetales naturales, de las cuales se consideran dos tipos principales de formaciones, las relacionadas con las zonas áridas y muy secas, donde destacan las especies arbustivas y las cactáceas y, por otra parte, las especies arbóreas de gran porte, con individuos de hasta 30 metros de alto, propias de los bosques tropicales secos de los pocos remanentes que se conservan en la cuenca en los bosques riparios y en la vegetación secundaria.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 13.2.1.2. *Índices de diversidad alfa*

Con el fin de cuantificar la riqueza de especies de la comunidad vegetal, se procedió a calcular varios índices de diversidad alfa para cada una de las coberturas vegetales arbóreas caracterizadas, por lo cual, se dejaron de lado aquellas de arbustales, herbazales, pastizales y cultivos.

Se analizaron detenidamente el índice de Shannon, que se utiliza para establecer la probabilidad de encontrar o seleccionar todas las especies en la proporción en las que existen en la población muestreada, el Índice de Margalef que se basa en la riqueza específica de la muestra, el Índice de Simpson que se basa en la dominancia de las especies y el número efectivo de especies o diversidad verdadera, que dado su carácter lineal permite comparar en porcentajes la diversidad de diferentes áreas (Tabla 13.5).

**Tabla 13.5. Índices de diversidad alfa para coberturas arbóreas en cuenca Ciénaga de Mallorquín.**

| Índices de diversidad | Coberturas vegetales | | | Total, cuenca |
|---|---|---|---|---|
| | BGR | MPEN | VSB | |
| **Taxa_S** | 17 | 21 | 24 | 41 |
| **Individuals** | 69 | 51 | 86 | 206 |
| **Dominance_D** | 0,16 | 0,07 | 0,07 | 0,06 |
| **Simpson_1-D** | 0,84 | 0,93 | 0,93 | 0,94 |
| **Shannon_H** | 2,30 | 2,86 | 2,89 | 3,23 |
| **Evenness_e^H/S** | 0,58 | 0,83 | 0,75 | 0,61 |
| **Brillouin** | 1,99 | 2,38 | 2,53 | 2,94 |
| **Menhinick** | 2,05 | 2,94 | 2,59 | 2,86 |
| **Margalef** | 3,78 | 5,09 | 5,16 | 7,51 |
| **Equitability_J** | 0,81 | 0,94 | 0,91 | 0,87 |
| **Fisher_alpha** | 7,21 | 13,35 | 11,04 | 15,37 |
| **Berger-Parker** | 0,33 | 0,12 | 0,12 | 0,15 |
| **Chao-1** | 18,43 | 23,63 | 29,60 | 46,50 |
| **Diversidad verdadera** | 9,93 | 17,53 | 17,98 | 25,20 |

Fuente: JICA, 2025. Software PAST versión 3.1. Ver nombre de cada cobertura vegetal en la Figura 13.2.

Para las coberturas arbóreas de la cuenca se tiene para el índice de Simpson que el valor encontrado muestra una comunidad donde ninguna de las especies presenta una alta dominancia, siendo así un indicativo de alta diversidad.

Por su parte, el índice de Margalef considera que valores inferiores a 2,0 son de zonas de baja biodiversidad (en general, resultado de fuertes efectos antropogénicos por alteración del paisaje) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad, por lo cual para la comunidad de especies arbóreas de la cuenca la diversidad es muy alta con un valor del índice de Margalef de 7,51, lo cual, se relaciona con el hecho

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

de que estas coberturas tienen una muy baja similitud en su composición de especies, resultado del gradiente de humedad en el que se desarrolla cada una.

Resultados similares indica el índice de Shannon, que considera en general que valores inferiores a 2 representa zonas de baja diversidad y superiores de alta, como es el caso con un valor de 3,23. A su vez se obtiene que para esta comunidad se presenta un número efectivo de 25,2 especies, lo cual significa que la diversidad de esa comunidad es igual a la diversidad que tendría una comunidad virtual de 25,2 especies, en la cual todas tuvieran exactamente la misma abundancia.

Por su parte, para cada una de las coberturas vegetales, se tiene que las coberturas de bosque ripario, bosques fragmentados y vegetación secundaria alta presentan valores altos de diversidad (e.g. índice de Margalef de 6,3 a 4,03), mientras que las coberturas más abiertas y con menores reportes de individuos arbóreos presentan una baja diversidad (e.g. índice de Margalef entre 3,11 y 1,86), como es el caso de la vegetación secundaria baja y los herbazales arbolados.

Para las coberturas boscosas, la vegetación secundaria baja y los mosaicos de pastos con espacios naturales presentaron los mayores valores de diversidad, con una riqueza de 24 y 21 especies representantes típicas de los bosques secos del Caribe, evidenciando así un acervo importante de este ecosistema en el departamento del Atlántico.

Por su parte, los bosques riparios, aunque con una menor riqueza, presenta especies de gran porte y únicas de estos pocos remantes boscosos en la cuenca como Chrysophyllum cainito (Caimito), Manilkara zapota (Níspero), Senna atomaria (Chaparro), Lonchocarpus velutinus (Bollo limpio) y Pachira quinata (Ceiba roja), siendo esta una especie incluida en categoría de amenaza.

Ahora bien, para comparar a mayor detalle la diversidad de estas coberturas boscosas se empleó el índice de diversidad verdadera. Para este índice, denominado también como número efectivo de especies, no se presentan trabajos en Colombia que permitan comparar el resultado. Sin embargo, este índice cobra especial utilidad, importancia y significancia al momento de comparar la diversidad entre las coberturas vegetales, ya que como se mencionó anteriormente este índice presenta un comportamiento lineal, por lo tanto, la diferencia matemática (resta) entre dos valores, permite saber con exactitud cuál es la diferencia en especies.

En otras palabras, permite conocer cuánta diversidad se pierde o se gana entre una comunidad comparada con otra por efectos, por ejemplo, en sus calidades de hábitat, ejercicio que no es posible con otros índices, como lo es por ejemplo el de Shannon, que presenta un comportamiento no lineal (expresado en bits) y sobre el cual solo pueden

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

hacerse pruebas como la t modificada por Hutchenson o intervalos de confianza del 95% con pruebas de remuestreo (bootstrap) para hallar diferencias significativas de los valores, no de la diversidad (Moreno et al., 2011).

De acuerdo con lo anterior, al comparar el número efectivo de especies del total de la cuenca, con los valores de cada una de las coberturas boscosas, se evidencia nuevamente a nivel regional, la importancia de todos estos remanentes boscosos, al acumular de forma independiente diversas especies de los bosques secos en sus diferentes gradientes de humedad, lo cual, destaca la necesidad de generar planes de ordenamiento que permitan la conservación de los relictos de vegetación natural y eviten su transformación en áreas de ganadería.

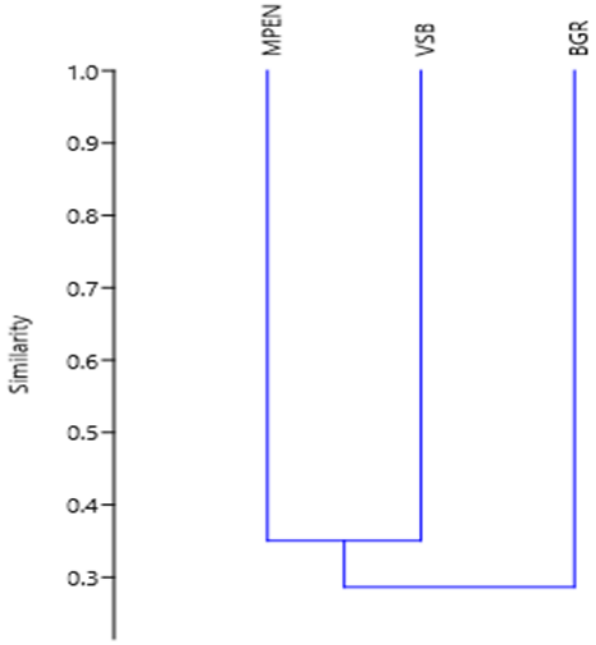
#### 13.2.1.3. *Índices de diversidad beta*

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). La medición de la diversidad beta pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras (Moreno, 2001).

Considerando los resultados mencionados en la sección anterior y con el fin de profundizar en el tipo de especies que agrupa cada cobertura vegetal, a partir de datos de abundancia y riqueza del total de especies vegetales (datos cualitativos), se realizó un análisis de clasificación con base en el índice de Bray-Curtis para apreciar principalmente la diferencia o recambio de especies entre las coberturas al interior del área de estudio obteniendo el siguiente dendrograma de similitud (Figura 13.4).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 13.4. Dendrograma similitud (índice de Bray-Curtis) para coberturas en cuenca Mallorquín.**




Fuente: JICA, 2025. Software PAST versión 3.1. Ver nombre de cada cobertura vegetal en la Figura 13.2.

Como se ha destacado de los análisis de diversidad alfa, el dendrograma de similitud reafirma la gran diferencia en la composición de cada una de las coberturas con elementos arbóreos, que permite apreciar especies de zonas muy secas como los mosaicos de espacios naturales donde destacan especies de arbustales, hasta especies de zonas con mayor humedad del suelo de las riberas de los arroyos y quebradas.

### 13.2.2. Caracterización estructural y florística de las coberturas vegetales

Se presentan a continuación los resultados y análisis de la caracterización florística para cada una de las coberturas vegetales al interior de la cuenca.

#### 13.2.2.1. *Territorios de bosques y áreas seminaturales*

##### 13.2.2.1.1. *Bosque de galería y/o ripario*

Los bosques riparios ocupan el 1,52% del área total, presentando una muy baja representatividad al interior de la cuenca. Se restringe a algunas riberas de los arroyos León, Jubilado, Simón, Megua Batuque, Malemba, Horno, San Luís, Don Juan, Granada, Mollo, Grande y Caña.

De estos cuerpos hídricos, se realizaron parcelas de caracterización en el Arroyo Granada, Arroyo Megua y en la cabecera del Arroyo Grande, en la finca Santa Rosa, sector Los Pocitos,

DOCUMENTO NO DEFINITIVO
JBLICIDAD

Arroyo Simón, donde la comunidad mantiene en conservación el bosque que rodea un nacimiento de agua que abastece a veredas de Pital de Megua. Su baja representatividad es consecuencia de la tala sostenida del bosque para el desarrollo de actividades agropecuarias que genera en todos los arroyos de la cuenca se presente en gran proporción franjas de bosques angostas de menos de cinco metros e inclusos nulas en muchos sectores, donde los pastizales llegan al borde del cauce.

Ahora bien, se tiene para el bosque ripario un total de 17 especies forestales, agrupadas en ocho familias y cinco órdenes taxonómicos, de los cuales los Fabales presenta la mayor riqueza con un total de cinco especies, seguido por Malvales con cuatro y Ericales con tres, mientras que los órdenes restantes presentan entre dos y una sola especie (Tabla 13.6). A nivel de familia taxonómica la mayor riqueza la presentan Leguminosae y Malvaceae con cuatro especies, seguida por Bignoniaceae con tres y las demás con dos y una sola.

**Tabla 13.6. Listado taxonómico de flora identificada en Bosque de galería y ripario.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Resl 0126 de 2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ericales | Lecythidaceae | Lecythis minor | Olla de mono | | | |
| | Sapotaceae | Chrysophyllum cainito | Caimito | | | |
| | | Manilkara zapota | Níspero | | | |
| Fabales | Fabaceae | Senna atomaria | Chaparro | | | |
| | Leguminosae | Acacia farnesiana | Aromo | | | |
| | | Lonchocarpus velutinus | Bollo limpio | | | |
| | | Gliricidia sepium | Matarratón | | | |
| | | Tamarindus indica | Tamarindo | | | |
| Lamiales | Bignoniaceae | Handroanthus billbergii | Coralibe | | | |
| | | Handroanthus chrysanthus | Roble amarillo | | | |
| | | Cordia dentata | Uvito | | | |
| Malvales | Malvaceae | Ceiba pentandra | Ceiba blanca | | | |
| | | Pachira quinata | Ceiba roja | VU | EN | X |
| | | Guazuma ulmifolia | Guásimo | | | |
| | | Pseudobombax septenatum | Majagua | | | |
| Rosales | Moraceae | Maclura tinctoria | Mora | | | |
| | Urticaceae | Cecropia peltata | Yarumo | | | |

Fuente: JICA, 2025.

A. Estructura horizontal

El análisis de la estructura horizontal se realizó a partir de la determinación de tres variables, con las cuales se determinaron las especies más importantes.

a) Abundancia

DOCUMENTO NO CONTIENE INFORMACIÓN DE PUBLICIDAD

La especie con mayor abundancia relativa fue Maclura tinctoria con el 33,3% de los individuos por unidad de área, seguida por Cordia dentata con el 13% y Manilkara zapota con el 11,6%.

b) Frecuencia

Las especies con mayor frecuencia en cada una de las parcelas fueron Guazuma ulmifolia, Cordia dentata y Cecropia peltata.

c) Dominancia

La especie más dominante con respecto al área basal de los individuos es Manilkara zapota con el 30,5% del total, seguida por Maclura tinctoria con el 25,2% y por Tamarindus indica con una dominancia relativa del 11%.

d) Índice de valor de importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI) permite tener una visión mucho más amplia de la importancia de cada especie dentro de la comunidad; este índice se obtiene combinando los valores relativos de otros indicadores como la Abundancia, Frecuencia y Dominancia de cada especie (Acosta et al., 2006).

De acuerdo con los análisis realizados, la especie Maclura tinctoria con el 21,2% del IVI es la especie con mayor peso ecológico dentro esta cobertura boscosa de la cuenca. Le siguen en su orden Manilkara zapota (15,7%) y Cordia dentata (8,5%).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 13.7. IVI para las especies arbóreas del bosque ripario y/o de galería.**

| Especie | Nombre común | Índice de Valor de Importancia IVI (%) |
|---|---|---|
| Maclura tinctoria | Mora | 21,2 |
| Manilkara zapota | Níspero | 15,7 |
| Cordia dentata | Uvito | 8,5 |
| Tamarindus indica | Tamarindo | 6,8 |
| Ceiba pentandra | Ceiba blanca | 5,8 |
| Gliricidia sepium | Matarratón | 5,3 |
| Guazuma ulmifolia | Guásimo | 4,7 |
| Cecropia peltata | Yarumo | 4,5 |
| Lonchocarpus velutinus | Bollo limpio | 4,4 |
| Lecythis minor | olla de mono | 4,4 |
| Handroanthus chrysanthus | Roble amarillo | 3,7 |
| Handroanthus billbergii | Coralibe | 2,8 |
| Pseudobombax septenatum | Majagua | 2,8 |
| Chrysophyllum cainito | Caimito | 2,7 |
| Pachira quinata | Ceiba roja | 2,4 |
| Acacia farnesiana | Aromo | 2,2 |
| Senna atomaria | Chaparro | 2,2 |

Fuente: JICA, 2025.

La Maclura tinctoria (mora), es una especie típica de los márgenes de bosques tropicales perennifolios,
bosques húmedos, riparios, caducifolios, matorrales espinosos, pastos y sabanas, sobre todo en vegetación secundaria. Igualmente, prospera en suelos calcáreos, bien drenados y aguanta suelos pobres e inundaciones cortas (GBIF, 2017).

En cuanto a la altura de esta vegetación arbórea, presenta un promedio de 14,17 m, con valores máximos de 28 m para algunos individuos de níspero (Manilkara zapota) y otros arbustos hasta 5 m.

En términos de diversidad, presenta la tercera diversidad florística, con valores de diversidad del índice de Shannon de 2,30 y Margalef de 3,78 valores que pueden indicar zonas conservadas y que resaltan la agrupación de especies que pueden apreciarse en las zonas húmedas de la cuenca, resaltando así la necesidad de su protección.

A pesar de la fuerte intervención de este tipo de bosque, del cual se registra apenas una remanencia del 1,52% en términos de área total de la cuenca, es muy notable el desarrollo fisionómico de los individuos observados, principalmente en las zonas de lomeríos del Pital del Megua, por lo cual, estos bosques brindan refugio y hábitats para la fauna, así como una provisión al recurso hídrico de los centros poblados que se abastecen de las quebradas como lo es el caso de Guaymaral.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Por su parte, se resalta al interior de los bosques riparios la presencia de una especie incluida en listados de amenaza nacional e internacional, siendo esta la ceiba roja (Pachira quinata), apetecida por su madera, que es muy valiosa por su alta estabilidad dimensional, resistencia al ataque de termitas y plagas, su fácil trabajabilidad y su excelente acabado y aspecto.

Considerando así la estructura del bosque, su desarrollo fisionómico, el gradiente ambiental que representa, sus funciones ecosistémicas, funciones de regulación hídrica y presencia de especies en categorías de amenaza, se recomienda especial atención en los procesos de ordenación y manejo de la cuenca, para proteger y favorecer el desarrollo de este bosque.

Particularmente, se recomienda control y vigilancia ambiental para protección de las distancias mínimas de las rondas hídricas, así como programas de rehabilitación de hábitat, implementación de sistemas silvopastoriles y de agricultura sostenible en las inmediaciones de ríos y quebradas. Asimismo, educación ambiental para evitar prácticas de tala para obtención de carbón y contaminación de los arroyos con basuras, prácticas que fueron observadas con intensidad en el Arroyo de León.

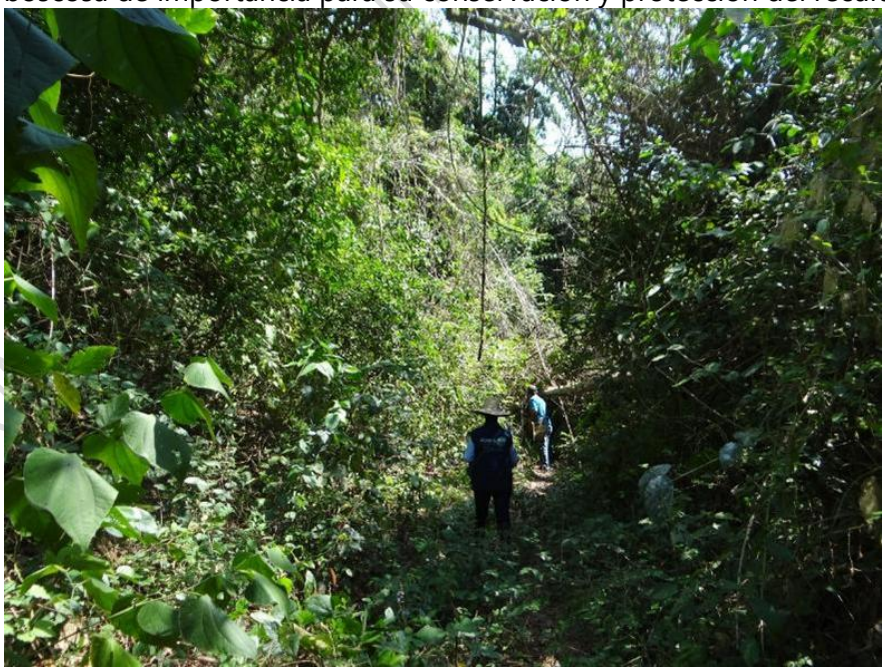
Fotografía 1 Vista del bosque ripario del Arroyo Grande con vegetación arbórea desarrollada.

Fotografía 2 Bosque ripario del Arroyo Grande.

DOCUMENTO - FASE DE PUBLICACIÓN

Se aprecia una vegetación en proceso de recuperación, con individuos forestales de bajo porte y actividades ganaderas.

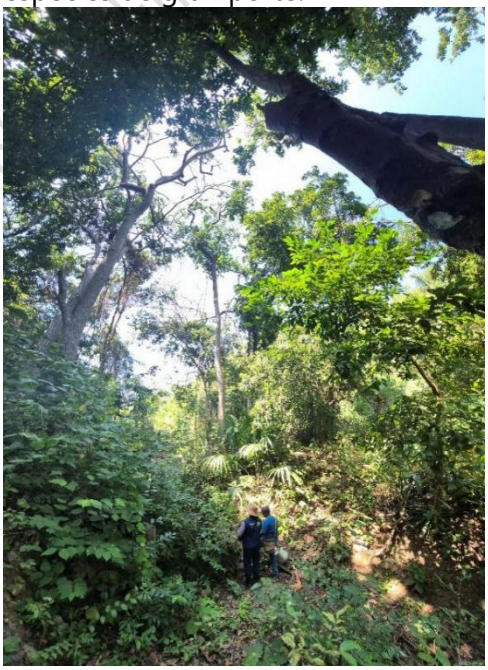
Fotografía 3 Bosque seco de vegetación siempre verde en inmediaciones al Arroyo Simón. Finca Santa Rosa, en la cabecera del Arroyo Grande donde se conservan áreas extensas de vegetación boscosa de importancia para su conservación y protección del recurso hídrico.



DOCU... ...TIVO - ...LICIDAD

Fotografía 4 Vista interior del bosque ripario en Arroyo Simón, cabecera Arroyo Grande. Dadas las mayores condiciones de humedad estos bosques siempre verdes presentan un desarrollo de mayor diversidad y estructura, comparados con las zonas áridas de la cuenca.

Fotografía 5 Vista interior del bosque ripario en Arroyo Simón, cabecera de Arroyo Grande Se aprecia el desarrollo de especies de gran porte.



DOCUMENTO

Fotografía 6 Arroyo Simón, finca Santa Rosa, sector Los Pocitos. Bosque ripario. Desarrollado y presencia de pozo de agua que abastece a pobladores de veredas cercanas del municipio de Pital del Megua. Las comunidades mantienen el sector bajo protección ambiental para aprovisionamiento del recurso hídrico.

Fotografía 7 Bosque ripario del Arroyo Granada. Se aprecia la mezcla de individuos de gran porte con especies arbustivas, efecto de la entresaca para uso de madera y fabricación de carbón.

DOCUMENTO DEFINITIVO

Fotografía 8 Vista interior del Bosque ripario del Arroyo Granada. Individuos de bajo porte en desarrollo tras procesos de entresaca.

Fotografía 9 Horno para fabricación de carbón vegetal en bosque ripario, Arroyo Granada. Esta actividad genera fuertes procesos de deforestación en los ecosistemas del bosque seco del Caribe, dado el consumo de desmedido de todo tipo de especies arbóreas y arbustivas.

Fotografía 10 Cauce del Arroyo Grande, sector Circunvalar de la Prosperidad. Al frente de la Universidad del Atlántico (coordenadas geográficas 11°01´13.84" N 74°52´36.62" O). En un tramo de al menos 100 m el cauce está totalmente cubierto de desechos plásticos y cubiertas de internas de refrigeradores.

Fotografía 11 Detalle de la contaminación en el cauce del Arroyo Grande. La acumulación de residuos sólidos es tal que impide la visibilidad del espejo de agua. El análisis de imágenes multitemporales indica que esta problemática, asociada a la inadecuada disposición de basuras se presenta de forma continua y en aumento desde marzo de 2024.

DOCUMENTO PRELIMINAR EJECUTIVO

### 13.2.2.2. *Vegetación secundaria baja*

Con una ocupación del 4,92 % del área total de la cuenca, equivale a 1.453,45 hectáreas, esta cobertura representa la vegetación con individuos arbóreos y formaciones boscosas más abundante en la zona.

Sin embargo, el bajo porcentaje que representa a nivel global evidencia las fuertes presiones que enfrentan los bosques secos en la cuenca. Los principales fragmentos de esta cobertura se localizan en la cabecera del Arroyo Grande, en el municipio de Pital del Megua, así como en las riberas del mismo arroyo a la altura del municipio de Galapa, el corregimiento de Juan Mina y el barrio Eduardo Santos, en Barranquilla.

Para esta cobertura se reporta un total de 24 especies forestales, agrupadas en 16 familias y diez órdenes taxonómicos, de los cuales Fabales presenta la mayor riqueza con nueve especies, seguida por Lamiales con tres, mientras que las restantes presentan entre dos y una especie cada una (Tabla 13.8). A nivel de familia taxonómica la mayor riqueza la presenta Fabaceae y Leguminosae con cuatro especies cada una, seguida por Boraginaceae y Malvaceae con dos especies, mientras que las demás familias presentan una sola especie.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 13.8. Listado taxonómico especies de flora identificadas en la Vegetación secundaria baja.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Brassicales | Capparaceae | Crateva tapia | Naranjito | | | |
| | Capparidaceae | Capparis odoratissima | Olivo | | | |
| Caryophyllales | Cactaceae | Pereskia guamacho | Guamacho | | | |
| Ericales | Lecythidaceae | Lecythis minor | olla de mono | | | |
| Fabales | Fabaceae | Albizia niopoides | Guacamayo | | | |
| | | Platymiscium pinnatum | Guayacan trebol | | | |
| | | Leucaena leucocephala | Leucaena | | | |
| | | Mimosa pigra | Zarza | | | |
| | Leguminosae | Acacia farnesiana | Aromo | | | |
| | | Albizia sp | Baranoa | | | |
| | | Pithecellobium lanceolatum | Buche | | | |
| | | Gliricidia sepium | Matarratón | | | |
| | Mimosaceae | Prosopis juliflora | Trupillo | | | |
| Lamiales | Bignoniaceae | Handroanthus chrysanthus | Roble amarillo | | | |
| | Boraginaceae | Cordia gerascanthus | Canalete | | | |
| | | Cordia dentata | Uvito | | | |
| Laurales | Hernandiaceae | Gyrocarpus americanus | Voladro | | | |
| Malpighiales | Euphorbiaceae | Sapium glandulosum | Piñiqui | | | |
| | Malpighiaceae | Malpighia glabra | Huesito | | | |
| Malvales | Malvaceae | Ceiba pentandra | Ceiba blanca | | | |
| | | Guazuma ulmifolia | Guásimo | | | |
| Rosales | Moraceae | Maclura tinctoria | Mora | | | |
| Sapindales | Anacardiaceae | Astronium graveolens | Quebracho | | | |
| | Burseraceae | Bursera simaruba | Resbalamono | | | |

Fuente: JICA, 2025.

A. Estructura horizontal

El análisis de la estructura horizontal se realizó a partir de la determinación de tres variables, con las cuales se determinaron las especies más importantes.

a) Abundancia

La especie con mayor abundancia relativa fue Guazuma ulmifolia con el 11,6% de los individuos por unidad de área, seguida por Lecythis minor y Cordia dentata cada una con el 9,3%.

b) Frecuencia

La especie con mayor frecuencia en cada una de las parcelas fue Guazuma ulmifolia con el 12,1%, seguida por Maclura tinctoria y Cordia dentata cada una con el 9,1%.

c) Dominancia

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

La especie más dominante con respecto al área basal de los individuos es Handroanthus chrysanthus con el 16,2% del total, seguida por Maclura tinctoriacon el 13,2% y por Bursera simaruba con una dominancia relativa del 11,8%.

d) Índice de valor de importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI) permite tener una visión mucho más amplia de la importancia de cada especie dentro de la comunidad; este índice se obtiene combinando los valores relativos de otros indicadores como la Abundancia, Frecuencia y Dominancia de cada especie (Acosta et al., 2006).

De acuerdo con los análisis realizados, la especie Maclura tinctoria con el 10,1% del IVI es la especie con mayor peso ecológico dentro esta cobertura de la cuenca. Le siguen en su orden Guazuma ulmifolia (10%) y Lecythis minor (8,8%).

**Tabla 13.9. IVI para las especies arbóreas de la Vegetación secundaria baja.**

| Especie | Nombre común | Índice de Valor de Importancia IVI (%) |
|---|---|---|
| Maclura tinctoria | Mora | 10,1 |
| Guazuma ulmifolia | Guásimo | 10,0 |
| Lecythis minor | Olla de mono | 8,8 |
| Handroanthus chrysanthus | Roble amarillo | 8,7 |
| Cordia dentata | Uvito | 8,0 |
| Bursera simaruba | Resbalamono | 7,5 |
| Astronium graveolens | Quebracho | 5,7 |
| Platymiscium pinnatum | Guayacan trebol | 4,8 |
| Crateva tapia | Naranjito | 3,8 |
| Albizia niopoides | Guacamayo | 3,2 |
| Ceiba pentandra | Ceiba blanca | 3,2 |
| Leucaena leucocephala | Leucaena | 3,2 |
| Acacia farnesiana | Aromo | 2,7 |
| Sapium glandulosum | Piñiqui | 2,5 |
| Albizia sp | Baranoa | 2,4 |
| Prosopis juliflora | Trupillo | 2,2 |
| Capparis odoratissima | Olivo | 2,0 |
| Gliricidia sepium | Matarratón | 1,7 |
| Gyrocarpus americanus | Voladro | 1,6 |
| Mimosa pigra | Zarza | 1,6 |
| Cordia gerascanthus | Canalete | 1,5 |
| Pereskia guamacho | Guamacho | 1,5 |
| Malpighia glabra | Huesito | 1,5 |
| Pithecellobium lanceolatum | Buche | 1,5 |

Fuente: JICA, 2025.

Esta cobertura presentó una altura promedio de 10,14 metros, con un 22 % de los individuos alcanzando alturas entre los 14 y 22 metros, lo que indica un desarrollo estructural

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

significativo y evidencia la presencia de individuos arbóreos avanzados en su sucesión ecológica. Este patrón vertical, junto con los altos valores de diversidad florística registrados, sugiere que se trata de una formación con alto potencial ecológico para procesos de restauración y conservación.

Estudios como los de Rangel-Ch. & Carvajal (2012) y García et al. (2014) destacan que los fragmentos de bosque seco con esta estructura vertical compleja y diversidad específica son fundamentales para el sostenimiento de servicios ecosistémicos clave, como la regulación hídrica y el mantenimiento de hábitats para especies endémicas y amenazadas.

En este contexto, la presencia de especies características de los bosques secos tropicales sugiere que estos fragmentos podrían consolidarse como núcleos maduros de regeneración natural, contribuyendo a la conectividad ecológica a lo largo de la cuenca, desde la cabecera hasta su desembocadura en la ciénaga de Mallorquín y el mar.

Por otro lado, los individuos con alturas entre cinco y diez metros corresponden mayoritariamente a especies propias de los arbustales del Caribe seco (sensu Idárraga et al., 2011), además de individuos juveniles de especies de mayor porte, lo cual refuerza el carácter mixto de esta cobertura como espacio en transición entre arbustales y bosques secos maduros.

Fotografía 12 Vista al interior de vegetación secundaria baja en sector de Pital de Megua. Sotobosque denso con lianas y herbazales.

Fotografía 13 Vista al interior de vegetación secundaria baja en sector de Galapa. Elementos arbóreos de hasta 15 metros y sotobosque denso con herbazales y cactáceas.

DOCUMENTO INTIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Fotografía 14 Vista al interior de vegetación secundaria baja en sector Eduardo Santos. En Barranquilla con elementos arbóreos de hasta 22 m y sotobosque denso con herbazales y cactáceas.

### 13.2.2.3. *Arbustal abierto y arbustal denso*

Se agrupan los resultados de las especies identificadas en estas dos coberturas, considerando con base en los análisis de diversidad beta una similitud muy alta de especies

que las componen. Cada una de ellas ocupa los siguientes porcentajes de área: Arbustal denso 6,69% y Arbustal abierto 5,06%, por lo cual, en sumatoria estos arbustales representan el 11,75% del área total de la cuenca, siendo este un valor alto en comparación con la ocupación de las restantes coberturas vegetales naturales.

Se agrupan los resultados de las especies identificadas en estas dos coberturas, considerando que, según los análisis de diversidad beta, presentan una alta similitud en su composición florística. Cada una de ellas ocupa los siguientes porcentajes del área total de la cuenca: arbustal denso 6,69 % y arbustal abierto 5,06 %. En conjunto, estas coberturas representan el 11,75 % del área total de la cuenca, constituyendo una proporción significativa en comparación con otras coberturas vegetales naturales.

Esta proporción es coherente con los patrones observados en el departamento del Atlántico, donde los ecosistemas secos predominan. Según la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA), el departamento alberga 36 de los 93 tipos de ecosistemas identificados en Colombia, representando el 38,7% del total nacional. La mayoría de estos corresponden a ecosistemas secos, incluyendo arbustales densos y abiertos. Desde 2014, la CRA ha trabajado en la declaratoria de 7.064 hectáreas protegidas de bosque seco tropical, lo que destaca la importancia de estas coberturas en el contexto regional.

Además, estudios recientes en áreas del Caribe colombiano han demostrado que los arbustales densos y abiertos desempeñan un papel crucial en el almacenamiento de carbono y en la conservación de la biodiversidad. Por ejemplo, en la zona de traslape del Parque Natural Nacional de Macuira, se encontró que el arbustal denso almacena aproximadamente 30,75 toneladas de carbono por hectárea, mientras que el arbustal abierto almacena alrededor de 12,44 toneladas por hectárea. Estos datos resaltan la relevancia ecológica de estas coberturas vegetales en la región.

Para el arbustal denso, se identificaron en total trece especies, agrupadas en doce familias y seis órdenes taxonómicos, de los cuales Fabales representan la mayor riqueza con cuatro especies, mientras que las demás presentaron entre dos y una especie (Tabla 13.10).

DOCUMENTO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 13.10. Listado taxonómico especies arbóreas en los Arbustales densos.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Brassicales | Capparidaceae | Capparis odoratissima | Olivo | | | |
| Caryophyllales | Cactaceae | Pereskia guamacho | Guamacho | | | |
| | Polygonaceae | Coccoloba uvifera | Uva Playera | | | |
| Fabales | Caesalpinaceae | Caesalpinia pulcherrima | Coralillo | | | |
| | Fabaceae | Mimosa pigra | Zarza | | | |
| | Leguminosae | Albizia sp | Baranoa | | | |
| | Mimosaceae | Prosopis juliflora | Trupillo | | | |
| Gentianales | Asclepiadaceae | Calotropis procera | Algodón Lechero | | | |
| | Rubiaceae | Randia dioica | Cruceto | | | |
| Malvales | Malvaceae | Pseudobombax septenatum | Majagua | | | |
| Sapindales | Anacardiaceae | Spondias mombin | Hobo | | | |
| | | Astronium graveolens | Quebracho | | | |
| | Burseraceae | Bursera simaruba | Resbalamono | | | |

Fuente: JICA, 2025.

Para el arbustal abierto, se identificaron en total trece especies, agrupadas en siete familias y seis órdenes taxonómicos, de los cuales Lamiales representan la mayor riqueza con cuatro especies, seguida por Caryophyllales con tres especies, mientras que las demás presentaron entre dos y una especie (Tabla 13.11).

**Tabla 13.11. Listado taxonómico especies arbóreas en los Arbustales abiertos.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caryophyllales | Cactaceae | Stenocereus griseus | Cardón | | | |
| | | Pereskia guamacho | Guamacho | | | |
| | | Opuntia wentiana | Tuna-Higo | | | |
| Ericales | Lecythidaceae | Lecythis minor | Olla de mono | | | |
| Fabales | Leguminosae | Acacia farnesiana | Aromo | | | |
| | Mimosaceae | Prosopis juliflora | Trupillo | | | |
| Lamiales | Bignoniaceae | Handroanthus billbergii | Coralibe | | | |
| | | Tabebuia rosea | Roble morado | | | |
| | | Crescentia cujete | Totumo | | | |
| | | Cordia dentata | Uvito | | | |
| Malvales | Malvaceae | Sterculia apetala | Camajorú | | | |
| | | Guazuma ulmifolia | Guásimo | | | |
| Sapindales | Burseraceae | Bursera simaruba | Resbalamono | | | |

Fuente: JICA, 2025.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Se tiene entonces que estos arbustales se compone de especies xerofíticas de composición y fisionomía típica de la formación vegetal subtropical desértica (IGAC, 2009), con especies de arbolitos de bajo porte (máximo hasta 6 metros de altura), espinosos y de baja área foliar, con dominancia de cactus columnares, cardonales y tunos, por lo cual, las características estructurales de la vegetación son sencillas, con un estrato arbustivo y uno de herbazal, este último dominado en muchos casos por cactus.

Dado que los elementos arbustivos se caracterizan por un crecimiento ramificado desde la base, sin el desarrollo de un tronco, no se realizaron tomas de datos dasométricos que permitieran realizar cálculos de frecuencia, área basal e IVI.

Fotografía 15 Vista panorámica del arbustal denso

Fotografía 16 Vista interior del arbustal denso. Se aprecian los individuos arbustivos de bajo porte, hojas caducifolias, espinosos y de baja área foliar.

DOCUMENTO DEFINITIVO PUBLICIDAD

Fotografía 17 Actividades de tala al interior del arbustal denso. Se realiza para despegar áreas para cultivos o pastizales.

Fotografía 18 Detalle del arbustal abierto con especies de cactáceas.

DOCUMENTO DE AUTORIDAD

Fotografía 19 Actividades de tala al interior del arbustal abierto. Se realizan para despegar áreas para cultivos o pastizales.

Fotografía 20 Arbustal denso bajo con detalle de especies de cactáceas.

### 13.2.2.4. *Territorios agrícolas*

#### 13.2.2.4.1. *Pastos limpios, pastos enmalezados y pastos arbolados*

Las coberturas de los pastizales representan las coberturas agrícolas más ampliamente extendidas en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, personificando la dominancia del agroecosistema ganadero, motivo por el cual, los pastizales son abundantes también al interior de los mosaicos con cultivos y con espacios naturales.

Para cada una de estas coberturas se tiene el siguiente porcentaje de ocupación en la cuenca: Para los pastos limpios se alcanza un 14,18% siendo así la segunda cobertura más extensa en la cuenca después del Mosaico de pastos con espacios naturales. Para los pastos arbolados se tiene una ocupación del 1,76% y para los pastos enmalezados un 4,76%. Dado lo anterior, en total los pastizales ocupan el 20,69% del área total de la cuenca, equivalente a 6.114,11 Ha.

Al interior de los pastizales se han identificado cuatro especies principales de pastos, donde todas ellas son introducidas, siendo estas el pasto peludo (Brachiaria decumbens) y el pasto llanero (Brachiaria dictyoneura); como las de mayor abundancia dada su capacidad para soportar sequias están el pasto guinea (Panicum maximum) y el pasto elefante (Pennisetum purpuraceus).

En el caso de los pastos limpios, a nivel estructural las especies de pastos en esta cobertura presentan una dominancia y abundancia del 100%, aunque en muchos sectores puede presentar cercos vivos en los bordes o árboles para sombrío. A nivel espacial, los pastos limpios se distribuyen principalmente en las áreas planas de los valles entre los arroyos, desplazando en gran medida a los herbazales y arbustales naturales de esta zona.

En el caso de los pastos enmalezados y pastos arbolados, aunque dominados por las especies de los pastizales, pueden desarrollarse algunas especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, en procesos muy iniciales de recuperación, que crecen por abandonos temporales del terrero. Dentro de las especies encontradas destacan los cactus columnares, los tunos, el dividivi, el trupillo y el matarratón.

En el caso de los árboles presentes, los individuos adultos y con un buen desarrollo del estrato arbóreo se presentan porque han sido mantenidos o no intervenidos en los descapotes para “limpiar” el terreno y acondicionarlo para la ganadería.

Entre las especies arbóreas más comunes en este aspecto destacan Enterolobium cyclocarpum, Albizia niopoides, Aspidosperma polyneuron, Crescentia cujete, Tabebuia billbergii, Gyrocarpus americanus y Hura crepitans.

DOCUMENTO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

Para el manejo y ordenamiento de la cuenca, se recomienda incentivar prácticas de agricultura y ganadería sostenible, principalmente con procesos de silvicultura, de forma tal que las áreas de pastizal no incrementen su área en la cuenca, en especial en las áreas montañosas, donde la ganadería amenaza la tala de los bosques secos tropicales, principalmente en aquellos relictos de la cuenca alta del Arroyo Grande.

Fotografía 21 Vista de pastizales arbolados.

DOCUMENTO NO

Fotografía 22 Vista de pastos limpios. Al fondo cuidad de Barranquilla.

Fotografía 23 Pastizales arbolados y árboles usados como sombrío y cercas vivas.

DOCUMENTO DEFINITIVO

**13.2.2.5. *Mosaicos pastos con espacios naturales y cultivos, pastos y espacios naturales***

Al interior de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, estas dos coberturas presentan los siguientes porcentajes de ocupación de área donde el Mosaico de pastos con espacios naturales alcanza el 17%, representando la cobertura con mayor ocupación en toda la cuenca mientras que el Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales presenta un 9,75%. Dado lo anterior, en sumatoria estos mosaicos representan el 26,75% del área total de la cuenca.

A continuación, se presenta el análisis de estructura horizontal para la cobertura de Mosaico de pastos con espacios naturales, dado que los espacios naturales con los cuales se encontró que se mezclan las zonas de pastizal corresponden en muchos casos a fragmentos boscosos.

Así las cosas, se tiene para el Mosaico de pastos con espacios naturales un total de 22 especies forestales, agrupadas en 14 familias y nueve órdenes taxonómicos, de los cuales los Fabales presenta la mayor riqueza con un total de siete especies, seguido por Lamiales con cinco y Malvales con tres, mientras que los órdenes restantes presentan entre dos y una sola especie (Tabla 13.12).

A nivel de familia taxonómica la mayor riqueza la presentan Leguminosae y Bignoniaceae con cuatro especies, seguida por Malvaceae con tres y las demás con dos y una sola.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 13.12. Listado taxonómico de flora identificada en el Mosaico de pastos con espacios naturales.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Arecales | Arecaceae | Sabal mauritiiformis | Palma amarga | | | |
| Brassicales | Capparidaceae | Capparis odoratissima | Olivo | | | |
| Caryophyllales | Cactaceae | Pereskia guamacho | Guamacho | | | |
| Ericales | Lecythidaceae | Gustavia superba | Membrillo | | | |
| Fabales | Caesalpinaceae | Caesalpinia coriaria | Dividivi | | | |
| | Fabaceae | Albizia niopoides | Guacamayo | | | |
| | Leguminosae | Acacia farnesiana | Aromo | | | |
| | | Albizia sp | Baranoa | | | |
| | | Gliricidia sepium | Mataratón | | | |
| | | Enterolobium cyclocarpum | Orejero | | | |
| | Mimosaceae | Prosopis juliflora | Trupillo | | | |
| Lamiales | Bignoniaceae | Crescentia cujete | Totumo | | | |
| | | Handroanthus billbergii | Coralibe | | | |
| | | Cordia alliodora | Muñeco | | | |
| | | Handroanthus chrysanthus | Roble amarillo | | | |
| | Boraginaceae | Cordia dentata | Uvito | | | |
| Malvales | Malvaceae | Sterculia apetala | Camajorú | | | |
| | | Pachira quinata | Ceiba roja | VU | EN | c |
| | | Guazuma ulmifolia | Guásimo | | | |
| Rosales | Urticaceae | Cecropia peltata | Yarumo | | | |
| Sapindales | Anacardiaceae | Spondias mombin | Hobo | | | |
| | Burseraceae | Bursera simaruba | Resbalamono | | | |

Fuente: JICA, 2025.

A. Estructura horizontal

El análisis de la estructura horizontal se realizó a partir de la determinación de tres variables, con las cuales se determinaron las especies más importantes.

a) Abundancia

La especie con mayor abundancia relativa fue Handroanthus chrysanthus con el 11,8% de los individuos por unidad de área, seguida por Handroanthus billbergii, Guazuma ulmifolia y Gliricidia sepium cada una con el 9,8%.

b) Frecuencia

Las especies con mayor frecuencia en cada una de las parcelas fueron Guazuma ulmifolia y Cordia dentata.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

c) Dominancia

La especie más dominante con respecto al área basal de los individuos es Guazuma ulmifolia con el 14,9% del total, seguida por Gustavia superba con el 11,5% y por Gliricidia sepium con una dominancia relativa del 10,3%.

d) Índice de valor de importancia (IVI)

El Índice de Valor de Importancia (IVI) permite una visión más amplia de la importancia de cada especie dentro de la comunidad vegetal; este índice se obtiene combinando los valores relativos de otros indicadores como la Abundancia, Frecuencia y Dominancia de cada especie (Acosta et al., 2006).

De acuerdo con los análisis realizados, la especie Guazuma ulmifolia con el 11,8% del IVI es la especie con mayor peso ecológico dentro esta cobertura boscosa de la cuenca. Le siguen en su orden Gliricidia sepium (9,1%) y Handroanthus chrysanthus (8,1%).

**Tabla 13.13. IVI para las especies arbóreas del Mosaico de pastos con espacios naturales.**

| Especie | Nombre común | Índice de Valor de Importancia IVI (%) |
|---|---|---|
| Guazuma ulmifolia | Guásimo | 11,8 |
| Gliricidia sepium | Matarratón | 9,1 |
| Handroanthus chrysanthus | Roble amarillo | 8,1 |
| Gustavia superba | Membrillo | 6,3 |
| Cordia dentata | Uvito | 6,2 |
| Handroanthus billbergii | Coralibe | 6,1 |
| Prosopis juliflora | Trupillo | 5,8 |
| Spondias mombin | Hobo | 4,7 |
| Pereskia guamacho | Guamacho | 4,7 |
| Pachira quinata | Ceiba roja | 4,4 |
| Caesalpinia coriaria | Dividivi | 4,3 |
| Sterculia apetala | Camajorú | 4,2 |
| Albizia sp | Baranoa | 4,0 |
| Enterolobium cyclocarpum | Orejero | 3,5 |
| Acacia farnesiana | Aromo | 3,0 |
| Crescentia cujete | Totumo | 3,0 |
| Cordia alliodora | Muñeco | 2,7 |
| Cecropia peltata | Yarumo | 2,3 |
| Bursera simaruba | Resbalamono | 2,0 |
| Albizia niopoides | Guacamayo | 1,9 |
| Capparis odoratissima | Olivo | 1,9 |

Fuente: JICA, 2025.

En cuanto a la altura de esta vegetación arbórea se presenta un promedio de 9,68 m, con valores máximos de 20 m para algunos individuos de Guásimo y de palma amarga (Sabal mauritiiformis) y con otros arbustos de hasta 5 m. En términos de diversidad, presenta la

DOCUMENTO NO DEFINIDO - USO DE PUBLICIDAD

segunda diversidad florística, con valores de diversidad del índice de Shannon de 2,86 y Margalef de 5,09 valores que pueden indicar zonas conservadas.

Dado lo anterior, se resalta la necesidad de estructurar un plan de ordenamiento ambiental en el interior de la cuenca que promueva la implementación de sistemas agroforestales. Estos arreglos productivos permitirían integrar prácticas agropecuarias con la conservación de los fragmentos de bosque seco, evitando así la expansión descontrolada de la frontera agrícola.

Diversos estudios han demostrado que los sistemas agroforestales no solo contribuyen a la productividad sostenible del suelo, sino que también favorecen la conectividad ecológica, la captura de carbono, la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad local (Montagnini, 2017; Soto-Pinto et al., 2009).

Además, la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE, 2012) respalda la implementación de alternativas productivas compatibles con la conservación, como los sistemas agroforestales, especialmente en paisajes rurales con alta intervención.

En ese sentido, el fortalecimiento de prácticas productivas que valoren los servicios ecosistémicos del bosque seco tropical puede permitir una relación sinérgica entre conservación y desarrollo, alineada con los objetivos del desarrollo rural sostenible promovidos tanto por la CRA como por las estrategias nacionales de restauración ecológica.

Ahora bien, para la cobertura de Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, con relación a las especies cultivadas, se identificaron en la cuenca cultivos de millo, yuca, maíz, plátano y árboles frutales como mango, guanábano, níspero, coco, aceituno, anón, tamarindo y ciruelo.

Estos cultivos son en una gran proporción de pancoger, por lo que, son pocas las áreas extensas con cultivos. Por su parte, respecto a las especies naturales que se mezclan con estos mosaicos, se identificaron un total de 16 especies, agrupadas en diez familias y ocho órdenes taxonómicos, de los cuales, Malvales presenta la mayor riqueza con cuatro especies, seguida por Fabales con tres, mientras las demás presenta dos a una especie (Tabla 13.14).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Tabla 13.14. Especies de flora de Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Caryophyllales | Cactaceae | Stenocereus griseus | Cardón | | | |
| | | Opuntia wentiana | Tuna-Higo | | | |
| Ericales | Lecythidaceae | Lecythis minor | Olla de mono | | | |
| Fabales | Leguminosae | Caesalpinia mollis | Yaguaro | | | |
| | | Acacia farnesiana | Aromo | | | |
| | Mimosaceae | Prosopis juliflora | Trupillo | | | |
| Gentianales | Rubiaceae | Randia dioica | Cruceto | | | |
| Lamiales | Boraginaceae | Cordia dentata | Uvito | | | |
| Malvales | Malvaceae | Ceiba pentandra | Ceiba blanca | | | |
| | | Pachira quinata | Ceiba roja | VU | EN | c |
| | | Guazuma ulmifolia | Guásimo | | | |
| | | Pseudobombax septenatum | Majagua | | | |
| Rosales | Moraceae | Maclura tinctoria | Mora | | | |
| | Urticaceae | Cecropia peltata | Yarumo | | | |
| Sapindales | Anacardiaceae | Spondias purpurea | Ciruelo | | | |
| | | Astronium graveolens | Quebracho | | | |

Fuente: JICA, 2025.

De manera similar a lo observado con los mosaicos de pastos y espacios naturales, aquí también es posible apreciar el patrón de matriz de bosques secos intervenidos mezclados con pastizales y cultivos de pancoger, lo cual, insta en la implementación de sistemas agroforestales que promuevan la protección del bosque seco y las actividades comerciales de los pobladores.

Fotografía 24 Palma amarga en zonas de pastizal y mezcla de espacios naturales. Con árboles de gran porte, como ceibas rojas y blancas.

Fotografía 25 Especies vegetales de un mosaico de pastos con espacios naturales.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Fotografía 26 Destrucción de vegetación secundaria baja de bosque seco. Realizada para la ampliación de áreas para pastizales y cultivos. El descapote de esta área se ha llevado a cabo mediante maquinaria amarilla. Se aprecian cultivos de pancoger en zonas anteriormente ya intervenidas.

Fotografía 27 Pastizales en mosaico con espacios naturales. Es propios de arbustales y presencia de vegetación secundaria baja.

Fotografía 28 Cultivos de plátano y ciruelo en matriz de arbustales.

Fotografía 29 Cultivos de plátano y yuca en matriz de arbustales.

### 13.2.2.6. *Superficies de agua*

#### 13.2.2.6.1. *Lagunas costeras*

Se ha incluido en esta caracterización el análisis de especies vegetales arbóreas de lagunas costeras, considerando que al interior de esta cuenca se encuentra de manera particular la Ciénaga de Mallorquín.

En esta, diversos estudios florísticos han evidenciado la presencia de relictos de bosques de mangle conformados por tres especies, siendo estas: el mangle rojo (Rhizophora mangle), el mangle salado (Avicennia germinans) y el mangle amarillo (Laguncularia racemosa) (Galvis et al., 1992; Universidad del Norte, 1993; MMA-ICFES-BID, 1998; Arrieta y De La Rosa, 2000; Universidad del Norte, 2005; Rangel et al., 2012; Chacón et al., 2020).

Es así que, en cercanía de la ciénaga de Mallorquín, las parcelas de caracterización evidenciaron la presencia de dos especies: el mangle salado (Avicennia germinans) dominando los bordes de la ciénaga y fragmentos boscosos monoespecíficos de Leucaena (Leucaena leucocephala) (Tabla 13.15).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - [illegible]AD

**Tabla 13.15. Listado taxonómico especies de lagunas costeras.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda Acuerdo 003 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fabales | Fabaceae | Leucaena leucocephala | Leucaena | | | |
| Lamiales | Acanthaceae | Avicennia germinans | Mangle negro | | | |

Fuente: JICA, 2025.

La presencia de dominante de Avicennia germinans, es algo muy común en los manglares precaribeños, por su gran capacidad para soportar fuertes tensiones salinas y por ser la única que pueden constituir arboledas monoespecíficas de tamaño considerable detrás de la franja de Rhizophora mangle (Galvis et al., 1992; Universidad del Norte, 1993; 2005).

Por su parte, los parches monoespecíficos de Leucaena obedecen a su capacidad de rápido crecimiento y colonización. Esta especie se encuentra registrada como invasora en 157 países o islas, lo que le daría un estatus de distribución pantropical. Habita en bosques secundarios, caducos, riparios, húmedos, matorrales, pastos arbolados, áreas urbanas entre 0-600 msnm, se adapta bien a gran variedad de suelos y climas (Romero, 2015).

Los relictos de bosque de mangle presentes en la Ciénaga de Mallorquín constituyen un componente crítico del paisaje ecológico de la cuenca, tanto por su rol ecosistémico como por su estado de conservación fragmentado.

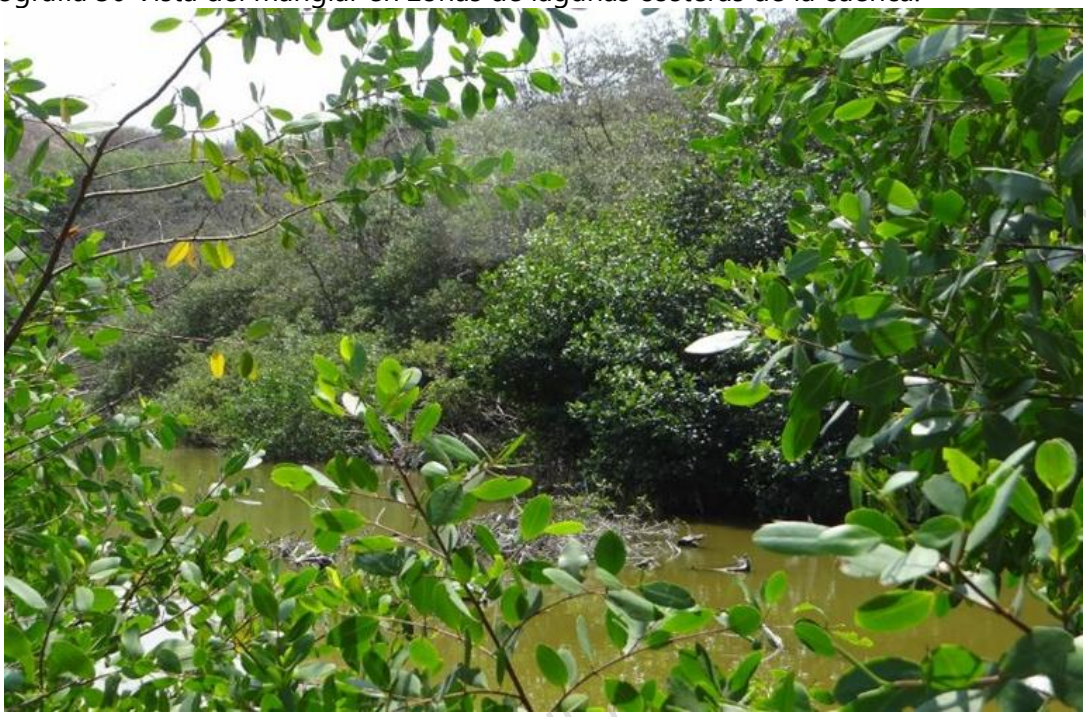
La dominancia de Avicennia germinans en las zonas muestreadas resalta la resiliencia de esta especie frente a condiciones adversas, pero también refleja una posible pérdida de diversidad estructural y funcional en el ecosistema. Estos manglares cumplen funciones esenciales en la protección costera, la regulación hídrica y la provisión de hábitats para numerosas especies de fauna, además de su importante capacidad de captura de carbono.

La presión por especies invasoras como Leucaena leucocephala y la alteración del entorno estuarino hacen urgente la formulación de estrategias de restauración ecológica enfocadas en la recuperación del bosque de mangle en Mallorquín, incluyendo reforestaciones con mangle rojo (Rhizophora mangle) y mangle amarillo (Laguncularia racemosa).

De esta manera, se puede garantizar no solo la conservación de uno de los últimos relictos de manglar del litoral atlántico colombiano, sino también el mantenimiento de servicios ecosistémicos clave para la resiliencia ambiental y social de la región costera de Barranquilla.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Fotografía 30 Vista del manglar en zonas de lagunas costeras de la cuenca.



Fotografía 31 Detalle de neumatóforos del mangle negro en bordes de ciénaga Mallorquín.

Fotografía 32 Bosques monotípicos de Leucaena bordeando la ciénaga de Mallorquín. Sector del monumento Ventana al Mundo.

### 13.2.3. Especies de la Vegetación y Flora amenazadas y/o endémicas

Con base en la revisión de la Resolución 0126 de 2024, por medio de la cual se establece el listado de especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana, la Lista roja de especies Amenazadas IUCN a nivel mundial y la normatividad vigente respecto a vedas de especímenes y productos forestales y de la flora silvestre en Colombia, principalmente del departamento del Atlántico, se reporta al interior de la cuenca la presencia de una especie incluida en alguna categoría de amenaza y/o en veda (Tabla 13.16).

**Tabla 13.16. Listado taxonómico especies de flora en alguna categoría de amenaza o veda.**

| Orden | Familia | Especie | Nombre común | UICN | Res 0126-2024 | Veda nacional |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Malvales | Bombacaceae | Pachira quinata | Ceiba tolúa | VU | EN | |

Fuente: JICA, 2025.

La ceiba roja (Pachira quinata), también conocida como ceiba tolúa, es una especie nativa de Colombia y otros países de América Central y del Sur. En Colombia, ha sido clasificada como "En Peligro (EN A2cd)" según el Libro Rojo de Plantas de Colombia, debido a la reducción significativa de sus poblaciones por la explotación maderera y la transformación de su hábitat natural.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

A nivel internacional, la Lista Roja de la UICN la categoriza como "Vulnerable (VU A1cd)", destacando amenazas similares, como la pérdida de hábitat y la sobreexplotación. La inclusión de Pachira quinata en la Resolución 0126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia refuerza la necesidad de implementar medidas de conservación específicas para esta especie, especialmente en regiones como el departamento del Atlántico, donde su presencia ha sido documentada.

Dada su importancia ecológica y las amenazas que enfrenta, es crucial promover estrategias de conservación y manejo sostenible que aseguren la supervivencia de Pachira quinata en su hábitat natural.

El hallazgo de esta especie se realizó principalmente en las coberturas de Bosques riparios y mosaicos de pastos y espacios naturales. En todos los casos, las abundancias reportadas para esta especie son bajas.

### 13.2.4. Especies de valor sociocultural y económico

Al interior de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León pueden distinguirse tres grupos principales de especies de valor sociocultural y económico, siendo estos 1) el de las especies nativas maderables, 2) el de las especies cultivadas y 3) el de las especies medicinales ancestrales y frutales.

Considerando una ocupación del 49,36% del área total de la cuenca en terrenos agrícolas, se estima una alta dependencia económica de los pobladores a dicha actividad. Sobresalen en este aspecto las áreas de los pastos limpios para la ganadería y los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales. A nivel de cultivos, como se ha descrito anteriormente, se observaron cultivos de maíz, millo, plátano y yuca usadas principalmente como especies de pancoger.

Por su parte, las especies maderables de mayor uso corresponden a aquellas de interés para la fabricación de carbón vegetal o para la construcción y carpintería, ya sea por su dureza o densidad. Entre estas se encuentran: Guácimo (Guazuma ulmifolia), Leucaena (Leucaena leucocephala), Ceiba roja (Pachira quinata) y Trupillo (Prosopis juliflora).

En el caso de las especies medicinales, juegan un papel importante muchas especies tanto arbóreas como herbáceas, usadas por las comunidades para preparaciones medicinales y culinarias, siendo en su mayoría plantas comunes de los arbustales y herbazales.

A nivel de los frutales, las especies nativas teles como el níspero, la guanaba y la ciruela son de gran importancia en la región.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

### 13.2.5. Conclusiones caracterización de vegetación cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León

La cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León alberga una notable diversidad florística y estructural que refleja tanto la riqueza ecológica del Caribe seco colombiano como las profundas presiones a las que estos ecosistemas se han visto sometidos. A partir del diagnóstico realizado, se destacan los siguientes elementos clave:

1. La cuenca constituye un corredor biológico que conecta zonas de bosque seco tropical, arbustales y manglares, lo que genera una alta heterogeneidad florística. Se identificaron 56 especies vegetales nativas distribuidas en 25 familias, siendo Fabaceae y Leguminosae las más representativas. Este mosaico vegetal brinda soporte a múltiples funciones ecosistémicas, como la regulación hídrica, la provisión de hábitat para fauna silvestre y la captura de carbono.
2. Los manglares, especialmente los relictos dominados por Avicennia germinans, son claves para los ecosistemas en la parte baja de la cuenca. Aunque fragmentados, aun cumplen funciones esenciales como la protección costera, el filtrado de contaminantes y la provisión de hábitat para especies marinas y de aves migratorias. Su conservación es prioritaria frente a las amenazas por expansión urbana, contaminación y el cambio climático. La restauración de estos bosques debe orientarse a reactivar los procesos ecológicos naturales y fortalecer la conectividad con otras coberturas vegetales, en especial con los bosques secos adyacentes.
3. A pesar de la fragmentación y transformación del paisaje, los relictos de bosque seco tropical —como los bosques riparios y la vegetación secundaria— albergan especies de gran valor ecológico, incluyendo varias clasificadas en categoría de amenaza, como Pachira quinata (Ceiba roja). Estos remanentes presentan estructuras verticales complejas y altos índices de diversidad alfa, lo que los convierte en núcleos estratégicos para procesos de regeneración ecológica.
4. Con una cobertura conjunta del 11,75 %, los arbustales densos y abiertos representan una formación clave del bosque seco del Atlántico. Su importancia ecológica ha sido evidenciada por su capacidad de almacenamiento de carbono, resistencia a la sequía y valor para la biodiversidad. A pesar de su baja altura y estructura sencilla, su conservación es esencial para mantener la funcionalidad del ecosistema y frenar la desertificación.
5. Las coberturas mixtas —mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales— dominan más del 26 % del área de la cuenca. Si bien estas zonas están sujetas a presión por prácticas agrícolas y ganaderas intensivas, también representan una oportunidad para implementar sistemas agroforestales que integren producción y conservación. Estos sistemas permitirían restaurar funciones ecológicas, diversificar medios de vida locales y reducir la presión sobre los relictos naturales.
6. Los resultados obtenidos evidencian la urgencia de estructurar planes de ordenamiento territorial y ambiental que reconozcan el valor de las formaciones

DOCUMENTO DE TRABAJO - FASE DE PUBLICACIÓN

vegetales presentes. La restauración activa de los manglares, la protección de los bosques riparios y la promoción de la agroforestería en áreas productivas deben ser pilares de una estrategia integral para la sostenibilidad de la cuenca.

7. La gestión articulada entre la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA), las comunidades locales, instituciones académicas y actores privados ha permitido avanzar en procesos de restauración y conservación, especialmente en la Ciénaga de Mallorquín. Fortalecer estas alianzas y ampliar los acuerdos voluntarios de conservación será esencial para consolidar una red de áreas funcionales que garanticen la conectividad ecológica.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 14. CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA

Para realizar el diagnóstico de la fauna de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León, se llevó a cabo de manera preliminar un levantamiento de la información secundaria disponible a través de diversas fuentes, enfocando dicho levantamiento a nivel de ecosistemas y los listados de especies sensibles y/o de importancia ecológica en la cuenca.

Asimismo, en el terreno de la cuenca se llevaron a cabo recorridos y observaciones de la fauna y sus rastros en un total de nueve coberturas vegetales, siendo estas las más representativas ya sea por el área que ocupan en la cuenca o por su importancia como áreas de conservación o asociación a la regulación hídrica.

## *14.1. Información Secundaria Fauna*

Para tener un conocimiento básico general de las especies de la fauna en la región, se usaron fuentes de información secundaria sobre los registros de especies animales según localidades geográficas, regiones políticas y zonobiomas en el Departamento del Atlántico y este sector de estudio junto a datos de altura de la cuenca, tanto en listas abiertas en Colombia, artículos y publicaciones científicas, POTs, EOTs, base de datos del Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt y del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia – ICN, como aquellas en el extranjero que posean en sus colecciones ejemplares propios de la zona de la cuenca.

Con esta información básica de referencia se organizó y realizó el trabajo de campo para la obtención de la información primaria haciendo énfasis en aquellas especies más representativas para las unidades de vegetación o los ecosistemas presentes en la cuenca, así como aquellas reales o potenciales en listados de la Resolución 0126 de 2024 del MADS o aquella norma que la modifique, adicione o sustituya, la UICN, libros rojos, CITES, especies endémicas, vedadas, invasoras, raras o de importancia económica o cultural.

La región de interés de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, se ubica en una región de gran diversidad ecológica dentro del departamento del Atlántico, extendiéndose por seis municipios y abarcando alrededor de 296.218 hectáreas.

Esta área forma parte de un complejo sistema hidrográfico y ecosistémico que integra cuerpos de agua dulce, zonas estuarinas y formaciones de bosque seco tropical en el área

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

terrestre. Desde la línea de costa, el paisaje está marcado por los bosques de manglar —dominados por Rhizophora mangle, Avicennia germinans y Laguncularia racemosa— que cumplen funciones clave en la protección costera y la estabilidad del sistema estuarino de la Ciénaga de Mallorquín. A medida que se avanza hacia el interior, estos ecosistemas dan paso a relictos de bosque seco tropical, severamente fragmentados, pero ecológicamente relevantes.

Estos ecosistemas conforman un gradiente ecológico que brinda hábitat a una fauna diversa y especializada, adaptada a condiciones variables de salinidad, humedad y temperatura. La coexistencia de manglares, ciénagas, arbustales y bosques secos espinosos permite la presencia de especies de fauna marina, ribereña y terrestre, muchas de ellas con algún grado de endemismo o amenaza.

No obstante, la presión antrópica derivada de la expansión urbana, el uso intensivo del suelo y el cambio climático ha generado una fuerte fragmentación del hábitat, afectando las poblaciones animales y su conectividad ecológica. Por ello, la caracterización de la fauna en esta cuenca resulta esencial para orientar acciones de conservación, restauración y planificación ambiental en el territorio.

Actualmente, estas unidades han sido profundamente transformadas por la intensa deforestación producto de la adaptación del terreno para cultivos y ganadería. En consecuencia, las comunidades faunísticas que actualmente existen están compuestas casi en su totalidad por elementos típicos, comunes y ampliamente distribuidos a lo largo del Caribe colombiano y convergen en la gran capacidad de adaptación y tolerancia a ambientes alterados, aunque aparentemente con densidades poblacionales menores a las típicas en otras áreas del país.

Para la caracterización de la fauna terrestre se utilizó la denominada Evaluación Ecológica Rápida (EER), en la cual la riqueza y abundancia se evalúa a través de métodos de observación directa (transectos de observación) e indirecta (búsqueda de rastros y encuestas).

Estas actividades se ejecutaron en aquellas áreas de interés faunístico previstas por la misma distribución de la vegetación teniendo en cuenta las coberturas vegetales representativas de la cuenca donde se realizaron las mismas parcelas para la caracterización de la flora, al ser áreas de alimentación, desplazamiento, refugio, zonas de reproducción, microhábitats, entre otras.

Considerando lo anterior, a continuación, se presenta la descripción de la fauna silvestre potencial para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, teniendo como base la revisión bibliográfica que se realizó para la elaboración de este documento.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 14.1.1. Anfibios

Colombia posee una fauna anfibia estimada entre 698 y 766 especies, lo que ubica al país como el segundo en el mundo en cuanto a riqueza de estos vertebrados. En el contexto del departamento del Atlántico, aunque la diversidad de anfibios es considerablemente menor que en regiones con mayores gradientes altitudinales o humedad constante, se han registrado al menos 14 especies pertenecientes a los órdenes Anura (ranas y sapos) y Gymnophiona (cecilias), distribuidas en al menos seis familias, como Hylidae, Leptodactylidae y Bufonidae (CRA, 2012; Rueda-Almonacid et al., 2004).

La mayoría de estas especies se asocian a cuerpos de agua temporales y ecosistemas como bosques secos tropicales, manglares y áreas de humedales costeros, donde cumplen un papel fundamental en las redes tróficas y como indicadores de calidad ambiental.

Aunque no se reportan especies endémicas restringidas al Atlántico, sí se han identificado especies de distribución limitada o con algún grado de amenaza, como Rhinella marina y Leptodactylus fuscus, cuya presencia puede estar sujeta a presión por la pérdida de hábitat, la contaminación de cuerpos de agua y la fragmentación de ecosistemas ribereños y estuarinos.

### 14.1.2. Reptiles

Colombia cuenta con una riqueza de 588 especies de reptiles, agrupadas en los órdenes Squamata (subórdenes Serpentes, Sauria y Amphisbaenia), Testudines y Crocodylia (Uetz & Hošek, 2024). A nivel regional, y de acuerdo con estudios en el Caribe colombiano, se estima que en el departamento del Atlántico pueden presentarse alrededor de 45 a 55 especies de reptiles terrestres, principalmente del orden Squamata, y en menor medida del orden Testudines, asociadas a ecosistemas de bosque seco, cuerpos de agua dulce y ambientes estuarinos (CRA, 2012; Moreno-A. et al., 2009; Rueda-Almonacid et al., 2004).

Entre las especies más representativas en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se encuentran la iguana verde (Iguana iguana), el lagarto azul (Cnemidophorus lemniscatus), la serpiente sabanera (Leptodeira septentrionalis) y tortugas como Kinosternon scorpioides.

Algunas de estas especies están sometidas a presión por el comercio ilegal, la caza para consumo y la pérdida de hábitat. La iguana y la tortuga morrocoy (Chelonoidis carbonarius), por ejemplo, han experimentado reducciones notables en sus poblaciones debido a su extracción con fines alimentarios y ornamentales, lo que ha llevado a su inclusión en normativas de conservación y veda en Colombia (MinAmbiente, 2024).

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 14.1.3. Aves

La avifauna es el grupo de vertebrados terrestres más diverso de Colombia con 1.966 especies registradas, lo que posiciona al país como el más diverso del mundo en aves (Ayerbe-Quiñones, 2018). En el contexto del Caribe colombiano, y específicamente en el departamento del Atlántico, se han reportado más de 300 especies de aves distribuidas en múltiples hábitats, incluyendo manglares, ciénagas, humedales, arbustales y relictos de bosque seco tropical (CRA, 2012; Hilty & Brown, 2001).

La cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León representa un corredor estratégico para aves residentes, migratorias y ocasionalmente endémicas, gracias a su diversidad de hábitats.

En particular, la Ciénaga de Mallorquín es reconocida como un sitio clave para aves acuáticas y migratorias neotropicales, albergando especies como Egretta thula (garcita blanca), Ardea alba (garza real), Butorides striata (garza azul) y Jacana (jacana suramericana). Asimismo, se ha documentado la presencia de especies de interés para la conservación como el Tyrannus melancholicus (sirirí común) y el Icterus nigrogularis (turpial), además de cerca de 15 especies migratorias boreales y australes.

La pérdida de humedales, la fragmentación del hábitat y la contaminación constituyen amenazas relevantes para esta avifauna, por lo cual es fundamental incluir este grupo en las estrategias de monitoreo y manejo de la biodiversidad local.

### 14.1.4. Mamíferos

Según Solari et al. (2013), Colombia cuenta con 492 especies de mamíferos nativos, distribuidos en 14 órdenes y 49 familias, siendo los quirópteros (murciélagos) y roedores los grupos más diversos, con 198 y 123 especies respectivamente.

La mayor concentración de esta diversidad se encuentra en las regiones montañosas como la cordillera Oriental y la Sierra Nevada de Santa Marta, debido a sus rangos altitudinales y variedad de hábitats. No obstante, las zonas bajas del Caribe colombiano también albergan una representación significativa de la mastofauna nacional, adaptada a condiciones de bosque seco, humedales y ambientes costeros.

En el departamento del Atlántico, aunque la riqueza de mamíferos es menor que en otras regiones del país, se han registrado al menos 40 a 50 especies, incluyendo representantes de los órdenes Didelphimorphia (zarigüeyas), Chiroptera (murciélagos), Rodentia (roedores), Carnivora (carnívoros) y Artiodactyla (mamíferos ungulados).

En la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, se han documentado especies como la zarigüeya común (Didelphis marsupialis), el ñeque (Dasyprocta punctata),

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

el murciélago frugívoro (Artibeus lituratus) y el mapache cangrejero (Procyon cancrivorus), este último asociado a ecosistemas ribereños y manglares.

La fragmentación del hábitat, la expansión urbana y el atropellamiento en carreteras son algunas de las principales amenazas que enfrentan estas especies en la región.

### 14.1.5. Peces

En el área de estudio se estima la presencia de al menos 41 especies de peces dulceacuícolas, agrupadas en cinco órdenes y aproximadamente 20 familias, con base en registros obtenidos en cuencas regionales como la del río Cesar y la del río Ranchería, las cuales comparten condiciones hidrológicas y ecológicas con el sistema hídrico de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín (Maldonado-Ocampo et al., 2008).

Estos peces habitan principalmente en tramos bajos y medios de los arroyos y en cuerpos de agua conectados estacionalmente, como humedales temporales y canales asociados a la ciénaga. Las familias más representativas incluyen Characidae, Loricariidae, Pimelodidae y Prochilodontidae, las cuales agrupan especies de importancia ecológica, cultural y económica.

A nivel regional, se han identificado al menos ocho especies de peces dulceacuícolas con alguna categoría de amenaza, debido a la sobrepesca, la fragmentación de hábitats de desove, la contaminación y el deterioro de la conectividad hidrológica.

Entre estas especies se encuentran Curimata mivartii, Ichthyolephas longirostris, Prochilodus magdalenae (bocachico), Abramites eques, Salminus affinis, Hypostomus hondae, Sorubim cuspicaudus y Ageneiosus pardalis (Mojica et al., 2012).

En particular, Prochilodus magdalenae, una de las especies migratorias más emblemáticas del país, ha visto reducidas sus poblaciones en ecosistemas caribeños por la pérdida de conectividad entre arroyos y ciénagas, situación que afecta directamente a las comunidades que dependen de su pesca.

La recuperación de estos hábitats y la gestión integral de los cuerpos de agua son claves para garantizar la sostenibilidad de la ictiofauna en la cuenca.

## *14.2. Información Primaria Fauna*

Para el levantamiento de la información primaria de cada grupo de la fauna vertebrada que se muestra a continuación, se realizaron recorridos y puntos de observación en todas las unidades de cobertura vegetal del área de la cuenca, coincidiendo con las mismas coberturas

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

y parcelas de caracterización que se presentaron para la caracterización de la vegetación y flora e igualmente las consultas con residentes y pobladores.

### 14.2.1. Metodologías para la fauna

#### 14.2.1.1. *Metodología de observación directa de la fauna*

Como método de observación directa, se implementaron transectos que recorrieron caminos y trochas al interior de las distintas coberturas vegetales naturales identificadas en el área de estudio, con énfasis en las inmediaciones de las 24 parcelas de caracterización de flora, distribuidas en un total de nueve coberturas. Estas rutas permitieron una cobertura representativa de los hábitats presentes en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

Los transectos fueron ejecutados por profesionales con experiencia en los distintos grupos faunísticos, a una velocidad promedio de 0,7 a 1,0 km/h, en horarios que coincidieran con los picos de mayor actividad de las especies.

Sin embargo, se reconoció también el valor de las observaciones en distintos momentos del día, especialmente aquellas enriquecidas por el conocimiento local de los residentes, cuya información fue clave para identificar comportamientos, sitios de refugio y especies difíciles de detectar. Las observaciones, tanto diurnas como nocturnas, se realizaron en función de las condiciones logísticas y del acceso a los diferentes estratos vegetales.

Durante los recorridos, se registró cada individuo observado desde el inicio hasta el final del transecto, así como en sus alrededores, atendiendo a los siguientes criterios:

i. todos los animales ubicados sobre la línea del transecto deben ser detectados;
ii. los animales deben ser registrados en su posición inicial, evitando dobles conteos;
iii. el desplazamiento de animales es generalmente menor a la velocidad del observador;
iv. las distancias desde el transecto deben ser medidas con precisión;
v. cada detección debe considerarse como un evento independiente.

En cada transecto se efectuó la búsqueda activa de representantes de todos los grupos de fauna vertebrada, poniendo especial atención en los distintos microhábitats según las características ecológicas del grupo observado y la experiencia del equipo técnico.

Es importante aclarar que, en el marco del presente estudio, no se contempló la captura ni recolección de ejemplares. Por tanto, no se utilizaron trampas tipo Sherman, redes de niebla para quirópteros ni otros métodos invasivos, en concordancia con los alcances definidos

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

para la caracterización faunística y las directrices metodológicas establecidas en la Guía Técnica correspondiente.

**14.2.1.2. *Metodologías de observación específicas para la fauna***

Para el caso de la Herpetofauna (Anfibios y Reptiles) se enfatizó la búsqueda en microhábitats cercanos a los cuerpos de agua, en vegetación herbácea no leñosa, raíces o árboles caídos y/o muertos, a su vez también en la hojarasca y en los diferentes estratos del sotobosque y en los diferentes sustratos que se encuentren.

Para el caso de Aves, se realizaron observaciones y registros auditivos diurnos en las coberturas muestreadas con binoculares (10 x 42) y cámaras de gran alcance (lentes réflex de 800 a 1200 mm o su equivalencia en Zoom de 30 a 50 aumentos) junto con observaciones desde puntos fijos de observación en sectores de mayor interés y los aportes de la comunidad y residentes.

Las observaciones de mamíferos se realizaron en recorridos diurnos y nocturnos en los diferentes estratos de las coberturas vegetales muestreadas a través de binoculares (10 x 42) y cámaras de gran alcance (lentes réflex de 800 a 1200 mm o su equivalencia en Zoom de 30 a 50 aumentos).

Para las comunidades ícticas en el área de la cuenca se hicieron observaciones en las corrientes de aguas y consultas con las comunidades y residentes locales con el objeto de obtener información biológica en el área de trabajo.

Para todos los grupos, estos transectos se complementaron de dos formas; en primer lugar, con un muestreo denominado Ad libitum, que no implica ninguna limitación en el muestreo, es decir, que se registrarán todos los individuos o grupos que se observan con facilidad dentro o alrededor y a lo largo y ancho de los hábitats, aunque estén fuera de los transectos.

En segundo lugar, se registraron todas las evidencias de actividad de fauna que se pudiera identificar para los diversos grupos de la fauna (huellas en caminaderos, heces fecales, hozaderos, cuevas, pepiaderos, rastros de depredación, rasguños, huevos eclosionados, nidos, mudas de piel, etc.) y se comparan con lo reportado en la literatura especializada para cada grupo, todos estos registros indirectos se realizaron en lo posible en los mismos transectos de observación directa y de la vegetación.

La información levantada en campo se complementó con encuestas informales a los pobladores del área de la cuenca, haciendo uso de guías de campo y fotografías de las especies más representativas, de forma tal que puedan incrementarse los listados taxonómicos además de identificar aquellas especies con valor sociocultural y económico.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 14.2.2. Anfibios

Para el área de la cuenca caracterizada se registraron un total de seis individuos pertenecientes a cinco especies de anfibios, agrupados en cuatro familias y un solo orden taxonómico (Tabla 14.1).

**Tabla 14.1. Anfibios observados en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.**

| Taxonomía | | | Nombre Común | Gremio trófico | Tipo de registro | UICN | Res 0126 | Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Orden | Familia | Especie | | | | | | |
| Anura | Aromobatidae | Rheobates palmatus | Rana | Ins | Obs | | | End |
| | Bufonidae | Rhinella marina | Sapo granuloso | Ins | Obs | | | |
| | Hylidae | Boana platanera | Rana platanera | omn | Obs | | | |
| | | Scinax ruber | Rana de ojos rojos | Ins | Obs | | | |
| | Leptodactylidae | Leptodactylus fuscus | Rana bala | Ins | Obs | | | |

Gremio trófico Ins: Insectívoro, Omn: Omnívoro.

Considerando las familias de anfibios reportados, se encuentra que esta composición y distribución de la riqueza muestra una marcada tendencia de elementos de paisajes de coberturas abiertas donde se expresan familias como Hylidae y Bufonidae, propias de la composición de la mayoría de las zonas bajas del país, principalmente de la zona del valle del Magdalena y Costa Caribe (Lynch, et al. 1997 & Acosta-Galvis et al 2006, y Acosta 2012).

Respecto a los hábitats de encuentro, Boana platanera, Leptodactylus fuscus y Scinax ruber fueron observada en jagueyes de áreas de pastizal limpio y vegetación secundaria baja, por lo cual, algunos individuos se observaron en las zonas encharcadas de los pastizales y otros bajo la vegetación arbórea. Por su parte, para el sapo de caña (Rhinella marina) se registró en un pastizal limpio, alejado de fuentes de agua, evidenciando así su capacidad para habitar casi cualquier tipo de hábitat.

Para la rana cohete (Rheobates palmatus) su hallazgo se restringió a los bosques riparios del Arroyo Simón dando preferencia al uso de hábitats de lugares húmedos cerca de cuerpos de agua, cuyo sustrato está conformado por rocas, hojarasca y embriofitas (Cortés-Suárez 2014).

El registro de esta especie en el presente estudio es muy importante resaltarlo considerando que es endémica para Colombia.

Para las especies registradas, la revisión bibliográfica coincide en describir estas especies con capacidad para hacer uso de diversos tipos de hábitat, que van desde los bosques tropicales húmedos, los ambientes semiáridos, llanos, pastizales, bosques montanos hasta ambientes mediana y altamente intervenidos.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Se encuentra, por ejemplo, que en el caso de Boana platanera y Rhinella granulosa estas especies son típicas de áreas antropizadas y agroecosistemas, incluso pueden reproducirse en charcas temporales que se forman durante la estación lluviosa en áreas de pastizales. Por su parte, para Rheobates palmatus se sabe que prefiere los hábitats al interior de los bosques, en donde se favorecen procesos de oferta alimenticia, refugio y sitios para reproducción.

Ahora bien, respecto a los hábitos alimenticios, la fauna anfibia se encuentra representada por el gremio insectívoro con el mayor número de especies y el omnívoro con una especie.

El consumo de invertebrados convierte a los anfibios en controladores naturales de plagas perjudiciales para el hombre; dentro esta categoría se puede identificar dos patrones de preferencia alimenticia: las especies especialistas en hormigas, que comen artrópodos más quitinosos y de movimientos lentos como hormigas y ácaros; y los no especialistas en hormigas que se alimentan de artrópodos grandes, más móviles y menos quitinosos, como ortópteros, larvas de lepidópteros y arañas grandes (Simon & Toft, 1991).

Por su parte, los omnívoros se ven representados tan solo por la especie de sapo común Rhinella marina, pues se conoce por ser capaz de consumir casi cualquier tipo de alimento, se le ve forrajeando detrás de las colonias de hormigas, pero también puede consumir polillas y otros insectos voladores, incluso se cuenta con reportes de consumo de carroña y heces fecales.

Por otro lado, están los hílidos que son anfibios arbóreos que explotan la vegetación acuática sobre los cuerpos de agua como microhábitat para hallar alimento, esto muestra su comportamiento generalista en cuanto al estrato arbóreo, ya que capturan a sus presas al acecho.

Dentro de este grupo se encuentran la rana Boana platanera y rana de ojos rojos y Scinax ruber. Estas alternativas, sumadas a la disponibilidad de alimento y espacio, permiten el ensamblaje de los anfibios encontrados en los ecosistemas.

Respecto a las categorías de amenaza, según la lista oficial de la IUCN (2014.1) todos los anfibios reportados se encuentran bajo la categoría de preocupación menor, a pesar de saber que su principal amenaza está dada por la pérdida de hábitat y microhábitat específicos para la reproducción y alimento de las especies anfibias.

Adicionalmente, en el Libro Rojo de Anfibios de Colombia y en la Resolución 01912 de 2017 del MADS tampoco se encuentran reportes de ninguna de las especies encontradas en el área de estudio, por lo que se infiere que todos los anfibios encontrados presentan un buen estado de conservación a nivel local y nacional.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Finalmente, se indica que los registros realizados representan una muy baja diversidad de los anfibios, en comparación con otras áreas similares del valle del Río Magdalena y del Caribe Colombiano. Esto puede considerarse un posible efecto de la pérdida sustancial del bosque ripario de la cuenca, con lo cual, solo es posible la permanencia de especies de anfibios adaptadas a los ambientes antrópicos.

### 14.2.3. Reptiles

Los reptiles son un grupo muy diverso de gran importancia en el sostenimiento de la buena salud del ecosistema, por ejemplo, a través de diferentes procesos ayudan a soportar las cadenas tróficas (son excelentes controladores de plagas de cultivos y de vectores de enfermedades humanas); influyen en la producción primaria, en la dispersión y viabilidad de semillas e incrementan la dinámica de sedimentos en los cuerpos de agua (bioturbación).

Asimismo, mantienen el flujo de materia y energía entre ambientes acuáticos y terrestres, así como entre el dosel de los bosques y el suelo (Galindo-Uribe y Hoyos-Hoyos 2007). Económica y culturalmente son un componente muy importante en la comunidad, son consumidos como fuente de proteína, usados mascotas, elementos ornamentales, decorativos y uso medicinal especialmente por las comunidades ribereñas (Páez V. P.-B.-M., 2012). También son temidos por su potencial riesgo a la salud y muchos imaginarios a manera cultural.

Para este grupo se tiene en la cuenca un registro de siete individuos observados y tres especies descritas en entrevistas con las comunidades locales, agrupados de forma total en diez especies, siete familias y dos órdenes taxonómicos. De estos último, el orden con mayor riqueza de especies es Squamata, donde se agrupan las lagartijas y serpientes, con un total de nueve especies.

Por su parte, Crocodilia (cocodrilos y caimanes) se ve representada por una sola especie (Tabla 14.2).

**Tabla 14.2. Especies de reptiles cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.**

| Taxonomía | | | Nombre Común | Gremio trófico | Tipo de registro | UICN | Res 1912 | Obsv. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Orden | Familia | Especie | | | | | | |
| Crocodilia | Alligatoridae | Caimán crocodilus | Babilla | Car | Obs | | | CITES II |
| Squamata | Dactyloidae | Anolis tropidogaster | Camaleón | Ins | Obs | | | |
| | Iguanidae | Iguana iguana | Iguana | Her | Obs | | | CITES II |
| | Sphaerodactylidae | Gonatodes albogularis | Geko | Ins | Obs | | | |
| | Teiidae | Cnemidophorus lemniscatus | Lobon | Ins | Obs | | | |
| | | Cnemidophorus gaigei | Lobon | Ins | Obs | | | |
| | | Ameiva bifrontata | Lobon | Ins | Obs | | | |
| | Viperidae | Bothrops asper | Talla equis | Car | Enc | | | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Porthidium lansbergii | Patoco | Car | Enc | | | |
| | Boidae | Boa constrictor | Boa | Car | Enc | | | |

Gremio trófico Car: Carnívoro, Ins: Insectívoro, Her: herbívoro, Omn: Omnívoro.

Aunque es bien sabido que la caracterización de los reptiles se dificulta por efecto de los hábitos crípticos y fosoriales de este grupo, la diversidad del grupo se considera muy reducida al interior de la cuenca para asumir este resultado como efecto únicamente de sus hábitos crípticos, por lo cual, se consideran los factores ambientales antrópicos adversos como la principal causa de la baja diversidad encontrada en la cuenca.

Al respecto, es sabido, por ejemplo, que los reptiles requieren obtener el calor necesario para llevar a cabo los procesos biológicos vitales (alimentación, digestión y reproducción) exponiéndose directamente a los rayos del sol o teniendo contacto con los objetos que los rodean. Por ello, cualquier alteración en la temperatura ambiental afecta las horas de actividad, rendimiento fisiológico, su comportamiento, distribución y reproducción (Sinervo, 2010).

En este sentido, actividades que deriven en la modificación del hábitat, la pérdida de la vegetación y por ende la reducción de la disponibilidad de sombra, de refugios, sitios de percha y anidación, pueden llevar fácilmente a los reptiles a la desaparición súbita local de sus poblaciones por alteraciones de su ambiente térmico (Galina et al., 2017).

Asimismo, es sabido que, a nivel general, las comunidades locales realizan persecuciones y exterminio masivo de la mayoría de los reptiles, principalmente de serpientes, como causa principalmente de su desconocimiento y mitos sin fundamente científico.

Dado lo anterior, se considera posible que las actividades agropecuarias desarrolladas al interior de la cuenca generan desplazamientos o disminuciones locales de las poblaciones de los reptiles, principalmente de las especies de lagartijas terrestres.

Ahora bien, para la composición de especies de reptiles reportados, para el orden Squamata (lagartijas y serpientes), las familias taxonómicas reportadas de Teiideae, Dactyloidae y Sphaerodactylidae evidencian una composición muy semejante con lo reportado en tierras bajas de Colombia, sobre todo para la cuenca del Magdalena, Cauca (biomas secos) y la región Caribe del País (Carvajal-Cogollo & Urbina-Cardona 2008, Moreno-Arias et al 2008, Pedroza-Banda & Angarita-Sierra 2011), con elementos de las familias Teiidae y Sphaerodactylidae.

Por su parte, en el caso de las serpientes, solo fue posible el registro de especies a partir de entrevistas con comunidades de Pital de Megua y Tubará, quienes reportan diversas observaciones de serpientes venenosas como la talla equis y el patoco.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO FASE DE PUBLICIDAD

En cuanto a la estructura de esta comunidad, para el orden Squamata se destaca su mayor expresión debido a que las zonas abiertas son muy propicias para la proliferación de lagartos (Harvey, et al. 2012), ya que áreas abiertas facilitan a este grupo su termorregulación, razón por la cual, son especies fácilmente vistas en caminos, potreros y cultivos. A su vez, las especies registradas de este grupo tienen la facilidad de prosperar en un alto número de ambientes, como en bosques, vegetación secundaria, pastizales e incluso construcciones humanas.

Por su parte, del orden Crocodylia presentó una especie de la familia Alligatoridae, la babilla común Caimán crocodilus, registrada en un arroyo intermitente, por lo cual, posiblemente el individuo observado murió tras la sequía total de dicho arroyo.

Respecto al uso del hábitat por parte de los reptiles, se distingue la clara preferencia por tres tipos de ambientes, aquellos en los cuales existe cobertura boscosa de cualquier tipo (bosques densos, bosques riparios, fragmentados, vegetación secundaria), aquellos que son áreas abiertas de pastizales y herbazales xerofíticos y los de cuerpos de agua.

Agrupadas con la cobertura vegetal boscosa se presentan especies de lagartos que utilizan variedad de sustrato como troncos, rocas y vegetación colgantes donde se perchan para cazar principalmente insectos y huir fácilmente de los depredadores. Para estas es igualmente importante la hojarasca al interior de estas coberturas, por ser igualmente un sustrato importante para cazar insectos terrestres o vertebrados pequeños y medianos, como es el caso de la talla equis.

Por su parte, las especies de Teiidos prefieren las áreas abiertas, puesto que requieren en sus hábitats de una constante entrada de luz para incrementar su temperatura corporal y cazar insectos terrestres.

Para el tercer grupo se distingue la presencia exclusiva de las babillas en los cuerpos de agua artificiales, en los cuales cazan peces y otros vertebrados pequeños en las áreas trasformadas de pastizales donde se construyen estos reservorios de agua.

Finalmente, para el grupo de los reptiles no se registraron especies migratorias, endémicas o incluidas en listados de amenaza nacionales o globales, únicamente se reportan dos especies incluidas en los listados de los anexos CITES.

En este sentido, las especies Caimán crocodilus e Iguana iguana se encuentran incluidas en el apéndice II de los listados CITES para evitar su comercio. Por otro lado, todas las especies de reptiles, tanto potenciales como registradas para el área de estudio, se encuentran en veda para caza deportiva tras la Resolución No. 787 del 22 de junio de 1977. Además, la

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Babilla (Caimán crocodilus) está protegida ante la exportación de ejemplares y todo tipo de caza.

Fotografía 33 Registro de babilla (Caimán crocodilus). En el arroyo intermitente en el sector de Cuatro Bocas.

DOCUMENTO NO DEFI AD

Fotografía 34 Lobito (Cnemidophorus gaigei) en vegetación del bosque ripario.

Fotografía 35 Iguana (Iguana iguana) sobre vegetación secundaria baja.

Fotografía 36 Lobon (Ameiva bifrontata) en arbustal denso bajo.

### 14.2.4. Aves

Para este grupo se han registrado al interior de la cuenca un total de 69 especies, agrupadas en 30 familias y 13 órdenes taxonómicos (Tabla 14.3).

La mayoría de estas especies son comunes en la zona pues corresponden a especies cosmopolitas de hábitos generalistas tanto de hábitat como de dieta, por lo que son de fácil detección en casi todo el territorio nacional. Además, algunas de ellas constituyen visitantes temporales con patrones de migración local o boreal, por lo que su probabilidad de detección está sujeta a la temporalidad del muestreo y la disponibilidad de recursos ambientales en ese momento.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO

**Tabla 14.3. Especies de aves en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.**

| Taxonomía | | | Nombre Común | Obs |
|---|---|---|---|---|
| **Orden** | **Familia** | **Especie** | | |
| Galliformes | Cracidae | Ortalis garrula (Humboldt, 1805) | Guacharaca | Endémica |
| | Odontophoridae | Colinus cristatus (Linnaeus, 1766) | Perdiz | |
| Pelecaniformes | Ardeidae | Ardea alba (Linnaeus, 1758) | Garza real | |
| | | Bubulcus ibis (Linnaeus, 1758) | Garcita bueyera | |
| | | Syrigma sibilatrix | Garza silbadora | |
| | Threskiornithidae | Phimosus infuscatus (Lichtenstein, 1823) | Coquito | |
| | | Theristicus caudatus(Boddaert, 1783) | Coclí | |
| Cathartiformes | Cathartidae | Cathartes aura (Linnaeus, 1758) | Guala | |
| | | Coragyps atratus (Bechstein, 1793) | Chulo | |
| Accipitriformes | Accipitridae | Rupornis magnirostris (Gmelin, 1788) | Halcón | |
| | | Buteogallus meridionalis (Latham, 1790) | Gavilán sabanero | |
| Charadriiformes | Charadriidae | Vanellus chilensis (Molina, 1782) | Alcarabán | |
| | Jacanidae | Jacana jacana (Linnaeus, 1766) | Gallito de agua | |
| Columbiformes | Columbidae | Columbina talpacoti (Temminck, 1810) | Abuelita | |
| | | Zenaida auriculata (Des Murs, 1847) | Paloma | |
| | | Patagioenas cayennensis (Bonnaterre, 1792) | Paloma | |
| Cuculiformes | Cuculidae | Crotophaga ani (Linnaeus, 1758) | Chirigüelo | |
| Apodiformes | Trochilidae | Colibrí coruscans (Gould, 1846) | colibrí | |
| | | Coeligena torquata (Boissonneau, 1840) | colibrí | |
| Coraciiformes | Alcedinidae | Chloroceryle americana (Gmelin, 1788) | Martin pescador | |
| Piciformes | Picidae | Picumnus olivaceus (Lafresnaye, 1845) | Carpinterito | |
| Psittaciformes | Psittacidae | Ara ararauna (Linnaeus, 1758) | Guacamaya azul | CITES II |
| Falconiformes | Falconidae | Milvago chimachima (Vieillot, 1816) | Chimachima | CITES II |
| | | Falco sparverius (Linnaeus, 1758) | Cernícalo | CITES II |
| Passeriformes | Furnariidae | Certhiaxis cinnamomeus (Gmelin, 1788) | Chamicero | |
| | Thamnophilidae | Thamnophilus doliatus (Linnaeus, 1764) | Hormiguero | |
| | Tyrannidae | Elaenia flavogaster (Thunberg, 1822) | Atrapamoscas | |
| | | Fluvicola pica (Boddaert, 1783) | Monjita de agua | |
| | | Megarynchus pitangua (Linnaeus, 1766) | Bichofue | |
| | | Myiozetetes cayanensis | Bienteveo alicastaño | |
| | | Myiozetetes similis (Spix, 1825) | Chilga | |
| | | Pitangus sulphuratus (Linnaeus, 1766) | Bichofue | |
| | | Pyrocephalus rubinus (Boddaert, 1783) | Pechirojo | |
| | | Sayornis nigricans (Swainson, 1827) | Atrapamoscas | |
| | | Tyrannus melancholicus (Vieillot, 1819) | Chilga | |
| | | Tyrannus savana | Tijereta sabanera | Migratorio Lat |
| | Vireonidae | Vireo flavifrons (Vieillot, 1808) | Verderón | Migratorio Lat |
| | Hirundinidae | Progne tapera (Linnaeus, 1766) | Golondrina | |
| | | Hirundo rustica (Linnaeus, 1758) | Golondrina | Migratorio Lat |
| | Troglodytidae | Troglodytes aedon (Vieillot, 1809) | Cucarachero | |
| | Turdidae | Turdus ignobilis (Sclater, 1857) | Mirla embarradora | |
| | Mimidae | Mimus gilvus (Vieillot, 1808) | Sinsonte | |
| | Thraupidae | Dacnis lineata (Gmelin, 1789) | Tangara | |
| | | Ramphocelus dimidiatus (Lafresnaye, 1837) | Cardenal | Casi endémica |
| | | Thraupis episcopus (Linneo, 1766) | Azulejo | |
| | | Sicalis flaveola (Linnaeus, 1766) | Canario | |
| | | Sporophila intermedia (Cabanis, 1851) | Espiguero | |
| | | Sporophila minuta (Linneo, 1758) | Espiguero | |
| | | Sporophila nigricollis (Vieillot, 1823) | Espiguero | |
| | | Sporophila schistacea (Lawrence, 1862) | Espiguero | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - NO DE PUBLICIDAD

| Taxonomía | | | Nombre Común | Obs |
|---|---|---|---|---|
| **Orden** | **Familia** | **Especie** | | |
| | | Volatinia jacarina (Linnaeus, 1766) | Espiguero | |
| | | Coereba flaveola (Linnaeus, 1758). | Mielero, panelero | |
| | | Coryphospingus pileatus (Wied-Neuwied, 1821) | Chilga | |
| | | Saltator coerulescens (Vieillot, 1817) | Saltador | |
| | | Saltator maximus (Müller, 1776) | Semillero | |
| | | Tiaris olivaceus (Linnaeus, 1766) | Semillero | |
| | | Tachyphonus rufus | Tangara negra | |
| | Emberezidae | Arremon aurantiirostris (Lafresnaye, 1847) | Pinzón | |
| | | Arremonops conirostris (Bonaparte, 1850) | Pinzón | |
| | Cardinalidae | Piranga rubra (Linnaeus, 1758) | Cardenal | Migratorio Lat |
| | | Piranga olivácea (Gmelin, JF, 1789) | Cardenal | Migratorio Lat |
| | Parulidae | Basileuterus rufifrons (Swainson, 1838) | Chilguita | |
| | | Myiothlypis fulvicauda (Spix, 1825) | Arañero | |
| | | Setophaga petechia (Linnaeus, 1766) | Reinita | |
| | Corvidae | Cyanocorax affinis | Chau chau | Casi endémica |
| | Icteridae | Chrysomus icterocephalus (Linnaeus, 1766) | Monjita | |
| | | Icterus nigrogularis (Hahn, 1819) | Toche | |
| | | Molothrus bonariensis (Gmelin, JF, 1789) | Chamón | |
| | Fringillidae | Euphonia laniirostris (D'Orbigny & Lafresnaye, 1837) | Fruterito | |

De los trece órdenes taxonómicos registrados, los Passeriformes presentaron la mayor riqueza con un total de 45 especies, seguidos por Pelecaniformes con cinco especies y Columbiformes con tres especies. Los demás órdenes presentan entre dos y una especie.

Según Barker et al. 2004, el orden Passeriformes comprende el 60% de todas las especies de aves a nivel mundial, siendo el orden más abundante y especializado dentro de las aves. Los paseriformes desempeñan papeles ecológicos esenciales por ser controladores de poblaciones de insectos, dispersores de semillas y polinizadores, razones por las cuales se les considera un componente importante en la dinámica y conservación de los ecosistemas naturales (Ríos et al, 2007).

A nivel de familias taxonómicas, las que presentan la mayor riqueza corresponden a Thraupidae con 15 especies y Tyrannidae con diez, mientras que las demás presentan entre tres y una especie. Estos resultados coinciden con otros estudios realizados en tierras bajas de Colombia, en los cuales las familias Tyrannidae y Thraupidae suelen ser las familias mejor representadas.

A pesar de la transformación de las coberturas vegetales de la cuenca por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, estos ambientes suelen ser ricos en recursos como frutos, insectos y flores. Además, varios autores estiman que un gran número de las especies de las aves registradas no son altamente afectadas por la fragmentación, ya que son especies generalistas que se presentan en varios tipos de hábitats, en especial los frugívoros pequeños que parecen ser tolerantes a la perturbación del ambiente.

DOCUMENTO DE AJUSTE - FASE DE PUBLICIDAD

La representatividad de especies de la familia Thraupidae al interior de la cuenca se explica por ser un grupo de amplia distribución en el neotrópico y estar bien representado en Colombia con una diversidad de especies que ocupan hábitats variados. Dentro de este grupo se encuentran especies con especializaciones alimenticias, destacándose las especies frugívoras, así como aquellas que complementan su dieta con artrópodos.

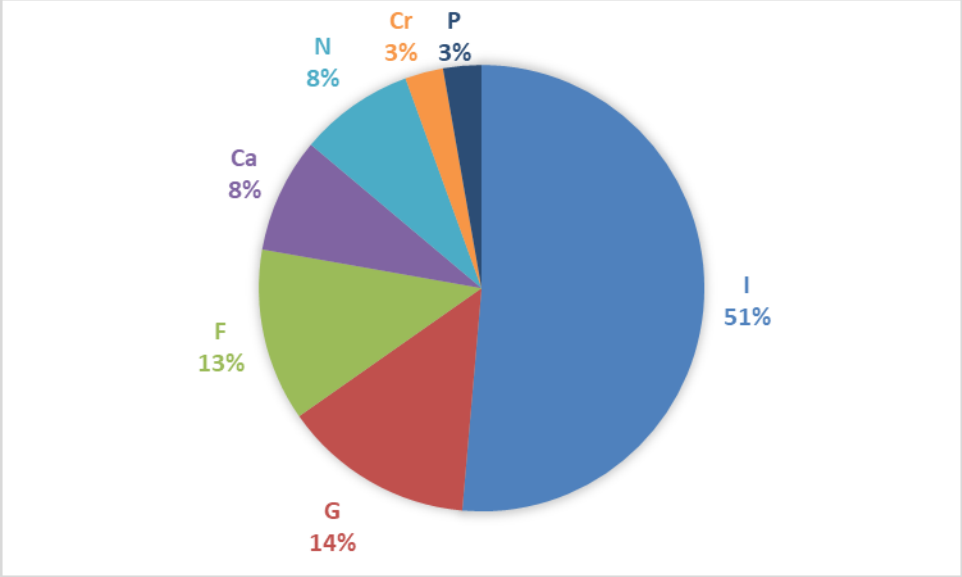
La familia Tyrannidae se distribuye ampliamente a lo largo del neotrópico, y su diversidad aumenta en tierras bajas; las especies de esta familia tienen una buena representación en Colombia y aunque prefieren bordes de bosque donde la oferta de insectos se incrementa, están adaptadas para ocupar diversos hábitats, de ahí la alta representatividad de este grupo, teniendo en cuenta el alto grado de intervención y fragmentación de los tipos de hábitat definidos en la cuenca.

Algunas de estas especies, son típicas de zonas intervenidas y pueden aprovechar este tipo de ecosistemas, como ocurre con el sirirí norteño (Tyrannus melancholicus), el bichofué (Pitangus sulphuratus) y el bichofué picudo (Megarychus pitangua).

Ahora bien, dada la importancia general de las aves como grupo dispersor de semillas y regeneradores naturales de la vegetación, se realizó un análisis la estructura trófica de la avifauna registrada, con el objetivo de diferenciar aquellas especies dispersoras, para lo cual, se tuvo en consideración la información bibliográfica existente y los datos de campo relacionados con estrategias de forrajeo y el tipo de cobertura vegetal que aprovechan (Hilty y Brow, 2001). De esta manera, se definieron siete gremios tróficos para agrupar a las especies según su preferencia alimenticia (Figura 14.1).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 14.1. Composición porcentual de gremios tróficos de aves registradas. I: insectívoro, G: Granívoro, F: Frugívoro, Ca: Carnívoro, N: Nectarívoro, Cr: Carroñero, P: Piscívoro.**




La mayor parte de las especies reportadas en la cuenca incluyen dentro de su dieta insectos e invertebrados pequeños (51%), siendo la primera la práctica alimentaria dominante. Esto se debe a que una de la familia con mayor riqueza es Tyrannidae (atrapamoscas), en la cual la mayoría de las especies son insectívoras tanto de áreas abiertas, como de interior de bosque. Adicionalmente se suman las especies insectívoras de la familia Furnariidae (horneros y trepatroncos), Troglodytidae (cucaracheros), Thamnophilidae (hormigueros), entre otras.

El segundo lugar con mayor riqueza es la de los Granívoros (14%), el cual está mayormente representado por las familias Thraupidae (Semilleros) y Columbidae (Palomas y Tortolitas). Los primeros se encuentran representados por especies que prefieren áreas de pastizales, arrozales y áreas abiertas dominadas por gramíneas, que les suministran las semillas de las que se alimentan, asimismo, en algunos casos puntuales por canarios con presencia al interior de los bosques, facilitando la dispersión de semillas de este tipo de cobertura.

Entre los restantes gremios, aunque si bien no ocupan los primeros lugares, se destacan los Frugívoros (13%) y Nectarívoros (8%). En el grupo de los Frugívoros se encuentran las especies de las familias Thraupidae y Fringilidae, todas con una gran importancia ecológica, debido a que son dispersores de semillas, favoreciendo la regeneración natural de las coberturas vegetales.

En el grupo de los Nectarívoros se resaltan las especies de la familia Trochilidae (colibríes), estas especies cumplen con la función de ser los agentes polinizadores de muchas de las

DOCUMENTO DE TRABAJO

especies vegetales de las coberturas estudiadas, y a pesar de ser de los grupos menos abundantes, son de gran importancia ecosistémica.

En términos de la relación planta-animal, las aves frugívoras y nectarívoras participan directa e indirectamente en los procesos de regeneración y mantenimiento natural de las poblaciones de plantas y epífitas del ecosistema, a través de la ornitofilia o polinización y la dispersión de semillas (Carranza-Quiceno, 2001) durante el desarrollo de actividades como la alimentación, desplazamiento y excreción.

Finalmente, respecto a las categorías de amenaza, teniendo en cuenta la Resolución 0126 de 2024 del MADS, ninguna de las especies registradas se encuentra amenazada a nivel nacional. Por su parte, de acuerdo con la Convención Internacional para el Comercio y Tráfico de Especies de Flora y Fauna silvestre amenazadas de extinción, tres de las especies registradas están incluidas en el Apéndice II de CITES, es decir, que no están necesariamente amenazadas de extinción, pero podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio, siendo estas las del orden Falconiformes (halcones) y Psittaciformes (guacamayos).

De acuerdo con la reclasificación presentada en el "Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia" (Chaparro-Herrera et al., 2013) se registró la presencia de dos especies casi-endémicas: Ramphocelus dimidiatus y Cyanocorax affinis, propias de los hábitats del caribe colombiano, así como a la guacharaca caribeña (Ortalis garrula), especie endémica de la región Caribe colombiana.

Esta ave es característica de ecosistemas secos y bosques tropicales, y aunque no se encuentra en categoría de amenaza, su distribución restringida la convierte en un indicador importante para la conservación de los hábitats regionales. Las poblaciones observadas en la cuenca son abundantes, principalmente en la parte alta de la cuenca del Arroyo Grande y en inmediaciones del pueblo de Cuatro Bocas.

Finalmente, se destaca la observación de múltiples pobladores a lo largo de toda la cuenca con aves engualadas, muchas de ellas correspondientes a especies propias de la región Caribe. Esta práctica, ampliamente extendida y tradicional entre los habitantes locales, genera presiones significativas sobre las poblaciones de avifauna, afectando su abundancia y dinámica natural.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Fotografía 37 Registro de chulos en mosaicos de pastos y espacios naturales.

Fotografía 38 Registro pigua en vegetación secundaria baja.

Fotografía 39 Registro de garza en Arroyo Grande.

Fotografía 40 Registro de coquito en Arroyo Granada.

Fotografía 41 Guacharaca caribeña en vegetación secundaria baja (especie endémica)

Fotografía 42 Cardenal guajiro, toche y azulejo (mascotas en Galapa).

DOCUMENTO DE AUTORIDAD

### 14.2.5. Mamíferos

Se reportan un total de diez especies de mamíferos, agrupados en nueve familias y cinco órdenes taxonómicos, de los cuales los Carnivora presenta la mayor riqueza con cuatro especies, seguido por Rodentia y Artiodactyla con dos especies, mientras que los demás órdenes presentan una sola especie (Tabla 14.4).

Durante la fase diagnóstica, se aplicaron encuestas estructuradas a las comunidades locales con el fin de complementar el inventario biológico a través del conocimiento tradicional. En este proceso, el grupo de los mamíferos resultó ser el más fácilmente reconocido por los pobladores, quienes mencionaron varias especies de forma reiterada, lo que permitió validar su presencia en la región.

No obstante, fue evidente la percepción generalizada de una reducción significativa de la fauna silvestre. Las personas mayores narran una mayor abundancia y frecuencia de encuentros con estos animales en el pasado, mientras que los jóvenes presentan un conocimiento limitado de la fauna local, lo que sugiere una pérdida paulatina del vínculo ecológico y cultural con el entorno natural.

**Tabla 14.4. Mamíferos observados en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.**

| Taxonomía | | | Nombre Común | Gremio trófico | Tipo de registro | UICN | Res 1912 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Orden** | **Familia** | **Especie** | | | | | |
| Didelphimorphia | Didelphidae | Didelphis marsupialis | Chucha | Omn | Enc | | |
| Carnivora | Canidae | Cerdocyon thous | Zorro colorado | Omn | Ras | | |
| | Felidae | Leopardus pardalis | Tigrillo | Car | Enc | | |
| | Mephitidae | Conepatus semistriatus | Mapurito | Car | Obs | | |
| | Procyonidae | Procyon cancrivorus | Zorro cangrejero | Pisc | Ras | | |
| Rodentia | Sciuridae | Sciurus granatensis | Ardilla | Fru | Obs | | |
| | Cuniculidae | Cuniculus paca | Borugo | Fru | Obs | | |
| Artiodactyla | Cervidae | Odocoileus cariacou | Venado de cola blanca | Her | Enc | | |
| | | Mazama americana | Venado colorado | Her | Ras | | |
| Lagomorpha | Leporidae | Sylvilagus brasiliensis | Conejo | Gra | Ras | | |

Gremio trófico Omn: Omnívoro, Ins: Insectívoro, Car: Carnívoros, Pisc: Piscívoro, Fru: Frugívoro, Gra: Granívoro.

La riqueza de los órdenes descrita no es consecuente con la distribución de la diversidad nacional de la mastofauna, puesto que en Colombia Chiroptera y Rodentia agrupan el 65% de las especies del país, seguidos por Didelphimorphia, Carnivora y Primates con riquezas intermedias y por último se presentan ordenes como Cingulata, Pilosa, Artiodactyla y Lagomorpha presentado bajas riquezas en el país (Solaris et al., 2013).

La ausencia de especies de murciélagos en el presente inventario se debe, principalmente, a la no aplicación de técnicas específicas como la captura con redes de niebla, que son

DOCUMENTO NO EN FASE DE PUBLICIDAD

indispensables para la detección de mamíferos voladores. De igual forma, la falta de implementación de trampas tipo Sherman o similares limitó la detección de roedores pequeños, lo cual restringe el alcance del inventario y subrepresenta la riqueza real de la zona.

Las especies registradas se caracterizan por tener una amplia distribución geográfica, poblaciones relativamente estables y una notable capacidad de adaptación a ambientes antropizados.

Este conjunto de características ecológicas ha facilitado su persistencia en ecosistemas altamente transformados como los presentes en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León.

No obstante, se identificaron prácticas de cacería en la zona, principalmente dirigidas hacia especies como el venado (Odocoileus virginianus y Mazama americana), la boruga (Cuniculus paca) y el conejo (Sylvilagus brasiliensis), las cuales son aprovechadas por los pobladores para el consumo de su carne. Esta presión, aunque posiblemente de baja escala, podría representar una amenaza para las poblaciones locales en el mediano y largo plazo, especialmente en ausencia de medidas de manejo o monitoreo.

Fotografía 43 Registro de huella de zorro cangrejero en jaguey del sector de Tubará.

Fotografía 44 Registro de ardilla en vegetación secundaria baja.

DOCUMENTO - FASE DE PUBLICIDAD

Fotografía 45 Registro de cuernos de venado colorado. Guardado como trofeo de cacería en el corregimiento de Juan Mina.

Fotografía 46 Registro de heces de conejo en arbustal denso.

### 14.2.6. Peces

A diferencia de los grupos de fauna terrestre, la ictiofauna presentó limitaciones significativas para su caracterización directa durante los recorridos de campo realizados en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y en los arroyos Grande y León.

No se lograron observaciones visuales directas de especies ícticas en los cuerpos de agua visitados, ni se evidenciaron actividades de pesca artesanal en los tramos observados. Esto puede estar asociado a la dinámica hidrosedimentológica de la zona, la estacionalidad de las lluvias y la alta intervención antrópica, que ha reducido la conectividad entre los cuerpos de agua dulce y salobre, afectando así la disponibilidad de hábitats funcionales para los peces.

Las entrevistas comunitarias señalaron que la actividad pesquera en la cuenca tiene baja representatividad como práctica económica, siendo superada ampliamente por actividades como el trabajo informal urbano, comercio menor y oficios asociados a la cercanía con el área metropolitana de Barranquilla.

No obstante, se mencionó que, en décadas anteriores, la pesca era una práctica más común, particularmente en la zona de la Ciénaga de Mallorquín, cuando sus condiciones ecológicas favorecían una mayor diversidad y abundancia de especies.

Estudios previos, como los realizados por González et al. (2014) y INVEMAR (2018), han documentado la presencia histórica de al menos 20 especies de peces en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín, muchas de ellas de hábitos eurihalinos, capaces de tolerar cambios

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE SUFICIENCIA

en la salinidad, dada la conexión estacional con el mar Caribe a través del canal del Dique y la desembocadura del río Magdalena.

Entre las especies más representativas en registros previos se encuentran: Caquetaia kraussii (mojarra amarilla), Hoplias malabaricus (moncholo), Ctenolucius beani (picuda), Andinoacara latifrons (mojarra rayada), Cynopotamus magdalenae (chango), y Astyanax spp. (sardina), así como ejemplares marinos o estuarinos como Mugil spp. (lisas) y Centropomus spp. (róbalos), que ingresan ocasionalmente durante fases de mayor apertura del canal.

Sin embargo, diversos trabajos han evidenciado una disminución drástica en la riqueza y abundancia íctica en los últimos 30 años, atribuida a procesos de colmatación, eutrofización, vertimientos de aguas residuales, pérdida de cobertura vegetal ribereña y la alteración de las dinámicas hidrológicas (INVEMAR, 2010; Alcaldía de Barranquilla, 2022). Esta situación ha impactado negativamente tanto las comunidades de peces como los medios de vida asociados a su aprovechamiento tradicional.

A pesar de no haberse confirmado la presencia de estas especies durante el presente estudio de campo, se considera altamente probable la persistencia de algunas poblaciones residuales en sectores menos impactados o durante temporadas específicas.

La recuperación de la conectividad hidrológica y la implementación de programas de monitoreo participativo podrían contribuir significativamente a la restauración de la ictiofauna local y la reactivación del conocimiento ecológico tradicional asociado a la pesca artesanal en la región.

### 14.2.7. Conclusiones caracterización fauna en cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León

La fauna presente en la cuenca de estudio está caracterizada principalmente por especies cosmopolitas y de hábitos generalistas, lo que refleja una gran adaptabilidad a los ecosistemas transformados por las actividades humanas en la región.

Estas especies, comúnmente asociadas a agroecosistemas como cultivos y pastizales, se encuentran distribuidas ampliamente en la cuenca, demostrando su capacidad para adaptarse a los cambios derivados de la expansión de actividades agropecuarias y urbanización.

El uso intensivo del suelo en el Departamento del Atlántico ha transformado sustancialmente los hábitats naturales. En particular, la conversión de áreas boscosas naturales en tierras de cultivo y pastizales ha limitado los espacios disponibles para especies que requieren hábitats más específicos, como los bosques y zonas riparias.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

Este cambio en el uso del suelo ha promovido la presencia predominante de especies que se benefician de los agroecosistemas, utilizando los cultivos y pastizales tanto para alimentarse como para refugiarse y reproducirse.

Consecuencia de lo anterior, se aprecia en el hecho de reportar para la fauna tan solo dos especies endémicas y ninguna en alguna categoría de amenaza, evidenciando así una cuenca donde las especies raras de la fauna posiblemente han migrado hacia sectores aledaños.

Aunque las áreas naturales en la cuenca han disminuido significativamente, los remanentes de bosques que se mezclan con los pastizales y cultivos siguen siendo fundamentales para el equilibrio ecológico de la región. Estos bosques desempeñan un papel esencial en la provisión de servicios ecosistémicos cruciales, como la regulación hídrica, la provisión de hábitats para especies sensibles y el mantenimiento de la biodiversidad regional. A pesar de su reducido tamaño, estos ecosistemas naturales deben ser objeto de conservación y restauración para salvaguardar los servicios ecológicos que aún ofrecen.

Además, los arbustales xerofíticos, típicos de la región, juegan un papel importante como corredores biológicos que permiten el desplazamiento de la fauna entre las áreas agrícolas. La restauración y conservación de estos ecosistemas no solo contribuirá a la conservación de la fauna, sino que también mejorará la calidad paisajística y la resiliencia del territorio frente a la transformación del uso del suelo.

En conclusión, es esencial implementar estrategias de conservación y restauración ecológica en la cuenca, que incluyan la protección de los remanentes de bosques naturales, la creación de corredores biológicos y el diseño de infraestructuras viales que permitan el paso seguro de la fauna.

Se considera que solo a través de un enfoque integral y multisectorial se podrá garantizar la protección de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades humanas y la fauna de la cuenca.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

# 15. ÁREAS Y ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS

## *15.1. Introducción*

Los ecosistemas estratégicos son espacios naturales fundamentales, cuya protección integral asegura la provisión sostenible y a largo plazo de los recursos naturales vitales. Estos recursos incluyen la regulación del clima y la humedad, el suministro de agua para consumo humano, la generación de energía, y la disponibilidad de suelos adecuados para el desarrollo de actividades agropecuarias. Asimismo, cumplen una función crucial en el mantenimiento de sistemas naturales de prevención de desastres y control de plagas (Márquez, 2003).

La normatividad nacional ha establecido el Sistema Nacional de Área Protegidas con diversas figuras de manejo destinadas prioritariamente a alcanzar objetivos específicos de preservación y protección de la biodiversidad y los recursos naturales. Además de las designaciones nacionales, se ha integrado y reconocido la importancia de múltiples distinciones internacionales tales como sitios Ramsar, Reservas de Biósfera, AICAS, entre otras, y han sido tomadas como estrategias complementarias para la conservación de la biodiversidad (Decreto 2372, 2010).

Desde la perspectiva de los ecosistemas estratégicos se reconoce que, aunque todos los ecosistemas son importantes, es posible establecer de manera clara y definida que algunos que son clave para el funcionamiento de la sociedad. Dada esta relevancia crítica, el marco normativo nacional les otorga protección especial, por lo que las autoridades ambientales están en la obligación de llevar a cabo acciones tendientes a su conservación

En concordancia con los lineamientos técnicos establecidos en la Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (MADS, 2014), el proceso de caracterización de los componentes que conforman el POMCA de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, comprenden el estudio de múltiples temáticas y la obtención de los respectivos productos que sinteticen el estado o situación actual de la cuenca. Dentro de este proceso cobra especial importancia para la caracterización del subsistema biótico, la identificación de las áreas designadas y reguladas para la protección de los recursos naturales y culturales, y la identificación de los ecosistemas estratégicos que garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo sostenible de la cuenca.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

En este contexto, la caracterización de los ecosistemas estratégicos presentes en la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León es esencial para el diseño e implementación del Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA). La identificación y delimitación de estos ecosistemas, se realiza de acuerdo al esquema conceptual de las Áreas y Ecosistemas Estratégicos (Figura 15.1), el cual permite una gestión más eficiente y efectiva de los recursos naturales renovables en la región y el fortalecimiento del enfoque de desarrollo sostenible en la zona.

**Figura 15.1. Esquema conceptual de las Áreas y Ecosistemas Estratégicos a nivel de cuenca.**

Fuente: MADS, 2015.

Como parte del proceso, se realizó una identificación de las áreas y ecosistemas estratégicos identificados dentro de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, teniendo en cuenta la siguiente estructura:

1) Las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) definidas en el artículo 2.2.2.1.2.1 del Decreto 1076 de 2015.

2) Las áreas complementarias para conservación existentes a nivel nacional, regional y local.
3) Las áreas de importancia ambiental definidas para la conservación o protección ambiental identificadas en diferentes estudios de ecosistemas estratégicos (Zonas Secas, Humedales, Páramos, cuencas abastecedoras, zonas de recarga de acuíferos, zonas de protección de nacimientos y corrientes naturales, etc.) y estudios de prioridades de conservación que han sido desarrollados a nivel nacional, regional y local.
4) Las áreas con reglamentación especial referidas a territorios étnicos, áreas de patrimonio cultural e interés arqueológico.

## *15.2. Metodología*

### 15.2.1. Compilación y evaluación de información geográfica de áreas y ecosistémicas estratégicos

Partiendo del marco descrito, se procedió con el análisis de información geográfica para identificar las áreas de importancia ecológica en la cuenca. Este proceso consideró la relación de las siguientes áreas con criterios a nivel nacional, regional y local:

- Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC.
- Registro Único de áreas protegidas RUNAP[3]
- Registro de Ecosistemas y Áreas Ambientales – REAA.
- Plan de Ordenamiento Territorial de: Barranquilla, Puerto Colombia, Tubará, Galapa y Tubará.
- Mapa de Coberturas de la Tierra (Consorcio Mallorquín, 2024).
- Mapa uso del suelo (Consorcio Mallorquín, 2024).

### 15.2.2. Procesamiento de información

En esta fase se realizan actividades de procesamiento y análisis de datos estableciendo la definición de parámetros, la extensión espacial del análisis, el origen y proyección cartográfica. Finalmente se implementan las actividades de procesamiento espacial para la identificación de áreas y ecosistemas estratégicos a partir de la información generada por el equipo consultor.

### 15.2.3. Definición de áreas y ecosistémicas estratégicos

A partir del procesamiento y análisis de la información se configuro la definición de las áreas y ecosistemas estratégicos dentro de la cuenca teniendo en cuenta los lineamientos técnicos del MADS (2014).

[3] https://runap.parquesnacionales.gov.co/

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

### 15.2.4. Mapa consolidado de áreas y ecosistemas estratégicos

El mapa consolidado de áreas y ecosistemas estratégicos se generó superponiendo las capas cartográficas de cada categoría. Adicionalmente, se presenta el cálculo del área y el porcentaje que cada una ocupa de forma individual dentro de la cuenca.

La identificación y descripción de los ecosistemas estratégicos de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y arroyos Grande y León es un paso crucial para asegurar su gestión sostenible. Estas áreas, detalladas a continuación, son vitales para la conservación de la biodiversidad y la prestación de bienes y servicios ecosistémicos, por lo que su inclusión en los instrumentos de planificación es prioritaria.

## *15.3. Áreas Protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP*

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas corresponde al conjunto de las áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, que contribuyen como un todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país. (Art. 3 Decreto 2372, 2010). Para la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León, no se encuentran áreas relacionadas con áreas SINAP.

## *15.4. Áreas Complementarias para la Conservación*

Dentro de las áreas complementarias para la conservación se incluyen otras con distinción nacional y/o internacional.

### 15.4.1. Áreas protegidas de orden internacional

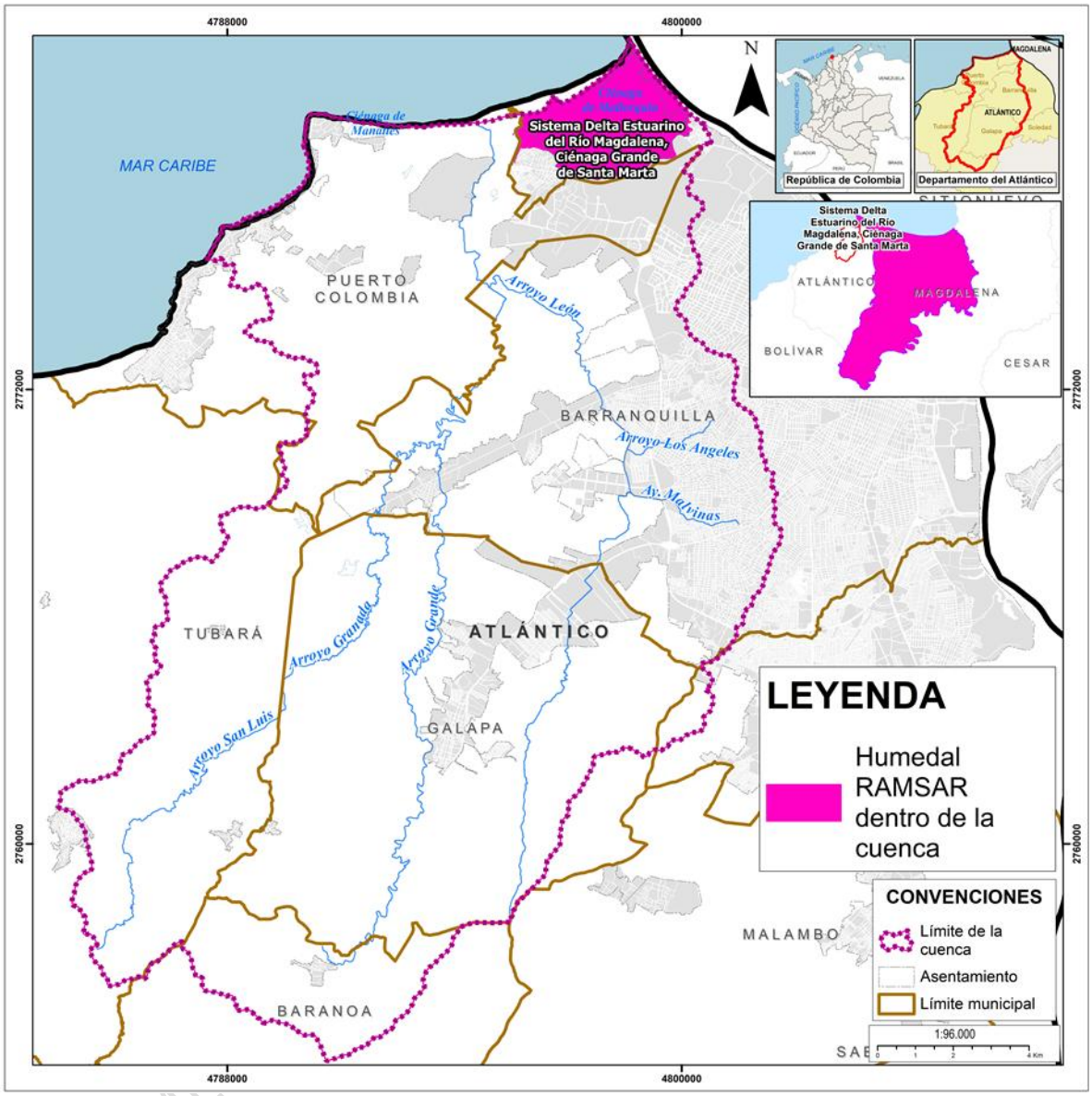
#### 15.4.1.1. *Sitio RAMSAR sistema delta estuarino del río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta*

El Sistema Delta Estuarino del río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta -SDERM CGSM fue designado sitio Ramsar e incluido en la lista de humedales de importancia internacional, mediante el Decreto 224 de 1998 y sus límites fueron modificados por el Decreto 3888 de 2009, debido a su riqueza biológica y con el fin de impulsar la integración armónica de las poblaciones humanas con la naturaleza[4].

**Figura 15.2. Sitio RAMSAR Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta.**

[4] https://alfresco.invemar.org.co/share/s/VQiMnfcmQUKMuI1rx2_r_Q

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN




Es el mayor complejo lagunar del país con un área total de 521.615 hectáreas, una superficie estimada de 1.280 Km de cuerpos de agua y el área más extensa de manglar del Caribe Colombiano con 876 km. Dentro de la cuenca abarca 901,74 hectáreas comprendiendo ecosistemas naturales como el cuerpo de agua de la ciénaga de Mallorquín y la cobertura de manglar que lo rodea, además de las poblaciones urbanas de La Playa y Las Flores.

El humedal de la Ciénaga de Mallorquín es un ecosistema de origen natural que, de acuerdo al Sistema de clasificación de Tipos de humedales de RAMSAR, es un humedal de tipo marinos y costeros dentro de la categoría "J": Lagunas costeras salobres/saladas; lagunas de

agua entre salobre y salada con por lo menos una relativamente angosta conexión al mar; este posee un espejo de agua definido, sin embargo, cabe señalar que es un ecosistema vulnerable por cuenta de la acción antrópica que se desarrolla sobre los bordes de la ciénaga y en las subcuencas que a ella drenan. Esta acción antrópica está representada por la contaminación de los cuerpos de agua por diferentes fuentes, entre las que se mencionan vertimientos de tipo industrial, doméstico y lixiviados.

Con el objetivo de fortalecer la conservación y el uso sostenible de este ecosistema, se reunió el Comité Técnico de la Comisión Conjunta para la adopción y gestión del Plan de Manejo Ambiental del sitio Ramsar Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta fundamentado en los siguientes pilares de gestión:

*Objetivos de Conservación*: El PMA busca mantener las características ecológicas del humedal mediante la restauración de la dinámica hidrológica, mitigando la sedimentación y el desequilibrio salino provocado por intervenciones antrópicas.

*Zonificación de Manejo*: Se establecen áreas de Preservación, para proteger los núcleos de biodiversidad; Restauración, enfocadas en la recuperación de áreas degradadas de manglar; y Uso Sostenible, donde se permiten actividades socioeconómicas (como la pesca artesanal y el ecoturismo) bajo parámetros de bajo impacto ambiental.

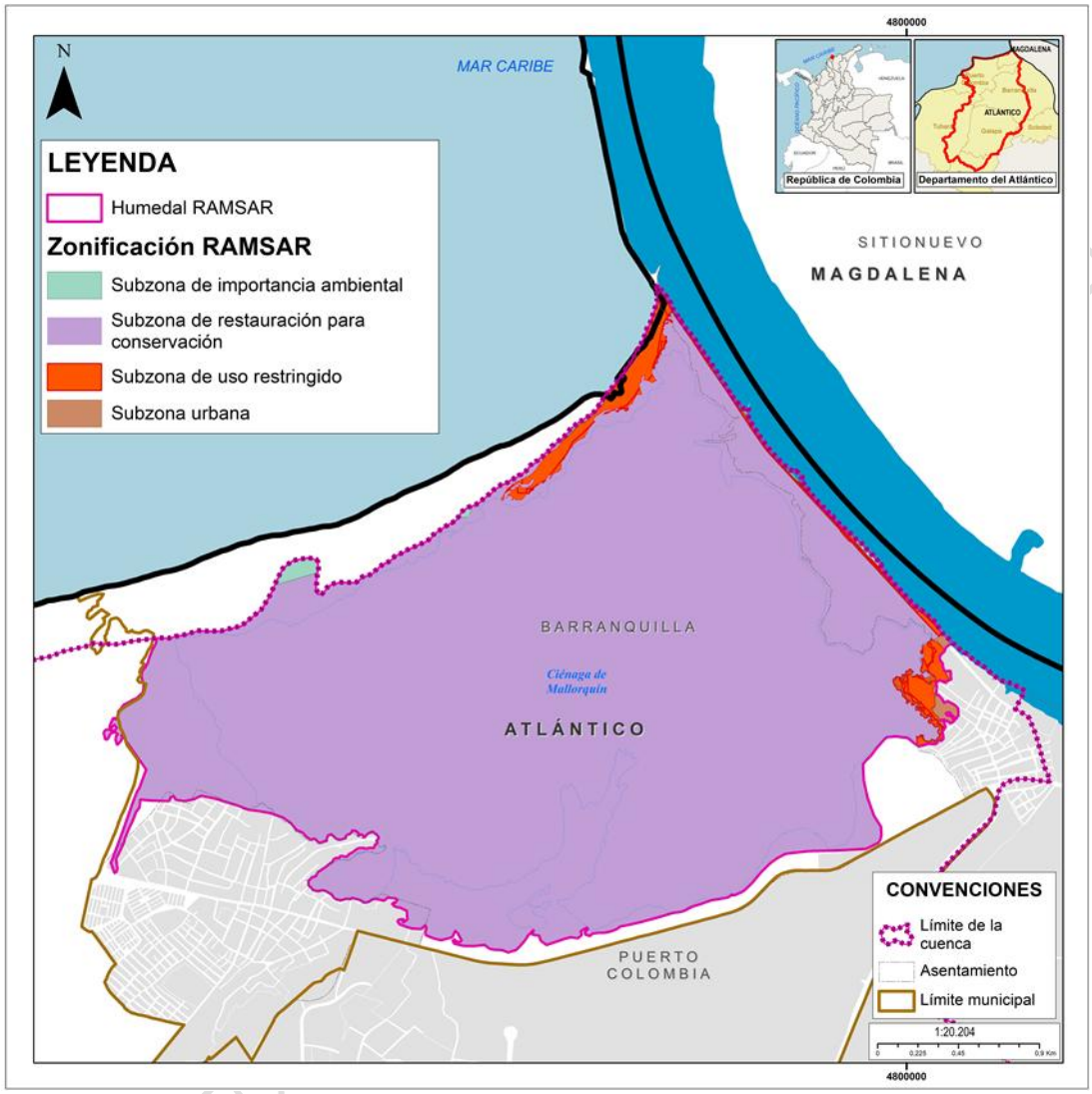
*Gobernanza y Participación*: El plan integra un modelo de gestión interinstitucional coordinado por las autoridades ambientales competentes (CRA, CORPAMAG) y el MADS, involucrando activamente a las comunidades locales para asegurar la protección del patrimonio natural y cultural.

*Monitoreo y Control*: Incluye protocolos estrictos para el seguimiento de la calidad del agua, la cobertura boscosa de manglar y el estado de las poblaciones hidrobiológicas, con el fin de contrarrestar amenazas como los vertimientos industriales y la expansión urbana ilegal.

Este complemento refuerza la visión del POMCA al tratar el sitio RAMSAR no solo como una delimitación geográfica, sino como un determinante ambiental de superior jerarquía que debe guiar el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo en la cuenca.

**Figura 15.3. Zonificación Ambiental PMA Sitio RAMSAR.**

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD


4800000
N
MAR CARIBE
LEYENDA
Humedal RAMSAR
Zonificación RAMSAR
Subzona de importancia ambiental
Subzona de restauración para conservación
Subzona de uso restringido
Subzona urbana
República de Colombia
Departamento del Atlántico
MAGDALENA
ATLÁNTICO
SITIONUEVO
MAGDALENA
BARRANQUILLA
Ciénaga de Mallorquín
ATLÁNTICO
PUERTO COLOMBIA
CONVENCIONES
Límite de la cuenca
Asentamiento
Límite municipal
1:20.204
0 0,225 0,45 0,9 Km
4800000

DOCUMENTO

### 15.4.2. Áreas protegidas de orden nacional

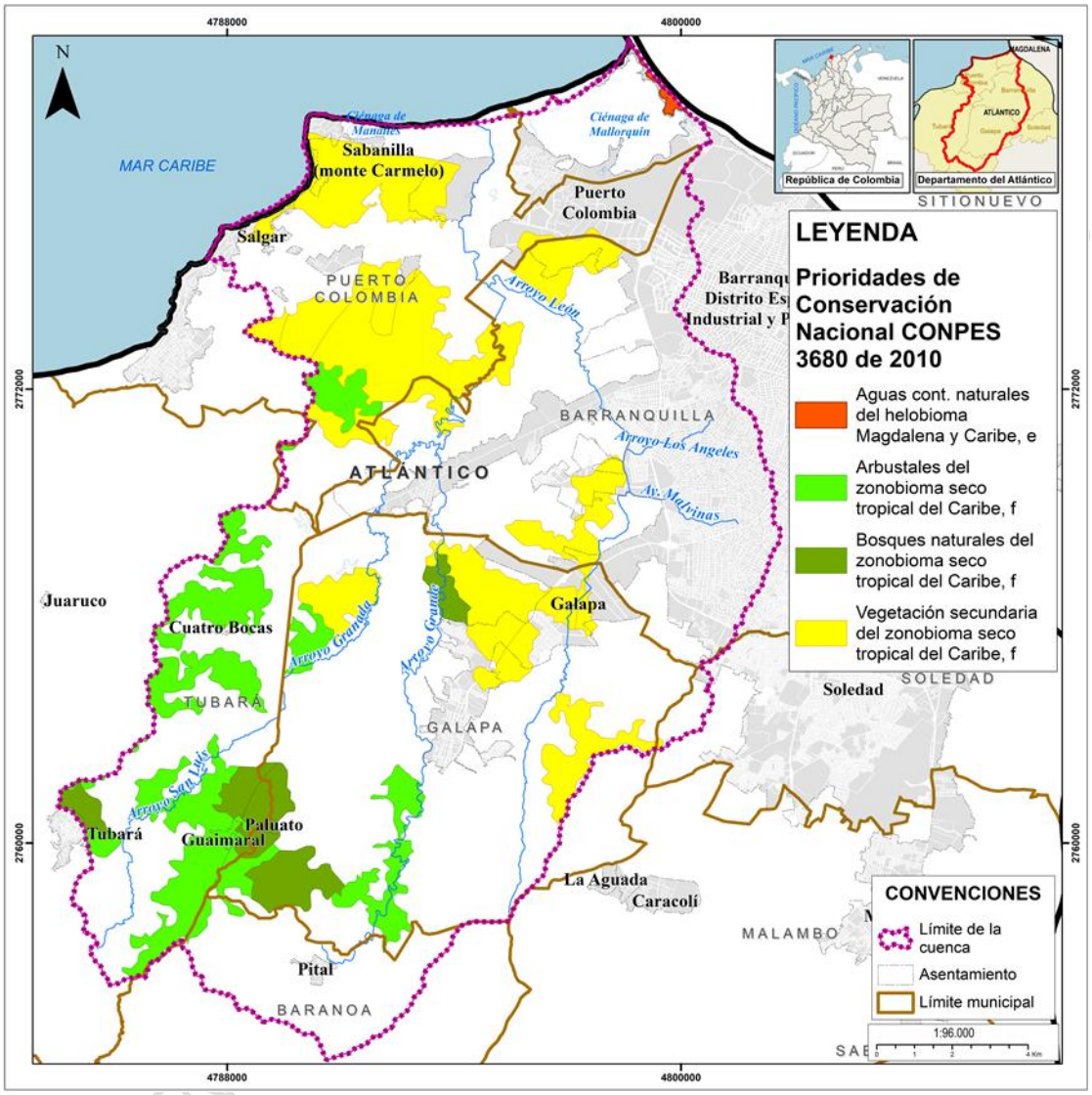
#### 15.4.2.1. *Prioridades de conservación Nacional CONPES 3680 de 2010*

Con la expedición del documento CONPES 3680 en 2010 se identificó que, para garantizar la consolidación de un sistema nacional de áreas protegidas representativo ecológicamente, era necesario emplear y mantener un proceso de identificación de vacíos de conservación y definir prioridades para la creación de nuevas áreas protegidas, como resultado, el país cuenta con un portafolio de prioridades de conservación para el sistema, que ha permitido identificar sitios estratégicos para lograr avanzar en un Sistema Nacional de Áreas Protegidas, donde se logren representar cada vez mejor los ecosistemas que caracterizan el país y que conforman el patrimonio natural nacional. Dicho portafolio de país ha sido construido con información en la escala nacional 1:500.000.

Para el caso de la cuenca de la Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se ha identificado la presencia de 7.309,04 ha de tales áreas priorizadas, las cuales representan aproximadamente un 24,75% del área total de la cuenca, tal y como se puede apreciar en la Figura 15.4.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 15.4. Prioridades de Conservación Nacional CONPES 3680 de 2010.**




## 15.4.3. Áreas protegidas de orden nacional declaradas por municipios

### 15.4.3.1. *Determinantes ambientales del POMCA Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos grande y León 2017*

Es importante precisar que la zonificación ambiental generada en los POMCAS se integra a los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) como una determinante ambiental de superior jerarquía, lo que significa que los municipios deben acogerla de manera obligatoria en la planificación de sus suelos. Este proceso se fundamenta en la Ley 388 de 1997, que establece la función social y ecológica de la propiedad, y se reglamenta a través de normativas como el Decreto 1077 de 2015. La inclusión de la zonificación ambiental no es

una opción, sino una obligación que garantiza que la planificación del desarrollo socioeconómico se supedite a la conservación y protección del patrimonio natural del país.

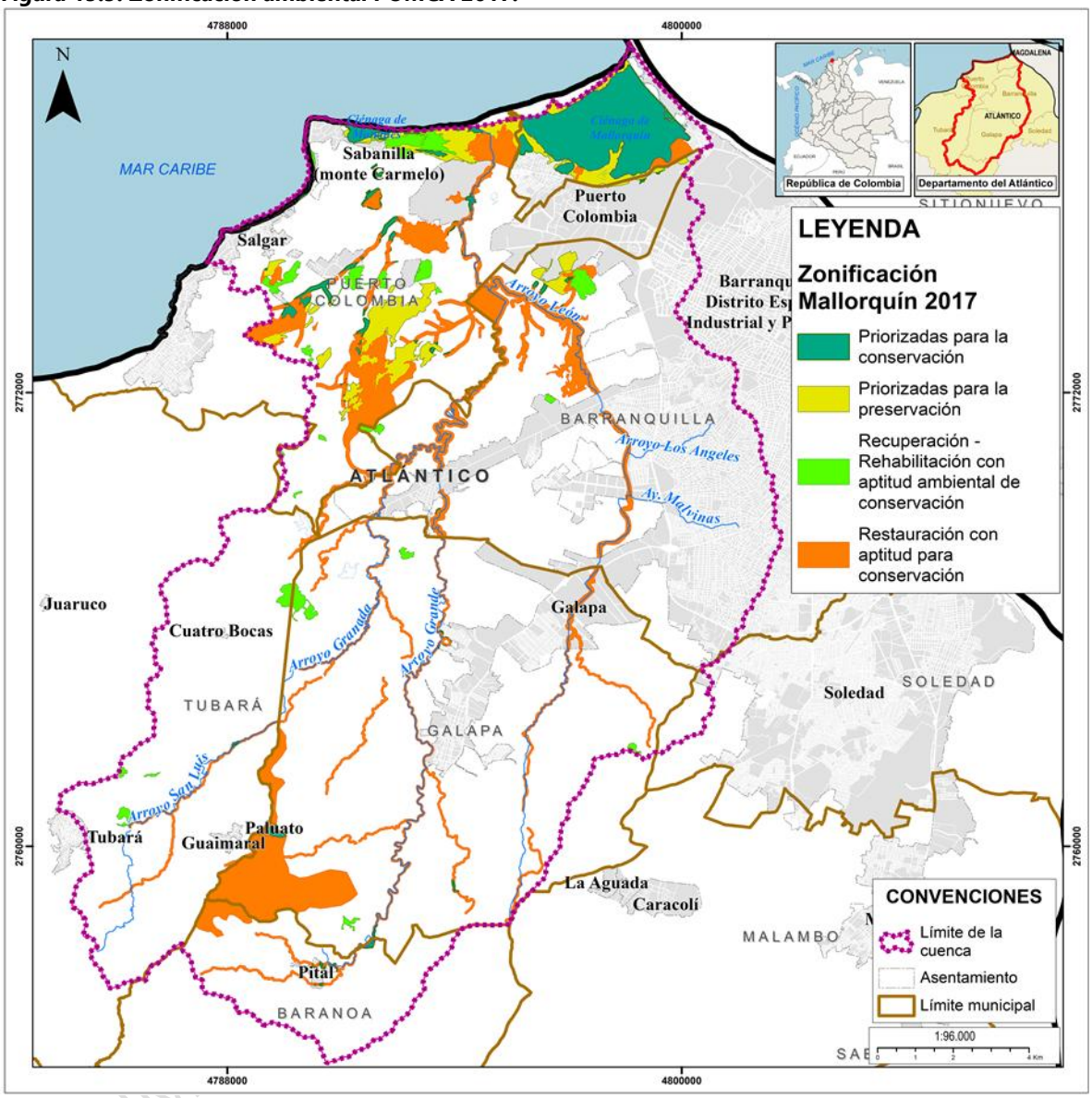
La zonificación ambiental del POMCA se fundamenta en estudios técnicos y metodologías que evalúan la estructura ecológica principal, las áreas de especial importancia estratégica, las zonas de riesgo y la oferta de servicios ecosistémicos, definiendo las categorías de uso y manejo del suelo. Dicha zonificación debe ser integrada en la normativa urbanística y rural del municipio. De esta manera, la zonificación ambiental se convierte en el instrumento técnico y normativo que define desde áreas de protección y conservación estricta, hasta zonas de uso sostenible, restringido o condicionado, orientando así las decisiones sobre la localización de actividades productivas, de vivienda y de infraestructura, en armonía con la aptitud y la capacidad del territorio para sostenerlas.

En relación al contexto anterior se realizó el análisis de los EOTs para los municipios de Baranoa, Galapa, Puerto Colombia, Soledad, Tubará y el Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla dando por sentado que las vigencias se encuentran desactualizadas y se basan en las determinantes ambientales de antiguo POMCA firmado en 2007. A fin de trabajar con la información más actualizada se tomaron en cuentas las determinantes de la actualización del POMCA a 2017 para los municipios dentro de la cuenca.

Considerando que los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) de los municipios de Baranoa, Galapa, Puerto Colombia, Soledad, Tubará y el Distrito de Barranquilla están desactualizados y fundamentan sus determinantes ambientales en el POMCA de 2007, el presente análisis adoptó la información normativa más reciente. En consecuencia, se tomaron como base las determinantes ambientales establecidas en la actualización de dicho POMCA, correspondiente al año 2017, como eje central de las áreas protegidas para los municipios que integran la cuenca.

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 15.5. Zonificación ambiental POMCA 2017.**




## 15.4.4. Suelos de protección que hacen parte de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT) debidamente adoptados.

La zonificación ambiental en el marco del POMCA integra las disposiciones de ordenamiento territorial, con el fin de garantizar la protección, conservación, y usos sostenibles de los recursos naturales. Por consiguiente, las áreas clasificadas como suelos de protección, definidas por la Ley 388 de 1997 en su artículo 37 y el Decreto 3600 de 2007, en concordancia con la Resolución 1023 de 2005 del MAVDT; constituyen espacios del territorio cuya destinación principal es la conservación del paisaje y la mitigación de riesgos. Estas áreas al

formar parte de los POT municipales y distritales, se integra al instrumento de ordenación de la cuenca como determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento.

En concordancia con lo expuesto anteriormente, se analizaron los planes y esquemas de ordenamiento territorial de los municipios de Baranoa, Galapa, Puerto Colombia, Soledad, Tubará y el Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla. Estos planes de ordenación territorial presentan una vigencia desactualizada y se basan en las determinantes ambientales de antiguo POMCA firmado en 2007; por lo cual se tomaron en cuenta las determinantes de la actualización del POMCA a 2017, para trabajar con la información más actualizada.

Se tomo como referencia el acuerdo No. 024 de 2016 Por el cual se adopta el PBOT del municipio de Galapa en donde se reconoce como áreas para la conservación y preservación del sistema orográfico o de los cerros ubicados dentro de su territorio tales como el Cerro de la Cacaramoa que bordea el Corregimiento de Paluato, en las zonas donde confluyen los límites entre Galapa, Baranoa y Tubará, conformado por colinas y montañas con cotas superiores a los 70 metros sobre el nivel del mar y con pendientes superiores a los 15%.

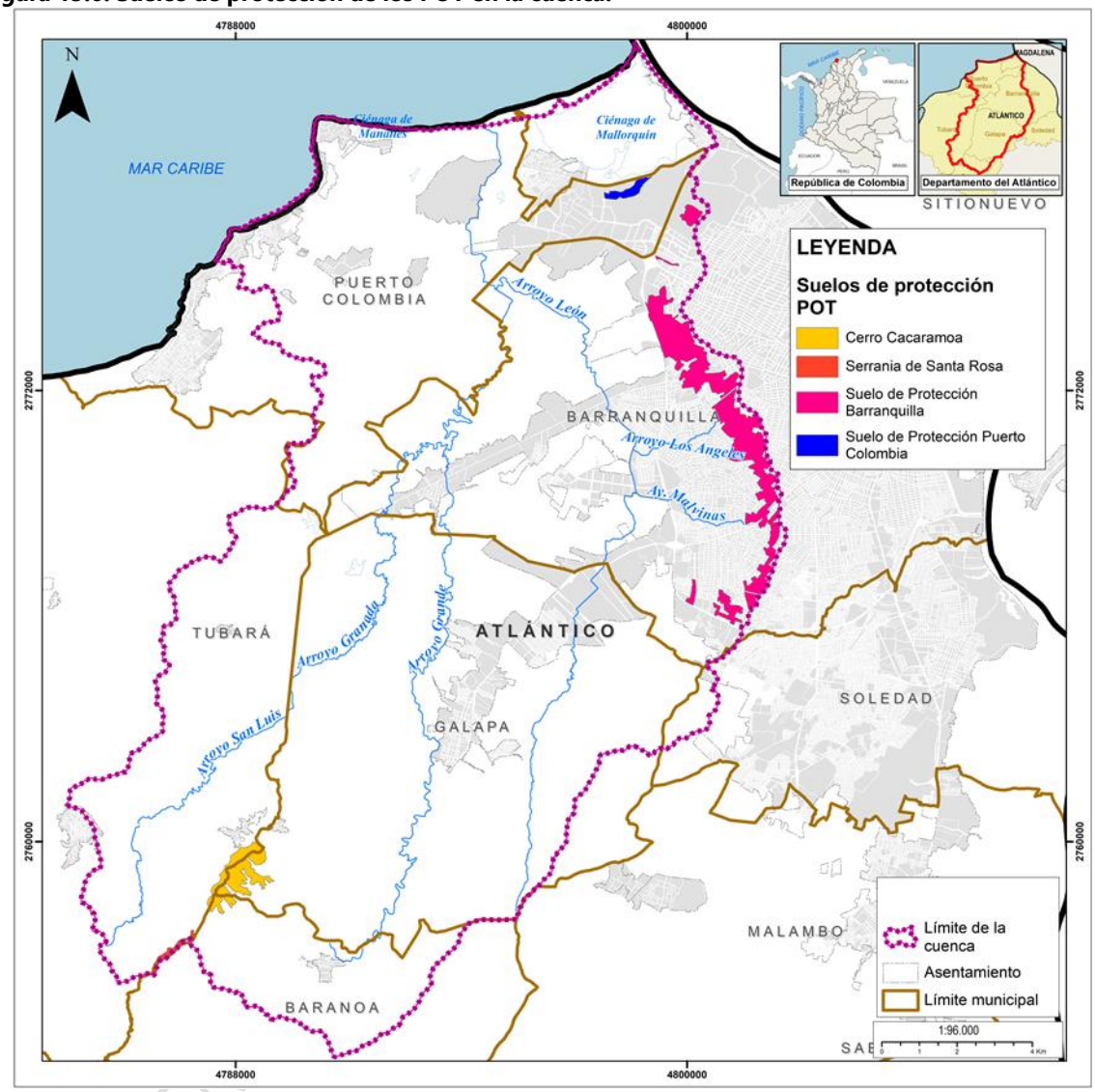
De forma paralela se identificó en el acuerdo 028 del 2008 PBOT del municipio de Baranoa como suelos de protección las zonas que, por sus características geográficos, paisajísticas o ambientales las áreas para la preservación y conservación del sistema orográfico dentro la cuenca el área de cerros y bosques de protección de la Serranía de Santa Rosa.

Para el área del municipio de Barranquilla se tomó el Decreto no. 0212 de 2014: Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial Del Distrito Especial, Industrial Y Portuario De Barranquilla 2012-2032 identificando los suelos de protección referentes a las zonas de amenazas amenaza alta y muy alta por remosión en Masa

En la cuenca hidrográfica de Mallorquín y los arroyos Grandes y León, el suelo de protección que hacen parte de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT) abarca un área de 741,3 ha, correspondientes al 2,51% del área total (Ver Figura 15.6).

DOCUMENTO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 15.6. Suelos de protección de los POT en la cuenca.**




## *15.5. Áreas de Importancia Ambiental*

### 15.5.1. Humedales

Los humedales representan ecosistemas reguladores del sistema hidrológico, las condiciones climáticas y el mantenimiento de la biodiversidad, caracterizados por ser zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y los acuáticos de baja profundidad, cuentan con porciones húmedas. Son de gran importancia dado que ofrecen servicios ecológicos como provisión de agua dulce y alimentos, recarga de aguas subterráneas, hábitat de flora y fauna y los convierte en una barrera natural de protección para las comunidades aledañas frente a los efectos del cambio climático.

A partir de la definición de humedal adoptada por Colombia en el marco de la Convención Ramsar, se entiende a los humedales como "ecosistemas que, debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas, presentan acumulación de agua (temporal o permanentemente), dando lugar a un tipo característico de suelo y a organismos adaptados a estas condiciones, estableciendo así dinámicas acopladas e interactuantes con flujos económicos y socioculturales que operan alrededor y a distintas escalas" (Cortés, 2016), son sistemas sociológicos, de gran importancia para la regulación de los ciclos hídricos y conservación de la biodiversidad. El área del humedal incluye no solamente el área con espejo de agua sino también las partes que se secan periódicamente e incluso las que nunca se inundan, pero presentan características de alta humedad y procesos relacionados en el suelo.

Con un sólido marco normativo, Colombia se esfuerza por la protección de sus humedales, ecosistemas estratégicos para la regulación hídrica, la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático; de igual forma se fortalece con compromisos internacionales y leyes específicas, buscando garantizar la conservación y el uso sostenible de estas áreas vitales. Una de las bases de protección se materializó de forma significativa con la ratificación de la Convención de Ramsar mediante la Ley 357 de 1997, un tratado internacional que compromete al país a mantener las características ecológicas de sus humedales de importancia internacional y a planificar el uso racional de todos los humedales en su territorio. Además, por medio de la Ley 165 de 1994, Colombia participa en el Convenio de Diversidad Biológica, en el cual se asume un compromiso global para la conservación de la biodiversidad, su uso sostenible y equitativo.

A nivel nacional, la Ley 99 de 1993, en su artículo 5 numeral 24, establece la responsabilidad del Ministerio del Medio Ambiente en relación con los humedales, y establece que: "le corresponde regular las condiciones de conservación y manejo de ciénagas, pantanos, lagos, lagunas y demás ecosistemas hídricos continentales ".

Este marco general se complementa con una serie de decretos y resoluciones que regulan aspectos específicos. El Decreto 1076 de 2015, o Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, compila gran parte de la normativa ambiental y dedica secciones a la gestión de los humedales. A su vez, resoluciones como la 157 de 2004 establecen directrices para la elaboración de los planes de manejo ambiental para los humedales, y la Resolución 196 de 2006, con el objeto de que las autoridades ambientales competentes en su área de jurisdicción, formulen los planes de manejo para los humedales prioritarios y para la delimitación de los mismo, además de definir el régimen de usos y las restricciones parciales o totales el desarrollo de actividades agropecuarias de alto impacto, de exploración y explotación minera y de hidrocarburos, con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales.

DOCUMENTO EN DENTRO – FASE DE PUBLICIDAD

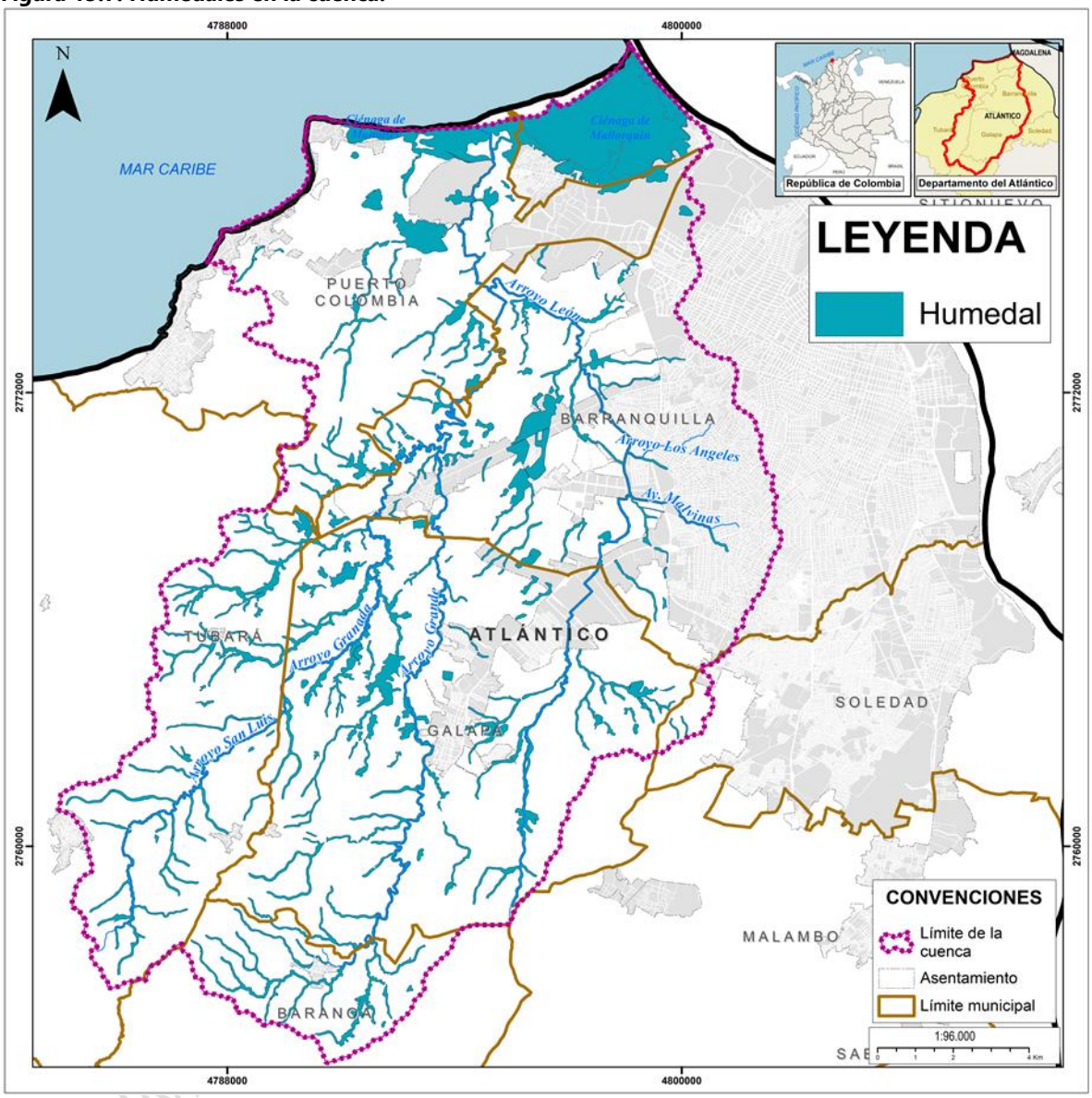
En la Ley 1753 de 2015, se expresa en el artículo 172 "Protección de Humedales" impone obligaciones al Estado colombiano para la conservación y protección de los humedales, considerados en su acepción genérica. De acuerdo al artículo 8 de la Resolución 157 de 2004, ordena, la determinación de la línea de marea máxima y la del cauce permanente de los humedales, así como las dimensiones y el acotamiento de la faja paralela de los humedales, a que se refieren los artículos 83 literal d) del Decreto Ley 2811 de 1974 y 14 del Decreto 1541 de 1978, se realizará teniendo en cuenta los criterios biofísicos, ecológicos, geográficos y socioeconómicos y los que para el efecto defina este ministerio mediante la guía técnica que se adopta mediante la presente resolución.

Para la generación de capa del sistema de humedales para la Cuenca Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se consideraron las categorías enumeradas en el Anexo IA. (Clasificación de Humedales) de la Resolución 196 de 2006 "Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia ". Acorde a lo descrito en la resolución se tomaron los siguientes insumos, los cuerpos de agua del mapa de Coberturas de la Tierra 2024 y ronda hídrica de los cuerpos de agua generadas por el equipo consultor, los sistemas de ciénagas, lagos y drenajes dobles de la cartografía IGAC escala 1:25.000 ajustados, y los suelos clase 5h y 8h relacionados con frecuentes inundaciones, estos últimos tomados del componente de capacidad de uso de la tierra del presente estudio.

Para la cuenca la presencia de los ecosistemas de humedales abarca una superficie de 4.015,00 ha, correspondientes al 13,6% del área total de la misma. (Ver Figura 15.7).

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 15.7. Humedales en la cuenca.**



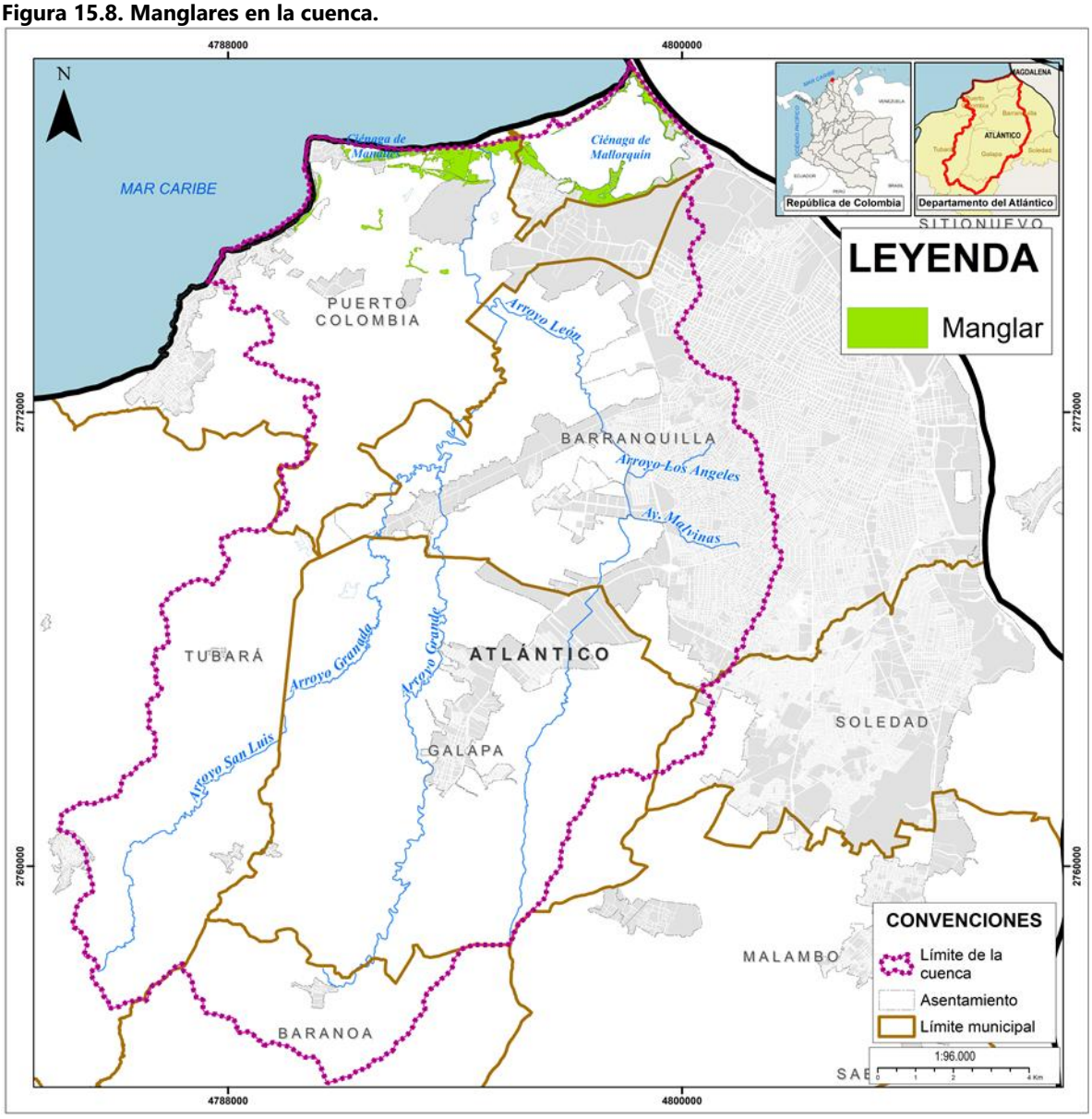

## 15.5.2. Manglar

El valor de los ecosistemas de manglar radica, en primer lugar, en su función como escudos naturales de la zona costera. Las densas redes de raíces y troncos de los árboles de mangle disipan la energía de las olas, reduciendo drásticamente la erosión y protegiendo a las comunidades costeras de inundaciones, marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar. En segundo lugar, sus raíces, ofrecen el refugio y alimento ideal para diversidad de peces, moluscos y crustáceos.

Son uno de los ecosistemas más eficientes del planeta en la captura y almacenamiento de carbono atmosférico, una capacidad conocida como "carbono azul". El suelo fangoso y

anóxico de los manglares puede secuestrar cantidades de carbono hasta cinco veces mayores que las de los bosques tropicales terrestres, convirtiendo su conservación y restauración en una solución basada en la naturaleza fundamental para que Colombia cumpla con sus metas climáticas nacionales e internacionales.

**Figura 15.8. Manglares en la cuenca.**




Por su triple función como protectores costeros, pilares de la economía local y sumideros de carbono, los manglares son, sin lugar a dudas, ecosistemas estratégicos. Su protección, a través de los planes de manejo de las CARs y el compromiso de las comunidades locales, es una inversión directa en la resiliencia climática, la estabilidad económica y biodiversidad.

Para la delimitación de este componente, se utilizó la cartografía de coberturas de manglar a escala 1:25.000, desarrollada en el marco del Plan de Manejo de Manglares del departamento del Atlántico (2021). Al analizar la jurisdicción de la cuenca, se identificó un total de 298,21 hectáreas de este ecosistema, lo que corresponde al 1,01% de la superficie total del área de estudio.

### 15.5.3. Ronda hídrica de la Ciénaga de Mallorquín

La ronda hídrica se reconoce como un área estratégica para la protección, conservación y recuperación de los ecosistemas acuáticos, al ser esencial para el funcionamiento de las dinámicas hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas propias del cuerpo de agua. Estas zonas cumplen un papel fundamental como franjas de amortiguación frente a fenómenos de inundación y erosión, además de aportar a la conectividad ecológica regional y a la estabilidad de los sistemas ambientales.

De acuerdo con la normativa ambiental nacional, la ronda hídrica constituye un bien de uso público, y debe mantenerse libre de ocupaciones, destinándose exclusivamente a la protección y conservación de los recursos naturales. Asimismo, se establece la obligación de garantizar un área forestal protectora alrededor de estas zonas, que contribuya a su función ecológica y a la provisión de servicios ecosistémicos.

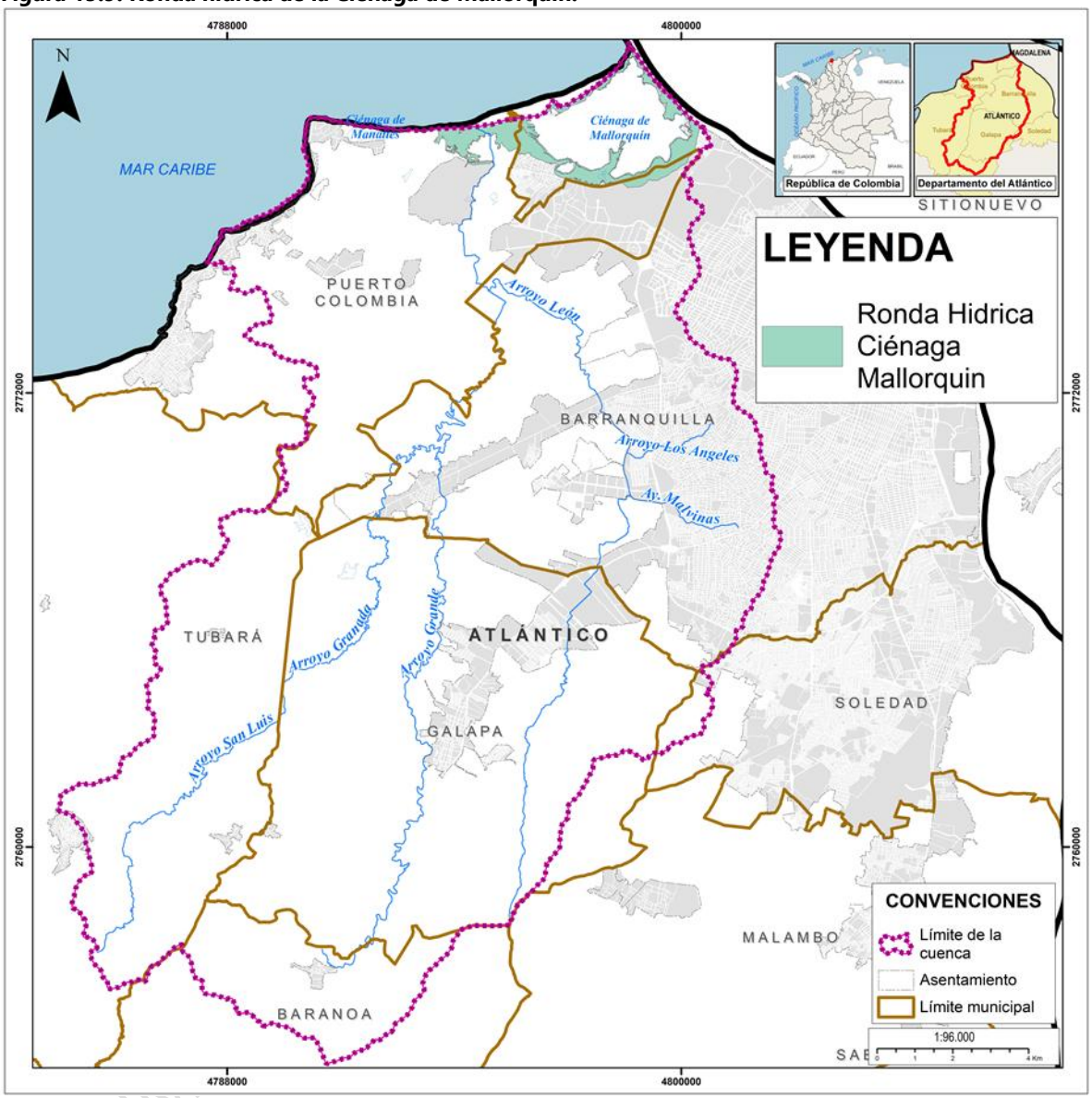
La ronda hídrica de la Ciénaga de Mallorquín fue delimitada mediante la Resolución 214 de 2015 de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA), en la cual se definen tres categorías de zonificación ambiental: preservación, restauración y uso múltiple, orientadas a la gestión sostenible del ecosistema y a la regulación de las actividades permitidas en el área de influencia.

La zona de preservación comprende 208,9 ha, representando el 46,3% del área de la ronda; incluye bosques de manglar, con presencia de mangle rojo, amarillo y negro. En estas áreas es permitido realizar investigaciones, pesca artesanal, aprovechamiento de fauna asociada al manglar, monitoreo y turismo.

La zona de restauración ocupa 131,9 ha (22,9% del área de la ronda hídrica), encontrándose actualmente en medio alto grado de intervención de la vegetación, la presencia de fauna de interés es media a baja y se identifican conflictos de uso, por el desarrollo de actividades como pastoreo de ganado, expansión del área urbana ilegal y zonas de playa.
Las zonas de uso múltiple sostenible, abarcan el 24,5% restante de la ronda hídrica, ocupando 110,9 ha. Dentro de estas zonas se encuentran centros urbanos de Barranquilla como el barrio La Playa, el corregimiento La Playa y el sector de Tajamar. Se permite el desarrollo de obras que facilitan al sector portuario.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 15.9. Ronda hídrica de la Ciénaga de Mallorquín.**




DOCUMENTO

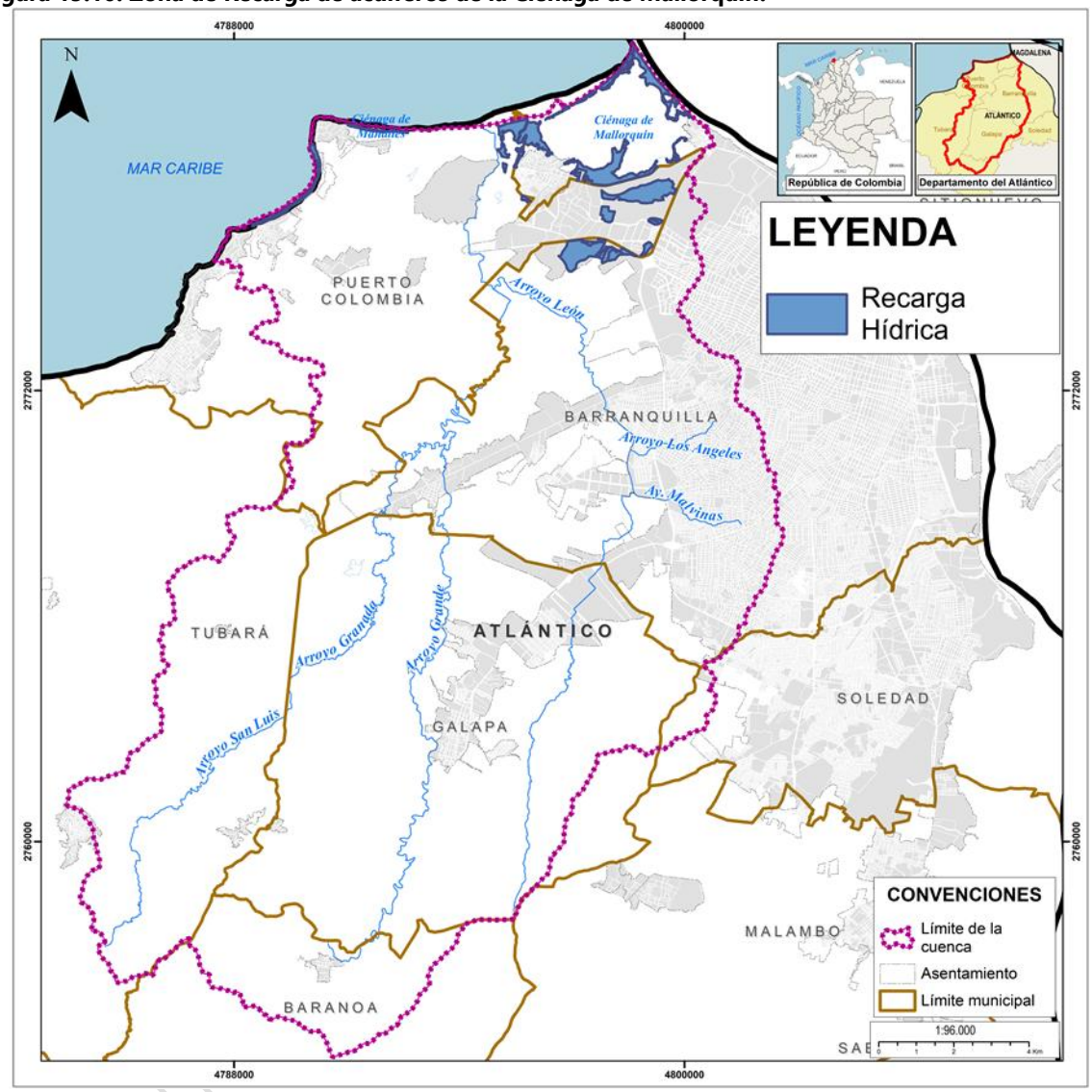
### 15.5.4. Zonas de recarga de acuíferos

La recarga a un acuífero puede definirse como el agua en la zona saturada que alcanza las reservas subterráneas. Esta entrada se da de dos maneras: la primera por un movimiento descendente del agua debido a la fuerza de gravedad y la segunda se presenta luego del movimiento horizontal del flujo debido a las diferentes condiciones hidráulicas de las capas que constituyen el perfil del suelo. La recarga a un acuífero puede darse naturalmente debido a la precipitación, a las aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997).

La determinación de zonas de recarga de acuíferos se genera a partir del componente de hidrogeología del presente proyecto de consultoría teniendo en cuenta las áreas con recarga alta. En general para la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se determinaron 740,56 ha correspondientes al 2,51% del total del área de la cuenca. Se puede observar que estas zonas están directamente relacionas con las que corresponden a capacidad de uso del suelo, lo que resalta su importancia como prestadores de bienes, al funcionar como abastecedores de agua; representan gran importancia dentro de los ecosistemas estratégicos y su adecuado uso se vuelve primordial.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICACIÓN

**Figura 15.10. Zona de Recarga de acuíferos de la Ciénaga de Mallorquín.**

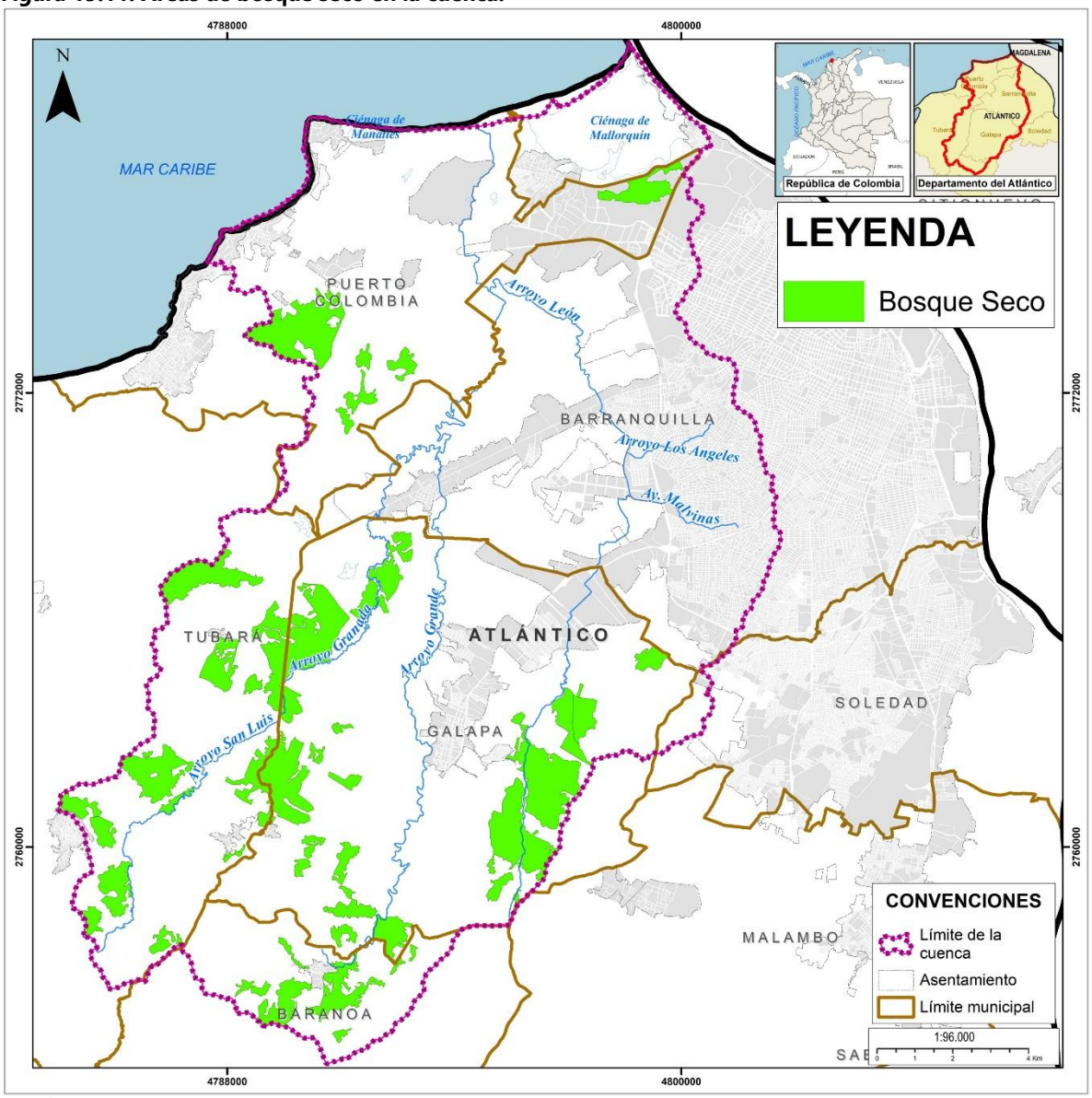



### 15.5.5. Bosque seco

El bosque seco tropical (Bs-T) representa uno de los ecosistemas más singulares, valiosos y, paradójicamente, más amenazados de Colombia. Estos bosques se han adaptado a condiciones de estrés hídrico, con temporadas de sequía prolongada donde los árboles pierden sus hojas para conservar agua, seguidas de un reverdecer explosivo con la llegada de las lluvias. Esta resiliencia natural lo convierte en un ecosistema estratégico, pero su ubicación en valles interandinos y llanuras costeras, zonas de alta fertilidad y desarrollo humano, lo ha llevado al borde del colapso.

La importancia de los bosques secos radica en sus múltiples servicios ecosistémicos como: epicentro de biodiversidad y endemismo de varias especies de flora y fauna, regulación hídrica y conservación de suelos y bienes de valor cultural.

**Figura 15.11. Áreas de bosque seco en la cuenca.**




Las zonas de relictos de bosque seco tropical se determinaron mediante un análisis entre dos conjuntos de datos, la cartografía de Bosque Seco Tropical del Instituto Humboldt (2018, escala 1:100.000), el Mapa de Ecosistemas Continentales Costeros Marinos del IDEAM (2024, escala 1:100.000) y la capa de cobertura de la tierra de la fase de diagnóstico para el año

2024 del presente estudio de consultoría. Este proceso permitió identificar las áreas boscosas que han permanecido estables desde 2018 dentro de la distribución original del ecosistema. En contraste para la cuenca del se determinaron 2.945,84 ha correspondientes al 9,98% del total del área de la cuenca (Figura 15.11).

La conservación de los relictos de bosque seco tropical no es solo una responsabilidad ambiental, sino una necesidad estratégica para Colombia. Protegerlos es asegurar la provisión de agua, conservar un acervo genético único en el planeta, sostener economías locales y mantener una parte fundamental de la identidad cultural y la resiliencia climática del país. Su restauración es uno de los mayores desafíos y oportunidades para la sostenibilidad en Colombia.

### 15.5.6. Otras subzonas de importancia ambiental identificadas de interés para la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la cuenca

Para la determinación de ecosistemas estratégicos en las áreas de importancia ambiental se incluyeron las áreas de conservación y protección ambiental, aquellas que deben ser objeto de especial protección ambiental y hacen parte de la estructura ecológica principal y deben presentar medidas que garanticen su conservación y protección para el POMCA, por lo cual se consideraron las relacionadas con: los boques, las rondas hídricas y las clases de suelos de aptitud de uso denominadas clase 8.

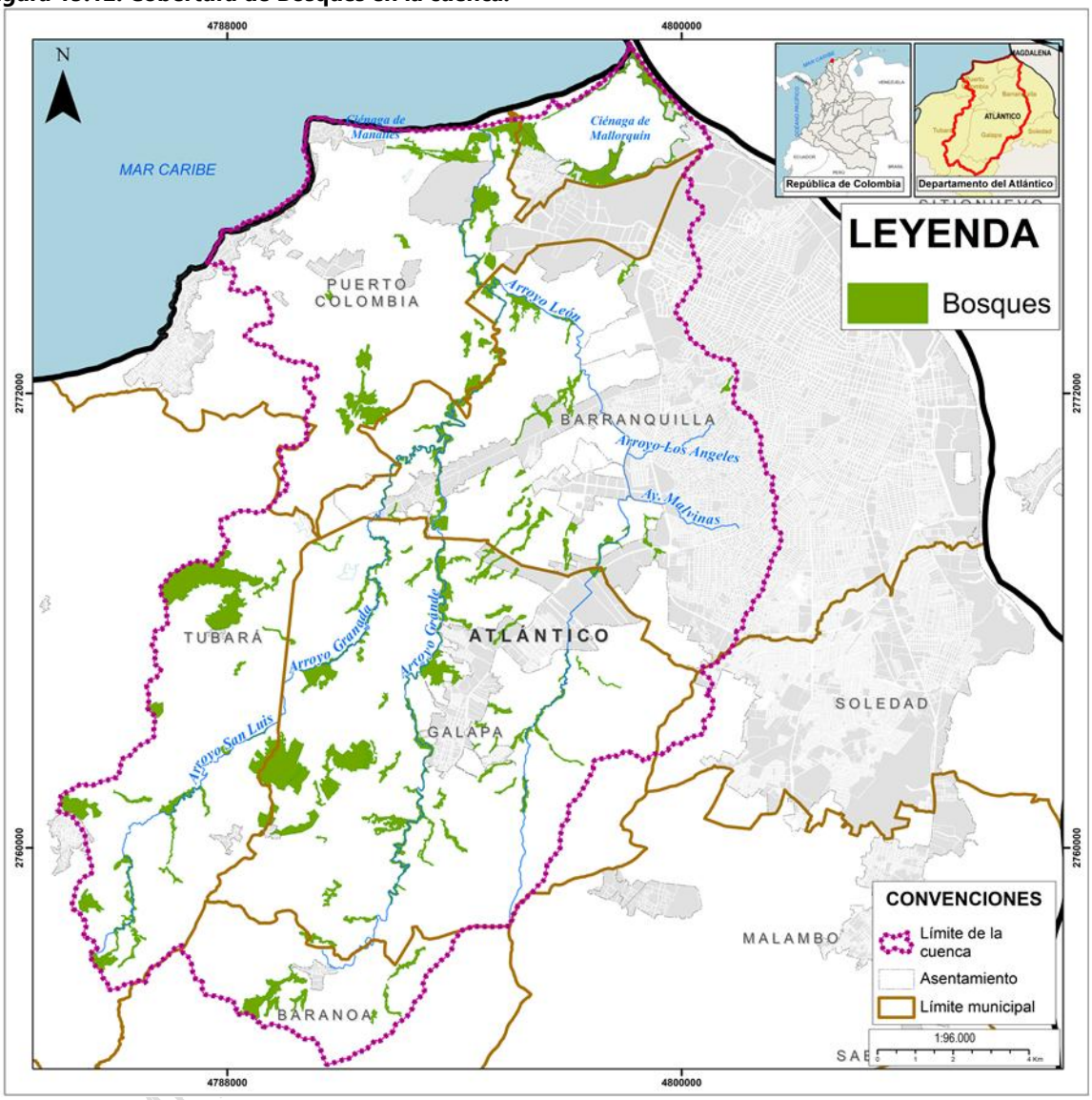
#### 15.5.6.1. *Bosques*

Se refiere a todas aquellas coberturas que no presenta una intervención aparente, de estas se excluye la plantación forestal, las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, la vegetación secundaria o en transición, tierras desnudas o degradadas, para efectos de zonificación solo se tomaron las coberturas denominadas como bosques densos y bosques de galería o ripario. Esta capa se obtuvo a partir de la interpretación de las coberturas de la tierra para el año 2024 de la cuenca con la metodología Corine Land Cover y realizada el equipo técnico consultor.

Para la cuenca se identificaron 1.990,59 ha de bosque natural, correspondiente al 6,74% del área total de la misma (Figura 15.12).

DOCUMENTO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

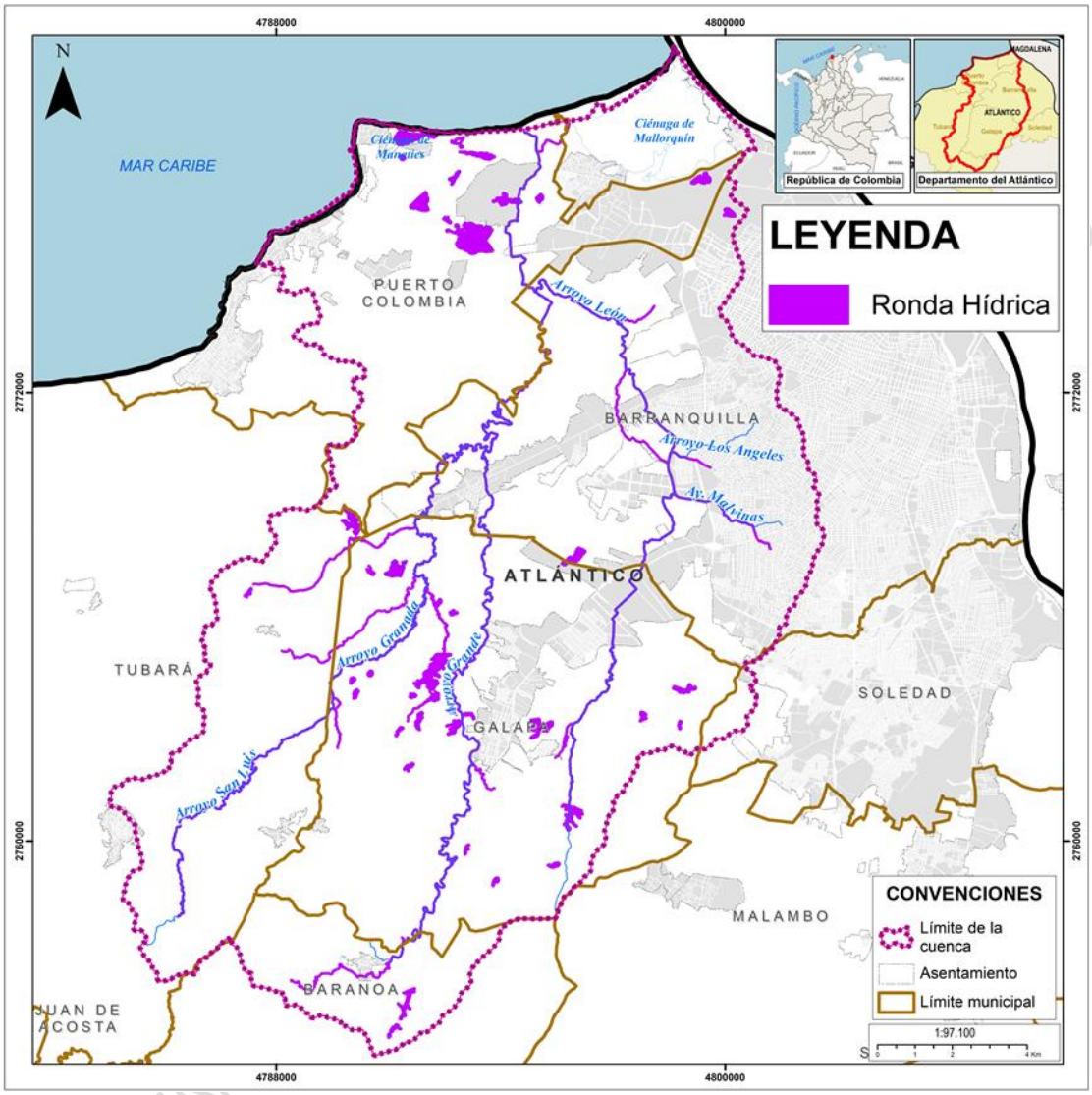
**Figura 15.12. Cobertura de Bosques en la cuenca.**




## 15.5.6.2. *Rondas hídricas*

Las rondas hídricas constituyen uno de los ecosistemas estratégicos fundamentales para la salud ambiental del territorio y el bienestar de sus habitantes. Estas franjas de vegetación, que bordean ríos, quebradas, lagos y humedales, no son simplemente los límites de un cuerpo de agua, sino ecosistemas de transición dinámicos y multifuncionales. Su importancia radica en su capacidad para actuar como el principal escudo protector del recurso hídrico, garantizando su calidad y regulación, y como corredores biológicos esenciales para la biodiversidad del país.

**Figura 15.13. Rondas Hídricas en la cuenca.**




La función principal de una ronda hídrica bien conservada es la de amortiguar y filtrar los contaminantes, sedimentos y nutrientes provenientes de actividades humanas como la agricultura o la expansión urbana, antes de que lleguen a los cauces. La vegetación de ribera estabiliza las orillas, previene la erosión y reduce significativamente el riesgo de desastres por inundaciones y deslizamientos al regular el flujo del agua y permitir su infiltración hacia los acuíferos subterráneos. Desde el punto de vista ecológico, actúan como arterias de conectividad en el paisaje, permitiendo el desplazamiento, alimentación y refugio de innumerables especies de flora y fauna, manteniendo así el flujo genético y la resiliencia de los ecosistemas que conectan.

Reconociendo su valor, la normativa ambiental, en cabeza del MADS y las Corporaciones Autónomas Regionales, ha definido las rondas hídricas como áreas de especial importancia ecológica y de protección prioritaria. A través de instrumentos como el acotamiento o delimitación de la ronda, se busca asegurar un espacio vital para que el ecosistema fluvial cumpla sus funciones naturales, prohibiendo desarrollos que pongan en riesgo su integridad. La protección de las rondas hídricas es, por tanto, una estrategia indispensable no solo para la conservación del agua y la biodiversidad, sino también para la gestión del riesgo y la sostenibilidad del desarrollo en todo el territorio nacional.

Como lo estableció la Corte Constitucional en la Sentencia T-529 (2025), la delimitación técnica de la ronda hídrica corresponde a la autoridad ambiental basada en criterios científicos, si no existe un estudio técnico que delimite una franja específica, el área forestal protectora de 30 metros se convierte en el parámetro obligatorio de conservación. En este contexto la determinación del área de rondas hídricas se realizó a partir del levantamiento de un buffer de 30 m tanto para los cuerpos de agua del sistema lótico de los cauces permanentes de orden 4,5 y 6 y el sistema lentico de ciénagas y lagos con área mayor a 1 ha presentes en la cuenca, como resultado se obtuvieron 1.149,56 ha correspondiente al 3,9% del total del área de la cuenca (Figura 15.13).

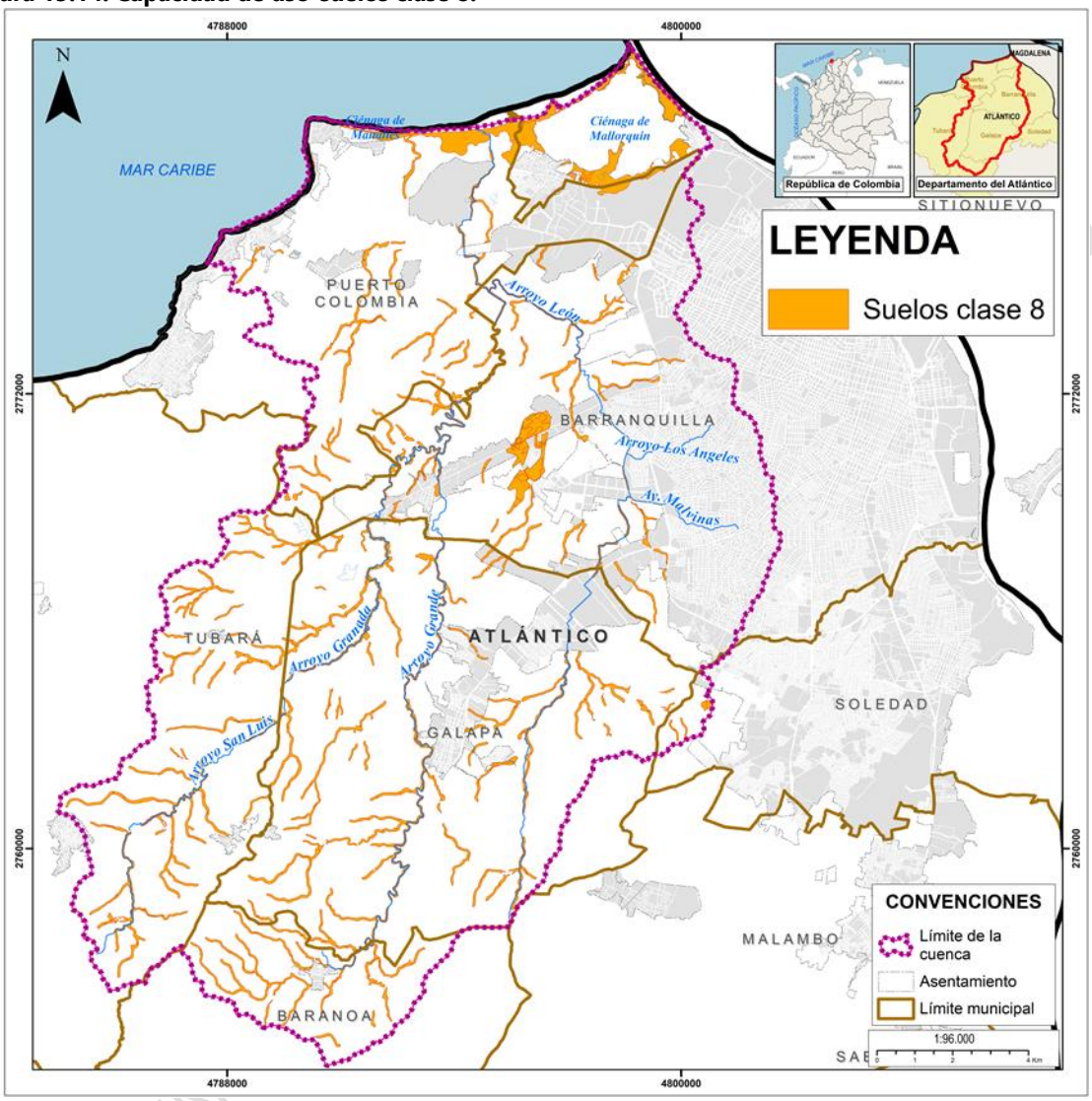
#### 15.5.6.3. *Suelos Clase 8*

En la planificación y el ordenamiento territorial, los suelos se clasifican según su capacidad de uso agrológico en ocho categorías, siendo la Clase I la de mayor aptitud agrícola y la Clase VIII la que presenta las limitaciones más severas. Paradójicamente, la importancia de los suelos Clase VIII dentro de los ecosistemas estratégicos del país no radica en su potencial productivo, sino precisamente en su falta de aptitud para la agricultura y la silvicultura, lo que los define como suelos de protección y conservación por excelencia.

El Artículo 35 de la Ley 388 de 1997 define los suelos de protección como aquellos que, por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o que hagan parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructura de servicios públicos o áreas de amenaza y riesgo no mitigable, tienen restringida la posibilidad de urbanizarse. La protección de suelos se categoriza en el Decreto 3600 de 2007 en: Áreas de conservación y protección ambiental, Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales, Áreas e inmuebles considerados como patrimonio cultural, Áreas del sistema de servicios públicos domiciliarios, Áreas de amenaza y riesgo.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 15.14. Capacidad de uso-suelos clase 8.**




Los suelos Clase VIII son aquellos que, por sus características extremas: como pendientes escarpadas superiores al 50-75%, profundidad muy superficial, pedregosidad, erosión severa, condiciones climáticas extremas, salinidad o acidez, son completamente inadecuados para cualquier tipo de actividad agropecuaria. Cualquier intento de intervenirlos para producción desencadenaría procesos de degradación acelerada, pérdida de suelo y graves afectaciones a los ecosistemas circundantes. Por esta razón, su única vocación y uso sostenible es el de la conservación con miras a la protección del agua y la biodiversidad y la seguridad del territorio.

Conforme a lo anterior se tienen para la cuenca 1.997,28 ha correspondientes a este tipo de áreas que ocupan un 6,76% de la totalidad de la cuenca; para su determinación se utilizaron

las clases 8 de la capacidad de uso de la tierra elaborada por el equipo técnico definiendo su uso principal como áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE) (Figura 15.14).

## *15.6. Áreas con Reglamentación Especial*

Dentro de las áreas de reglamentación especial se incluyeron aquellas relacionadas con el patrimonio cultural, arqueológico y los territorios de comunidades étnicas (indígenas y afrocolombianas). En el ámbito de la cuenca hidrográfica no se registran territorios legalmente constituidos como resguardos indígenas; no obstante, se identifican Territorios Colectivos de Comunidades Afrocolombianas.

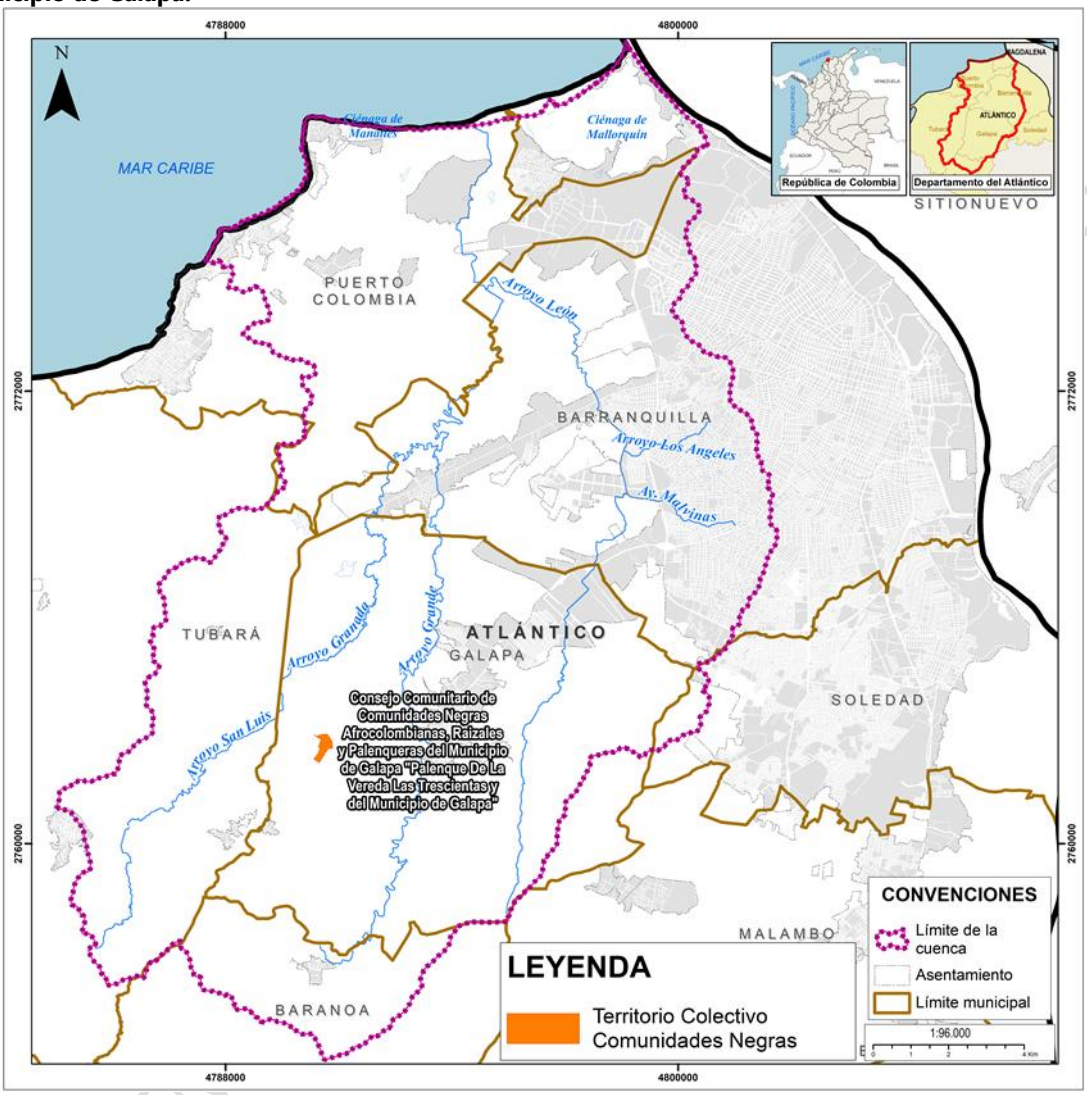
### 15.6.1. Consejo comunitario de comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del municipio de Galapa

El Patrimonio Cultural de la Nación abarca tanto los bienes materiales como las manifestaciones inmateriales, productos y representaciones culturales que son expresión de la identidad colombiana. Estos bienes y manifestaciones son declarados Patrimonio Cultural mediante un acto administrativo por las autoridades territoriales, indígenas o los consejos comunitarios afrodescendientes, cada uno según sus competencias. Esta declaratoria les otorga una protección y salvaguarda especial conforme a lo establecido en la Ley 1185 de 2008.

En este contexto el POMCA de la ciénaga Grande Mallorquín y los Arroyo Grande y León reconoce la presencia del Consejo Comunitario de Comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del Municipio de Galapa, que incluye el Palenque de la vereda Las Trecientas. Esta organización étnica, reconocida por el Ministerio del Interior mediante la certificación No. 066 del 25 de abril de 2023, abarca una extensión total de 18,26 ha.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO, FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 15.15. Consejo Comunitario de Comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del Municipio de Galapa.**




## *15.7. Análisis Porcentual*

Con base en la caracterización realizada en los apartados anteriores, se determinó la distribución de los ecosistemas y áreas estratégicas en la cuenca Ciénaga de Mallorquín y arroyos Grande y León. La Tabla 15.1 presenta un resumen explícito de estas zonas, detallando el área y el porcentaje consolidado para cada categoría, que abarca tanto las áreas de importancia ambiental como las complementarias para la conservación.

**Tabla 15.1. Análisis de áreas y ecosistemas estratégicos en la cuenca.**

| Tipo | | Categoría | Área total del ecosistema (ha) | Área dentro de la cuenca (ha) | Porcentaje dentro de la cuenca (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Áreas complementarias para la conservación | Áreas Protegidas de Orden Internacional | Sitio RAMSAR Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta | 521.365,06 | 901,74 | 3,05% |
| | Áreas Protegidas de Orden Nacional | Prioridades de Conservación Nacional CONPES 3680 de 2010 | 14.187.130,43 | 7.309,04 | 24,75% |
| | Suelos de protección que hacen parte de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT) debidamente adoptados | | 741,33 | 741,33 | 2,51% |
| Áreas de importancia ambiental | | Humedales | 4.015,00 | 4.015,00 | 13,60% |
| | | Manglar | 298,21 | 298,21 | 1,01% |
| | | Rondas hídrica Ciénaga de Mallorquín | 451,81 | 451,81 | 1,53% |
| | | Zona de recarga de acuíferos | 740,56 | 740,56 | 2,51% |
| | | Bosque Seco | 2.945,84 | 2.945,84 | 9,98% |
| | | Bosques | 1.990,59 | 1.990,59 | 6,74% |
| | | Rondas hídricas | 1.149,56 | 1.149,56 | 3,9% |
| | | Suelos clase 8 | 1.997,28 | 1.997,28 | 6,76% |
| Áreas con reglamentación especial | Consejo Comunitario de Comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del Municipio de Galapa | | 18,62 | 18,62 | 0,06% |
| **Área de la cuenca Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León** | | | | 29.527,62 | |

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

De acuerdo al análisis porcentual, cabe resaltar que dentro de las áreas complementarias para la conservación se encuentran el Sitio RAMSAR Sistema Delta Estuarino del Río

Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta (3,05% del total de la cuenca) y las áreas con Prioridades de Conservación Nacional CONPES 3680 de 2010 (24,75% del total de la cuenca).

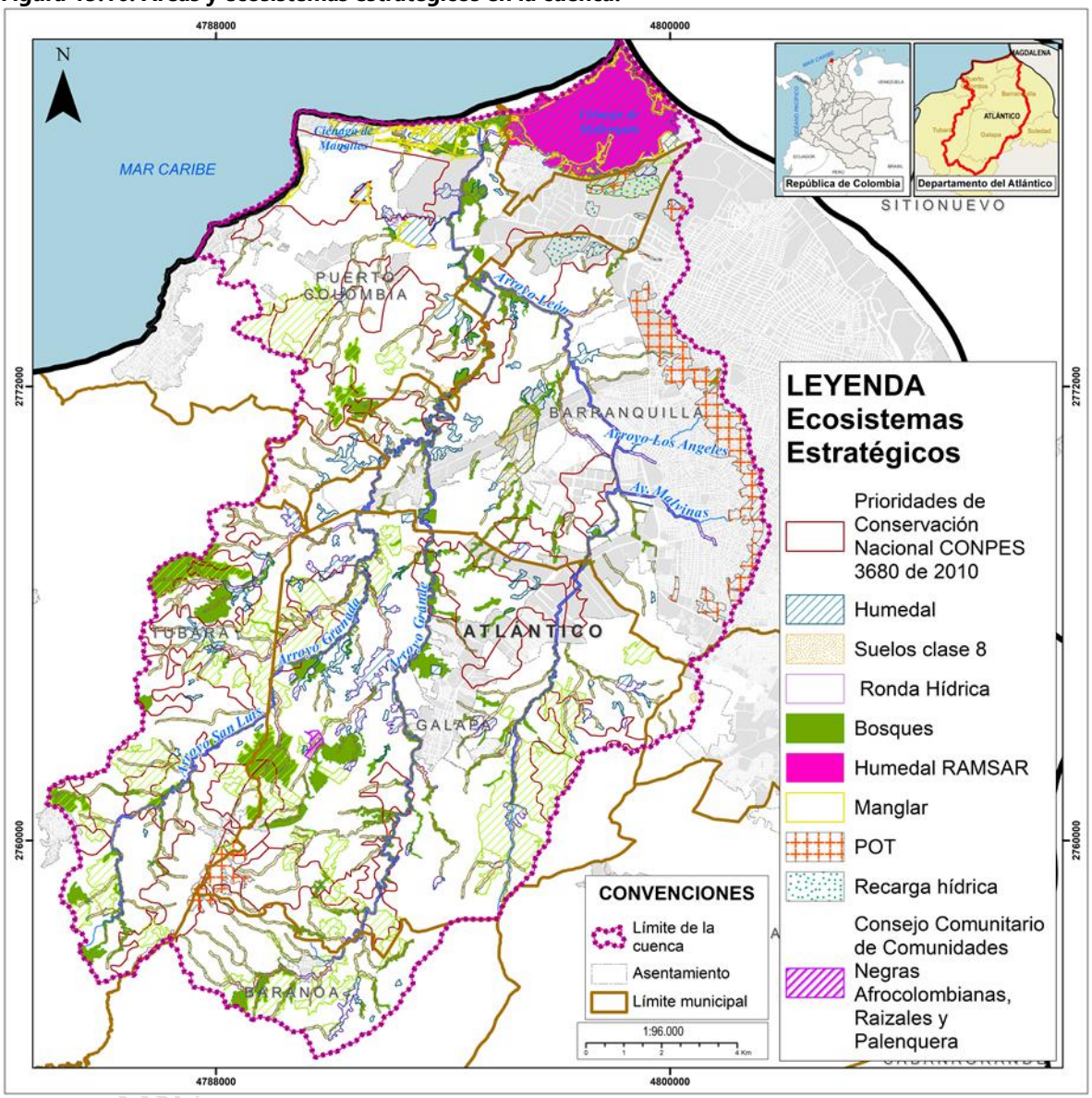
Dentro de las áreas de importancia ambiental se encuentran: Humedales (13,6%), Manglares (0,1%), Zonas de recarga (2,5%), Bosque Seco Tropical (9,9%), Bosques (6,7%), Rondas hídricas (6,5%) y Suelos Clase 8 (6,8%).

La distribución espacial de las áreas y ecosistemas estraticos para la Cuenca Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León se observan en la Figura 15.16.

El análisis de los diferentes aspectos ecosistémicos y de las áreas especiales dentro del territorio de la Cuenca Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León como está establecido en los alcances técnicos del POMCA, recapitula y concluye como objetivo mantener la estructura y función de los ecosistemas, mantener los recursos naturales renovables y garantizar la disponibilidad del recurso hídrico.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

**Figura 15.16. Áreas y ecosistemas estratégicos en la cuenca.**




DOCUMENTO

## *15.8. Conclusiones*

La cuenca Ciénaga de Mallorquín y los arroyos Grande y León presenta una alta representatividad de áreas estratégicas para la conservación, en especial aquellas reconocidas a nivel nacional e internacional. Entre estas destaca el Sitio RAMSAR Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena – Ciénaga Grande de Santa Marta, que ocupa el 3,05% del área total de la cuenca, así como las Prioridades de Conservación Nacional CONPES 3680 de 2010, que representan el 24,75%, constituyéndose en elementos esenciales para la sostenibilidad ecológica del territorio.

Las áreas de importancia ambiental representan una proporción significativa del territorio, sobresaliendo los humedales (13,6%), el Bosque Seco Tropical (8,81%), los bosques (6,74%) y las rondas hídricas (6,47%). Estos ecosistemas cumplen funciones fundamentales para la regulación hídrica, protección de la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos clave.

La presencia de manglares (1,01%) y zonas de recarga de acuíferos (2,58%) evidencia la relevancia del territorio como soporte para procesos ecológicos esenciales, tales como la filtración de agua, la estabilización de sedimentos y la protección frente a fenómenos erosivos y climáticos.

Por otro lado, las áreas con reglamentación especial, como el territorio del Consejo Comunitario de Comunidades Negras Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras del Municipio de Galapa (0,06%), reflejan la necesidad de integrar el enfoque sociocultural dentro de la planificación ambiental, garantizando la protección de territorios colectivos y la participación comunitaria.

Finalmente, la distribución espacial de ecosistemas y zonas estratégicas confirma la necesidad de mantener y reforzar la estructura ecológica principal de la cuenca, puesto que estas áreas funcionan de manera interdependiente para sostener la biodiversidad, la calidad ambiental y los servicios ecosistémicos del territorio.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

# 16. BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo 024 (2016). Por el cual se adopta el PBOT- Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Galapa, 2016 – 2027.

Acuerdo 028 (2008). Por el cual se hacen los ajustes al PBOT- Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 29 de diciembre de 2008.

Aguilera, R. (2011). Petroleum Geology of Colombia, Sinú San Jacinto Basins. Geology and Hydrocarbon Potential. Vol. 12. ANH – University EAFIT. Department of Geology.

Alcaldía de Barranquilla. (2022). Plan de Manejo de la Ciénaga de Mallorquín. Barranquilla Verde.

Alfaro, E., & Holz, M. (2014). Review of the chronostratigraphic charts in the Sinú-San Jacinto basin based on new seismic stratigraphic interpretations. Journal of South American Earth Sciences, 56, 139-169.

Álvarez Fernando. (2019). Identificación de impactos ambientales reportados durante la operación de rellenos sanitarios en Colombia. Monografía. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, ECAPMA. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD.

ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales). (2017). Caracterización de la fauna silvestre en el Caribe colombiano.

Arthington, A. B. (2018). The Brisbane Declaration and Global Action Agenda on Enviromental Flows.

Ayerbe-Quiñones, F. (2018). Lista de aves de Colombia 2020. Asociación Colombiana de Ornitología.

Barrera, M. (2001). Geología de las Planchas 16–17 Galerazamba y Barranquilla. Plancha escala 1:100.000 con Memoria explicativa. INGEOMINAS.

Benavides, L. (2019). Análisis de la Influencia de la Calidad del Agua del Arroyo León en la Calidad del Agua de la Ciénaga de Mallorquín. Universidad del Norte.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Bermúdez, H. (2016). Esquema estratigráfico de secuencias del registro sedimentario del cinturón plegado de San Jacinto, Caribe colombiano. XII Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas: Abstracts, septiembre 26-28, 2016, Bogotá.

Bermúdez, H. D. (2009). Estratigrafía y evolución geológica de la secuencia sedimentaria del Cinturón Plegado de San Jacinto. In XII Congreso Colombiano de Geología.

Cabrera J. (2009). Calibración de modelos hidrológicos. Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno El Niño. Lima, Perú.

Cardona, A. M. (2012). From arc-continent collision to continuous convergence, clues from Paleogene conglomerates along the southern Caribbean–South América plate Boundary. Tectonophysics, 580, 58-87.

Caro, M. (2003). Structural Evolution of the San Jacinto Fold Belt, NW Colombia. Master of Science Thesis, Department of Geology and Geophysics, University of Calgary.

Carvajal Perico. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá D.C. Servicio Geológico Colombiano.

Carvajal, Henry et al. (2005). Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica para la zonificación geomecánica. Bogotá. Servicio Geológico Colombiano.

Chacón, A., Suárez, H., & Garay, J. (2020). Diagnóstico ecológico de los manglares en la región Caribe colombiana. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR.

Chow, V.T., Maidment, D.R., & Mays, L.W. (1988). Applied Hydrology. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, New York, U.S.A.

Chow, Ven Te. (1984). Handbook of Applied Hydrology. McGraw Hill Book Company.

CRA – Corporación Autónoma Regional del Atlántico. (2012). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Ciénaga de Mallorquín y Arroyos Grande y León.

CRA. (2017). Estrategia de conservación de la biodiversidad del departamento del Atlántico.

CRA. (Agosto de 2015). Revisión de la zonificación, mejoramiento de escala (1:25.000) y el abordaje al tema de susceptibilidad de amenazas y vulnerabilidad, como avance en el ajuste al POMCA Ciénaga de Mallorquín y los Arroyos Grande y León. Recuperado el 2025.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD

Decreto 1076 (2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS, 26 de mayo de 2015.

Decreto 1640. (2012). Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2 de agosto de 2012.

Decreto 2372 (2010). Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS, 01 de julio de 2010.

Documento CONPES 3680 (201.0). Lineamientos para La Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales – UAESPNN, Departamento Nacional de Planeación -DNP. Bogotá D.C., 21 de julio de 2010, 47 p.

Duque-Caro, H. (1980). Geotécnica y evolución de la región noroccidental colombiana. Boletín Geológico, 23(3), 4-37.

Duque-Caro, H. (1984). Structura style, diapirism, and accretionary episodes of Sinu-San Jacinto terrane, southwestern Caribbean-borderland. Geological Society of América Memoir 162, 303-316.

Duque-Caro, H. (2019). Major Structural Elements and Evolution of Northwestern Colombia: Small Basin Margins. In Watkins, J., Montadert, J., & P. Wood Dickerson (Eds.), Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins (1ed., pp. 329-531).

Ezcurra, E., Ezcurra, P., Garcillán, P., & Costa, M. (2009). Manglares del Pacífico mexicano: estructura, función y conservación. CICESE.

Fallas, J. (2007). Modelos Digitales de Elevación. Teoría, Métodos de Interpolación y Aplicaciones. Costa Rica.

Fernández Bastidas, D. I. (2020). Caracterización composicional y textural de las principales unidades conglomeráticas neógenas y cuaternarias expuestas al norte del Cinturón Plegado de San Jacinto.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Forero-Ospino, O., & Duarte-Delgado, W. (2019). Caracterización e identificación de la geomorfología, ambientes y unidades geomorfológicas, en la plancha 121 - Cerrito, Colombia, aplicado a movimientos en masa, escala 1:100.000. Boletín de Geología, 41(2), 35-44.

Franco, A. J., & León-Luna, I. M. (2010). Geoquímica y concentraciones de metales pesados en un organismo de interés comercial (Corbula caribaea, D'orbigny, 1842) en la zona submareal superficial de la Ciénaga de Mallorquín-Atlántico. Boletín Científico CIOH, 28.

Fundación Natura. (2021). Iniciativas de conservación comunitaria en Colombia.

Galeano, S. (2006). Anfibios y reptiles de la región Caribe colombiana. En: Rueda-Almonacid, J. V., Tarazona, C., & Quevedo, A. (Eds.), Guía ilustrada de la fauna del Caribe colombiano. Conservación Internacional Colombia.

García, J. P. (2017). RS MINERVE - User's Manual v2.9. Switzerland.

García, M. H., Rangel, J. O., & Rivera, J. R. (2014). Estructura florística del bosque seco tropical del Caribe colombiano. Revista Colombia Forestal.

Guzman M, et al. (2025). Calidad ambiental y contaminantes emergentes: una mirada hacia la Ciénaga de Mallorquín y Arroyo León. 1a. edición. Barranquilla. Editorial Universitaria de la Costa S.A.S. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA.

Guzmán, G. G. (2004). Geología de los cinturones del Sinú, San Jacinto y borde occidental del valle inferior del Magdalena-Caribe Colombiano. INGEOMINAS.

Guzmán-Tordecilla, M., Enamorado-Montes, G., Elles-Pérez, C., Ramos-De la Hoz, Y., Castillo Ramírez, M., Medina-Altahona, J., Díaz-Hernández, L., Garzón Rodríguez, C., Burgos-Núñez, S., & Paternina-Uribe, R. (2025). Evaluación de la Calidad del Agua de la Ciénaga Mallorquín y del Arroyo León, norte de Colombia. En Calidad ambiental y contaminantes emergentes: una mirada hacia la Ciénaga de Mallorquín y Arroyo León (pp. 20-65).

Hilty, S. L., & Brown, W. L. (2001). Guía de las aves de Colombia. American Birding Association.

Hoyos, R. (2024). Petición de adopción de medidas de protección necesarias para los derechos colectivos invocados, como requisito de procedibilidad que trata el artículo 144 de la Ley 1474 de 2011.

IDEAM & MADS. (2019). Metodología para la estimación del caudal ambiental en Colombia. Bogotá D.C.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

IDEAM. (2013). Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C., Colombia. 47 pp.

IDEAM. (2014). Estudio Nacional del Agua.

IDEAM. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá, D.C.

IDEAM. (2019). Metodología para la estimación del caudal ambiental en el río Bogotá.

IDEAM. (2022). Estudio Nacional del Agua.

IGAC. (2018). Sistema de clasificación geomorfológica aplicado a los levantamientos de suelos. IGAC: Bogotá D.C.

Iñiguez-Gallardo, G. (2019). Efectos del cambio de uso del suelo sobre la cobertura de manglares en la región Caribe. Revista Ambiente y Desarrollo.

JAXA/METI ALOS PALSAR L1.0. (2015).

Jay L. Devore. (1982). Probability and Statistics for Engineering and Sciences. Brooks/Cole, Cengage Learning.

Letlenmaier, D. (1976). Detection of trnds in water quality data from recods with dependent observations. Wal Resour. Res 12(5), 1037-1046.

Machiwal, D. a. (2012). Stochastic Modelling of Time Series. In Machiwal, D. and Jha, M.K., Eds., Hydrologic Time Series Analysis: Theory and Practice. Springer Netherlands, Dordrecht, 85-95.

MADS – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos.

Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega-Lara, A., Usma-Oviedo, J. S., Agudelo, E., & Taphorn, D. (2008). Lista de peces de agua dulce de la región Caribe de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Márquez (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. Recuperado de https://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

MINAMBIENTE, MINHACIENDA y Fondo de Adaptación. (2014). Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.

MinAmbiente. (2024). Resolución 0126 de 2024. Listado de especies silvestres amenazadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS (2015). Lineamientos Generales para la Definición de Áreas y Ecosistemas Estratégicos en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá D.C. MADS, agosto de 2015, 46 p.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. (2014). Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá D.C. MADS, 101 p.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS. Resolución 330.

Mojica, J. I., Usma, J. S., Álvarez-León, R., & Lasso, C. A. (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Molinares Blanco, C. E. (2007). Reconstrucción paleoambiental y asociaciones de foraminíferos de la formación Tubará, Plioceno temprano, sección Arroyo Piedras, norte de Colombia. Doctoral dissertation, Universidad EAFIT.

Monsalve G. (1995). Hidrología en la Ingeniería. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C.

Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la Ingeniería. Segunda edición. Bogotá, Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Montañez Parra, M. I. (2018). Las transformaciones en los espacios periurbanos y el rol de la planificación territorial en su configuración. El caso del municipio de Galapa-Atlántico. Puerto Colombia. Universidad del Atlántico.

Montealegre J. (1990). Técnicas Estadísticas aplicadas en el Manejo de Datos Hidrológicos y Meteorológicos. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT. Bogotá D.C.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Moreno-A., C., Osorno, A. A., & Pardo, R. (2009). Diversidad de reptiles del Caribe colombiano y Serranía del Perijá. Instituto Alexander von Humboldt.

NTC 4611. (2011). Información Geográfica. Metadato Geográfico. Bogotá, D.C. ICONTEC. 14 p.

NTC 5043. (2010). Información Geográfica. Conceptos Básicos de Calidad de los Datos Geográficos. Bogotá, D.C. ICONTEC. 31 p.

Oliver, M. A. (1990). Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems. International Journal of Geographic Information Systems, 4, 313-332.

Organización Mundial Meteorológica, OMM No. 168. (2011). Guía de Prácticas Hidrológicas.

Peralta, M. (2010). Proceso Operacional del Relleno Sanitario Parque Ambiental Los Pocitos, Triple A SAESP, Ciudad de Barranquilla. Barranquilla. AAA.

Perrin, C. M. (2003). Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. Journal of Hydrology, 279, 275-289.

Poveda, G. V. (2007). Linking Long Term Water Balances and Statistical Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. Journal of Hydrologic Engineering, 12(1).

Ramírez A. (2009). Parque Ambiental Los Pocitos: trámite de licenciamiento y puesta en marcha. En Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2ª, Barranquilla, Colombia, 23-24 sept. 2009. Dirección de Gestión Ambiental, Triple A de Barranquilla S.A. E.S.P. Ediciones Uninorte.

Ramírez, M. (2003). Hidrología Aplicada. Universidad de los Andes.

Rangel-Churio, J. O. et al. (2012). Vegetación del Caribe seco colombiano. Instituto Alexander von Humboldt.

Rebolledo Colina, J. I., & León Luna, I. M. (2017). Diseño y cálculo de módulos para el restablecimiento hidrodinámico de la Ciénaga de Mallorquín. La Guajira: Universidad de La Guajira, Facultades de Ciencias Básicas y Aplicadas e Ingeniería.

Renjifo, L. M., Franco, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. H., & López-Lanús, B. (2002). Libro rojo de aves de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt & Conservación Internacional Colombia.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

Resolución 471. (2020). Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 14 de mayo de 2020.

Resolución 529. (2020). Por medio de la cual se modifica la Resolución 471 de 2020 Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 05 de junio de 2020.

Rodríguez, J. (2020). Cartografía geológica de las unidades Neógenas del Noreste del cinturón plegado de San Jacinto, Colombia. Proyecto de grado. Universidad del Norte.

Romero, A. (2014). Manglares en el Caribe colombiano: amenazas y estrategias de conservación. Fundación Omacha.

Rueda-Almonacid, J. V., Lynch, J. D., & Ruiz-Carranza, P. M. (2004). Libro rojo de los anfibios de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Conservación Internacional, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Salas, J. D. (1992). Statistical Computer Techniques in Hydrology and Water Resources, 2 vol., 258 p. Fort Collins. Colorado State University.

Salazar, L., & Saavedra, I. (2009). Tratamientos de lixiviados, casos prácticos en diferentes temperaturas. Memorias II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Barranquilla. Uninorte.

Sánchez, O. J. G., & Márquez, J. M. (2019). Diseño de un sistema de aspersión para el manejo adecuado y reutilización del lixiviado tratado de un relleno sanitario. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Barranquilla. Sentencia T-529 (2015). Corte Constitucional de Colombia. 19 de diciembre de 2025. Recuperado de: https://www.corteconstitucional.gov.co/

Servicio Geológico Colombiano. (2017). Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:25.000.

SGC. (2012). Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa. Bogotá. SGC.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO - FASE DE PUBLICIDAD

SGC. (2015). Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Bogotá D.C.

SGC. (2016). Mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000. Plancha 17 – Barranquilla. Bogotá D.C.

SGC. (2016). Memoria explicativa mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000. Plancha 17 – Barranquilla. Bogotá D.C.

SINAP. (2020). Informe de avance del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia.

Solari, S., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., & Ramírez-Chaves, H. E. (2013). Libro rojo de mamíferos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Suárez Jaime. (2001). Control de erosión en zonas tropicales. Bucaramanga.

U.S. Water Resources Council. (1981).

Uetz, P., & Hošek, J. (Eds.). (2024). The Reptile Database. https://www.reptile-database.org

Universidad del Norte. (2005). Estudio ecológico de la Ciénaga de Mallorquín.

Universidad del Norte. (2021). Plan de recuperación ecológica de la franja de manglar de la ciénaga de Mallorquín.

Uribe, N., & Urrego, L. E. (2009). Manglares y cambio climático: un análisis para Colombia. Revista Gestión Ambiental.
Vélez J, M. O. (2000). Balances Hidrológicos de Colombia. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia. Facultad Nacional de Minas. Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Medellín. 150 p.

Villamizar, S., Córdoba, A. M., Pacheco Bustos, C. A., & Soto-Verjel, J. (2022). Scoping acoplado a la metodología de Conesa para la evaluación ambiental de un sistema avanzado de descontaminación de lixiviado de relleno sanitario. Ingeniería y Competitividad, 24(2), 1-24. Universidad del Norte.

DOCUMENTO NO DEFINITIVO – FASE DE PUBLICIDAD