

**CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO
TRÓFICO DE LOS CUERPOS DE AGUA ASOCIADOS A LOS MUNICIPIOS DE
SABANAGRANDE, SANTO TOMÁS Y PALMAR DE VARELA EN EL
DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO**

CONTRATO 000180 DE 2014



DICIEMBRE DE 2014

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MARCO CONCEPTUAL	18
4. ÁREA DE ESTUDIO	26
4.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS	26
4.1.1 Clima Regional.	26
4.2 BALANCE HÍDRICO	29
4.3 DEFINICIÓN DEL ÁREA	30
5. METODOLOGÍA	32
5.1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO	32
5.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA	37
5.3 CARACTERIZACIÓN HIDROBIOLÓGICA Y ECOLÓGICA	37
5.3.1 Perifiton.	37
5.3.2 Plancton.	38
5.3.3 Macrófitas.	38
5.3.4 Bentos.	39
5.3.5 Ictiofauna.	39
5.4 TRATAMIENTO DE LOS DATOS	40
5.5 ANÁLISIS MEDIANTE SENSORES REMOTOS	41
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	43
6.1 INDICADORES PARA DEFINIR EL ESTADO TRÓFICO DE LAS CIÉNAGAS	43
6.2 COMPLEJO DE CIÉNAGAS DE PALMAR DE VARELA (CIÉNAGAS: PARAÍSO, LARGA, LA LUISA Y MANATÍ)	50
6.2.1 Características físico-químicas.	50
6.2.2 Características hidrobiológicas.	92
6.3 CIÉNAGA DE SANTO TOMÁS	172

6.3.1	Características físico-químicas y microbiológicas.	172
6.3.2	Características hidrobiológicas.	182
6.4	CIÉNAGA DE SABANAGRANDE	215
6.4.1	Características físico-químicas y microbiológicas.	215
6.4.2	Características hidrobiológicas.	225
6.5	CIÉNAGA EL CONVENTO	259
6.5.1	Características físico-químicas y microbiológicas.	259
6.5.2	Características hidrobiológicas.	270
7.	CONCLUSIONES	304
8.	REFERENCIAS	312

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<i>Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela, Ciénagas de Sabanagrande, Santo Tomás y Convento.</i>	33
<i>Tabla 2. Escala para determinar la abundancia de las especies.</i>	39
<i>Tabla 3. Indicadores de eutroficación en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela y las ciénagas de Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento, periodo seco y de lluvias.</i>	44
<i>Tabla 4. Tabla de correlaciones lineales de Pearson</i>	46
<i>Tabla 5. Eigenvalores del ACP que correlaciona los resultados de los indicadores de eutrofización para las dos épocas (seca y lluviosa).</i>	48
<i>Tabla 6. Relación N/P en la Ciénaga Paraíso.</i>	67
<i>Tabla 7. Algunos indicadores de eutroficación no ajustados, en la Ciénaga Paraíso.</i>	69
<i>Tabla 8. Relación N/P en la Ciénaga Larga.</i>	72
<i>Tabla 9. Indicadores de eutroficación en la Ciénaga Larga.</i>	74
<i>Tabla 10. Relación N/P en la Ciénaga Manatí.</i>	76
<i>Tabla 11. Indicadores de eutroficación en la Ciénaga Manatí.</i>	77
<i>Tabla 12. Relación N/P en la Ciénaga La Luisa</i>	81
<i>Tabla 13. Indicadores de contaminación en la Ciénaga La Luisa.</i>	82
<i>Tabla 14. Valores de los índices de contaminación aplicados en la Ciénaga Paraíso.</i>	84
<i>Tabla 15. Valores de los índices de contaminación aplicados en la Ciénaga Larga.</i>	86
<i>Tabla 16. Valor de los índices de contaminación en la Ciénaga Manatí.</i>	88
<i>Tabla 17. Resultados de los valores de algunos indicadores de contaminación (ICO) en la Ciénaga La Luisa.</i>	90
<i>Tabla 18. Composición y abundancia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga Paraíso en las épocas secas (S) y lluvia (LL).</i>	92
<i>Tabla 19. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga Paraíso en los periodos seco y lluvioso.</i>	96
<i>Tabla 20. Composición y abundancia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga Larga durante el periodo seco de 2014.</i>	97
<i>Tabla 21. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga Larga.</i>	99
<i>Tabla 22. Composición y abundancia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga Manatí.</i>	100
<i>Tabla 23. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga Manatí.</i>	103
<i>Tabla 24. Composición y Presencia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga La Luisa en las épocas secas (S) y lluvia (LL).</i>	104
<i>Tabla 25. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga La Luisa en época seca y época lluviosa.</i>	109
<i>Tabla 26. Clasificación trófica de las aguas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela.</i>	112
<i>Tabla 27. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga Paraíso en los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$)</i>	113
<i>Tabla 28. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga Manatí durante la época de sequía. Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$)</i>	116
<i>Tabla 29. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga Larga durante la época de sequía. Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$).</i>	119
<i>Tabla 30. Índices ecológicos del fitoplancton en la ciénaga La Luisa durante los dos monitoreos (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$).</i>	123
<i>Tabla 31. Indices ecológicos de las ciénagas del complejo de cenagoso de Palmar de Varela. Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$)</i>	125

Tabla 32. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de zooplancton encontradas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela (Ciénagas de Paraíso, Larga, La Luisa y Manatí) en los periodos de ausencia y presencia de lluvias. _	126
Tabla 33. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga La Luisa durante la época de sequía. _	128
Tabla 34. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga La Luisa en el periodo lluvioso. _____	130
Tabla 35. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga La Luisa para los periodos de ausencia y presencia de lluvias. _____	135
Tabla 36. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga Paraíso, en las épocas de ausencia y presencias de lluvias. _____	136
Tabla 37. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga Paraíso para los periodos de ausencia y presencia de lluvias. _____	140
Tabla 38. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga Manatí, en la época de ausencia de lluvias. _____	141
Tabla 39. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga Manatí durante el periodo de ausencia de lluvias. _____	143
Tabla 40. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga Larga, en la época de ausencia de lluvias. _____	144
Tabla 41. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga Larga durante el periodo de ausencia de lluvias. _____	146
Tabla 42. Clasificación Taxonómica de las morfoespecies registradas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela durante dos monitoreos realizados en 2014 (época seca y de lluvias). _____	147
Tabla 43. Porcentajes promedio de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en la el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela en las épocas de sequía y lluvia de 2014. _____	149
Tabla 44. Índices ecológicos para la cobertura de macrófitas registradas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela en las épocas de sequía y lluvia de 2014. _____	150
Tabla 45. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga Paraíso. _____	153
Tabla 46. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo en la Ciénaga Paraíso. _____	155
Tabla 47. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga Larga. _____	156
Tabla 48. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga Manatí. _____	157
Tabla 49. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo en la Ciénaga Manatí. _____	158
Tabla 50. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga La Luisa. _____	158
Tabla 51. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo y épocas. _____	161
Tabla 52. Distribución de géneros en la época seca y de lluvias en la Ciénaga La Luisa. _____	161
Tabla 53. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Paraíso. _____	162
Tabla 54. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga Paraíso. _____	164
Tabla 55. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Larga. _____	165
Tabla 56. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga Larga. _____	167
Tabla 57. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Manatí. _____	167
Tabla 58. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga Manatí. _____	169
Tabla 59. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Luisa. _____	170
Tabla 60. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga La Luisa. _____	171
Tabla 61. Relación N/P en la Ciénaga de Santo Tomás. _____	176
Tabla 62. Indicadores de contaminación en la Ciénaga Santo Tomás. _____	178
Tabla 63. Resultados de los valores de algunos indicadores de contaminación (ICO). _____	180
Tabla 64. Composición y Presencia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga de Santo Tomás en las épocas secas (S) y lluvia (LL). _____	182
Tabla 65. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca y lluvia _____	186

Tabla 66. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás en los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Wiener (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$).	191
Tabla 67. Composición Taxonómica del zooplancton en la Ciénaga de Santo Tomás en dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).	192
Tabla 68. Promedio de Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás durante 5 días de monitoreo en época seca en 2014.	196
Tabla 69. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás durante el monitoreo realizado en época lluviosa en 2014.	197
Tabla 70. Índices ecológicos para el zooplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás en los periodos de Monitoreo (época seca y de lluvias).	200
Tabla 71. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás durante dos monitoreos realizados en 2014 (época seca y de lluvias).	201
Tabla 72. Porcentajes de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás en las épocas de sequía y lluvia de 2014.	204
Tabla 73. Índices ecológicos para la cobertura de macrófitas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás en las épocas de sequía y lluvia de 2014.	205
Tabla 74. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga de Santo Tomás.	209
Tabla 75. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo y épocas en la Ciénaga de Santo Tomás.	211
Tabla 76. Distribución de géneros en la época seca y de lluvias en la Ciénaga de Santo Tomás.	211
Tabla 77. Clasificación y abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Santo Tomás.	212
Tabla 78. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga de Santo Tomás.	215
Tabla 79. Relación N/P en la Ciénaga de Sabanagrande.	219
Tabla 80. Indicadores de eutroficación en la Ciénaga de Sabanagrande.	221
Tabla 81. Resultados de los valores de algunos indicadores de contaminación (ICO).	223
Tabla 82. Composición y Presencia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga de Sabanagrande en las épocas secas (S) y lluvia (LL).	225
Tabla 83. Índices ecológicos del Perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande en las épocas seca y lluviosa.	230
Tabla 84. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Wiener (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$).	234
Tabla 85. Composición taxonómica del zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).	235
Tabla 86. Promedio de Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande durante 5 días de monitoreo en época seca en 2014.	239
Tabla 87. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande en época lluviosa en 2014.	241
Tabla 88. Índices ecológicos para el zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).	244
Tabla 89. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga de Sabanagrande durante las épocas de sequía y de lluvias realizados en 2014 (época seca y de lluvias).	245
Tabla 90. Porcentaje promedio de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga de Sabanagrande.	247
Tabla 91. Porcentaje promedio de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en las estructuras hidráulicas de la Ciénaga de Sabanagrande.	247

Tabla 92. Índices ecológicos para la cobertura de macrófitas registradas en los puntos de muestreo ubicados en la Ciénega de Sabanagrande y en los Puntos hidráulicos en las épocas de sequía y lluvia de 2014.	248
Tabla 93. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénega de Sabanagrande.	252
Tabla 94. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo y épocas en la Ciénega de Sabanagrande.	254
Tabla 95. Distribución de géneros en la época seca y de lluvias en la Ciénega de Sabanagrande.	254
Tabla 96. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénega de Sabanagrande	255
Tabla 97. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénega de Sabanagrande.	258
Tabla 98. Relación N/P en la ciénega del Convento	265
Tabla 99. Indicadores de eutroficación en la Ciénega El Convento	266
Tabla 100. Resultados de los valores de algunos indicadores de contaminación (ICO).	268
Tabla 101. Composición y Presencia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénega El Convento en las épocas seca (S) y lluviosa (LL).	270
Tabla 102. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénega El Convento en la época seca y lluvia	275
Tabla 103. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénega El Convento en los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Wiener (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson (λ^{-1}).	280
Tabla 104. Composición taxonómica del zooplancton registrado en la Ciénega El Convento en los dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).	282
Tabla 105. Promedio de Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénega El Convento durante 5 días de monitoreo en época seca en 2014.	284
Tabla 106. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénega El Convento en época Lluviosa en 2014.	286
Tabla 107. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénega El Convento en los dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).	287
Tabla 108. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénega El Convento durante dos monitoreos realizados en 2014 (época seca y de lluvias).	289
Tabla 109. Porcentaje promedio de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénega El Convento.	291
Tabla 110. Índices ecológicos para la cobertura de macrófitas registradas en los puntos de muestreo ubicados en la Ciénega El Convento y en los Puntos hidráulicos en las épocas de sequía y lluvia de 2014.	292
Tabla 111. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénega El Convento.	296
Tabla 112. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo y épocas en la Ciénega El Convento.	298
Tabla 113. Distribución de géneros en la época seca y de lluvias en la Ciénega El Convento.	298
Tabla 114. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénega El Convento.	300
Tabla 115. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la ciénega de Sabanagrande.	303

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Variación mensual de la temperatura de acuerdo con los registros de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Fuente: (IDEAM, 2006).	26
Figura 2. Variación mensual de la precipitación de acuerdo con los registros de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Fuente: (IDEAM, 2006).	27
Figura 3. Variación mensual de las horas de radiación solar de acuerdo con los registros de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Fuente: (IDEAM, 2006).	28
Figura 4. Variación mensual de la velocidad del viento (m/seg) de acuerdo con los registros de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Fuente: (IDEAM, 2006).	29
Figura 5. Localización de los puntos de monitoreo en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela. En iconos en amarillo: Ciénaga Paraíso; naranja: Ciénaga Larga, azul: Ciénaga Manatí y verde aguamarina Ciénaga La Luisa. Imagen de Google earth con fecha de captura (9-29 2014).	35
Figura 6. Localización de los puntos de monitoreo en la Ciénaga de Santo Tomás; iconos blancos: puntos cercanos a las estructuras. Imagen de Google earth con fecha de captura (9-29 2014).	35
Figura 7. Localización de los puntos de monitoreo en la Ciénaga de Sabanagrande; iconos blancos: puntos cercanos a las estructuras. Imagen de Google earth con fecha de captura (9-29 2014).	36
Figura 8. Localización de los puntos de monitoreo en la Ciénaga El Convento; iconos blancos: puntos cercanos a las estructuras. Imagen de Google earth con fecha de captura (9-29 2014).	36
Figura 9. Representación del ACP correlacionando los resultados de los indicadores de eutrofización para las dos épocas seca (a) y lluviosa (b).	49
Figura 10. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga Paraíso: A-Temperatura, B- pH, C- Conductividad, D- SST, E- Turbiedad	51
Figura 11. Valores de factores fisicoquímicos y microbiológicos en la Ciénaga Paraíso. a-(Nitratos y Nitrogeno Moniacal); b-(Fósforo total t Ortofosfatos); c-(DBO5 y DQO); d-(Coliformes); e-Sulfatos.	53
Figura 12. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga La larga: A- pH; B- Conductividad; C- Turbiedad; D- SST.	55
Figura 13. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga La Larga: A- O.D; B- Clorofila "a"; C- DBO y DOQ; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).	57
Figura 14. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga Manatí: A- pH; B- Conductividad; C- Turbiedad; D- SST.	59
Figura 15. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga Manatí: A- O.D; B- DBO y DOQ; C- Clorofila "a"; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).	60
Figura 16. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga La Luisa: A- pH; B- Conductividad; C- Turbiedad; D- SST.	62
Figura 17. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga La Luisa: A- O.D; B- DBO y DOQ; C- Clorofila "a"; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).	64
Figura 18. Valores de los nutrientes en la Ciénaga Paraíso. A-Fósforo total y Ortofosfatos; B- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; C- Sulfatos.	65
Figura 19. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga Paraíso en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (E).	68
Figura 20. Mapa de variación de indicadores de eutrofización en la Ciénaga Paraíso en la época seca (A-Carlson basado en PT), (C-Carlson basado en Clorofila "a"), (E-densidad del fitoplancton) y de lluvias (B- Carlson basado en PT), (D- Carlson basado en Clorofila "a") y (F- densidad del Fitoplancton).	70
Figura 21. Valores de los nutrientes en la Ciénaga Larga. A-Fósforo total y Ortofosfatos; B- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; C- Sulfatos.	71
Figura 22. A) Relación N/P en la Ciénaga Larga (b). B) Gradiente de concentración de nitratos en la Ciénaga Larga (b).	73

Figura 23. A) Mapa de variación de Carlson (Fósforo total) en la Ciénaga Larga. B) Mapa de variación de Carlson (Clorofila "a") en la Ciénaga Larga. C) Mapa de variación del Fitoplancton en la Ciénaga Larga.	75
Figura 24. Valores de los nutrientes en la Ciénaga Manatí. A-Fósforo total y Ortofosfatos; B- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; C- Sulfatos.	76
Figura 25. A) Variación de la relación N/P en la Ciénaga Manatí. B) Variación de los nitratos en la Ciénaga Manatí.	77
Figura 26. A) Mapa de variación Carlson (Fósforo total) en la Ciénaga Manatí. B) Mapa de variación de Carlson (Clorofila "a") en la Ciénaga Manatí. C) Mapa de variación del Fitoplancton en la Ciénaga Manatí.	78
Figura 27. Valores de los nutrientes en la Ciénaga La Luisa. A-Fósforo total y Ortofosfatos; B- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; C- Sulfatos.	80
Figura 28. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga La Luisa en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (E).	81
Figura 29. Mapa de variación del índice de Carlson en la Ciénaga La Luisa en la época seca (A-Fósforo total), (C-Clorofila "a"), (E-Fitoplancton) y de lluvias (B- Fósforo total), (D- Clorofila "a") y (F- Fitoplancton).	83
Figura 30. Mapa de variación de los índices de contaminación (A-ICOMO-Sequia), (B-ICOMO-Lluvias), (C-ICOpH-Sequia), (D- ICOpH-Lluvias), (E-ICOSUS-Sequia) y (F- ICOSUS-Lluvias) en la Ciénaga Paraíso.	85
Figura 31. A) Variación del índice de contaminación ICOMO en la Ciénaga Larga (b). B) Variación del índice de contaminación ICOpH en la Ciénaga Larga (b). C) Variación del índice de contaminación ICOSUS en la Ciénaga Larga (b).	87
Figura 32. A) Variación del índice de contaminación ICOMO en la Ciénaga Manatí (b). B) Variación del índice de contaminación ICOpH en la Ciénaga Manatí (b). C) Variación del índice de contaminación ICOSUS en la Ciénaga Manatí (b).	89
Figura 33. Mapa de variación de los índices de contaminación (A-ICOMO-Sequia), (B-ICOMO-Lluvias), (C-ICOpH-Sequia), (D- ICOpH-Lluvias), (E-ICOSUS-Sequia) y (F- ICOSUS-Lluvias) en la Ciénaga de Santo Tomás.	91
Figura 34. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga Paraíso en la época seca y en la época de lluvia.	93
Figura 35. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga Paraíso A: época seca, B: época lluvia.	94
Figura 36. Distribución de la abundancia Ind/cm ² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga Paraíso. A: época seca, B: época lluviosa.	95
Figura 37. Dendograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga Paraíso. A: época seca, B: época Lluvia.	95
Figura 38. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga Larga.	97
Figura 39. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga Larga.	98
Figura 40. Distribución de la abundancia Ind/cm ² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga Larga.	99
Figura 41. Dendograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga Larga.	100
Figura 42. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga Manatí.	101
Figura 43. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga Manatí.	102
Figura 44. Distribución de la abundancia Ind/cm ² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga Manatí.	103
Figura 45. Dendograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga Manatí.	104
Figura 46. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga La Luisa en la época seca y la época lluviosa.	106
Figura 47. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga La Luisa. A: época seca, B: época lluviosa.	107
Figura 48. Distribución de la abundancia Ind/cm ² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga La Luisa. A: época seca, B: época lluviosa.	108
Figura 49. Dendograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga La Luisa A-época seca, B: época Lluviosa.	110

Figura 50. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga Paraíso durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).	111
Figura 51. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga Paraíso durante los dos periodos de monitoreo.	113
Figura 52. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga Paraíso durante los periodos monitoreados.	114
Figura 53. Riqueza y densidad del fitoplancton por punto de monitoreo en la Ciénaga Manatí.	116
Figura 54. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga Manatí durante la época de sequía.	117
Figura 55. Riqueza y densidad del fitoplancton por punto de monitoreo en la Ciénaga Larga.	118
Figura 56. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga Larga durante la época de sequía.	119
Figura 57. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga de La Luisa durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).	120
Figura 58. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga de La Luisa durante los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias).	122
Figura 59. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga La Luisa durante los dos monitoreos.	124
Figura 60. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela.	125
Figura 61. Riqueza y densidad relativa de los grupos zooplanctónicos encontrados en la Ciénaga La Luisa durante los periodos de ausencia de lluvias (A.) y presencia de lluvias (B.).	133
Figura 62. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray Curtis para el zooplancton las épocas de ausencia de lluvias y presencia de lluvias en la Ciénaga La Luisa en 2014.	134
Figura 63. Riqueza y densidad relativa de los grupos zooplanctónicos encontrados en la Ciénaga Paraíso durante los periodos: A) Ausencia de lluvias, y B) presencia de lluvias.	138
Figura 64. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray Curtis para las épocas de ausencia de lluvias y presencia de lluvias en la Ciénaga Paraíso.	139
Figura 65. Riqueza y densidad relativa de los grupos zooplanctónicos encontrados en la Ciénaga Manatí durante el periodo de ausencia de lluvias.	142
Figura 66. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray Curtis en la época de ausencia de lluvias en la Ciénaga Manatí.	143
Figura 67. Riqueza y densidad relativa de los grupos zooplanctónicos encontrados en la Ciénaga Larga durante el periodo de ausencia de lluvias.	145
Figura 68. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray Curtis en la época de ausencia de lluvias en la Ciénaga Larga.	146
Figura 69. Riqueza de los órdenes de macrófitas registradas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela en dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.	148
Figura 70. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la época seca de 2014 en las ciénagas del complejo de Palmar de Varela (Paraíso, Larga, Manatí y La Luisa).	152
Figura 71. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la época lluviosa de 2014 en las ciénagas del complejo de Palmar de Varela (Paraíso, Larga, Manatí y La Luisa).	153
Figura 72. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga Paraíso.	154
Figura 73. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga Manatí.	158
Figura 74. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga La Luisa.	160
Figura 75. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden en la Ciénaga Paraíso.	163
Figura 76. Distribución de los porcentajes de abundancia (ARN) y biomasa (ARB) para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga Paraíso.	164

Figura 77. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden en la Ciénaga Larga.	165
Figura 78. Distribución de los porcentajes de abundancia relativa (ARN) y biomasa (ARB) para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga Larga.	166
Figura 79. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden en la Ciénaga Manatí.	168
Figura 80. A) Distribución del número de individuos por especie en la Ciénaga Manatí.	168
Figura 81. Distribución de los porcentajes de abundancia y biomasa para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga Manatí.	169
Figura 82. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden en la Ciénaga Luisa.	171
Figura 83. A) Distribución del número de individuos por especie en la Ciénaga La Luisa.	171
Figura 84. Valores de factores físicoquímicos en la Ciénaga de Santo Tomás: A- SST; B- Turbiedad; C- pH; D - Conductividad.	173
Figura 85. Valores de factores físicoquímicos en la Ciénaga de Santo Tomás: A- O.D; B- DBO y DOQ; C- Clorofila "a"; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).	174
Figura 86. Valores de los nutrientes en la Ciénaga de Santo Tomás: A- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; B- Fosforo total y Ortofosfatos; C- Sulfatos.	175
Figura 87. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (E).	177
Figura 88. Mapa de variación del índice de Carlson en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca (A-Fósforo total), (C- Clorofila "a"), (E-Fitoplancton) y de lluvias (B- Fósforo total), (D- Clorofila "a") y (F- Fitoplancton).	179
Figura 89. Mapa de variación del índice de Contaminación en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca (A-ICOMO), (C- ICOPH), (E-ICOSUS) y de lluvias (B- ICOMO), (D- ICOPH) y (F- ICOSUS).	181
Figura 90. Distribución porcentual del perifiton en la Ciénaga de Santo Tomás en las épocas secas y lluvia.	183
Figura 91. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga de Santo Tomás. A: época seca, B: época lluvia.	184
Figura 92. Distribución de la abundancia Ind/cm ² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga de Santo Tomás A: época seca, B: época lluvia.	185
Figura 93. Dendograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga de Santo Tomás. A: época seca, B: época Lluvia.	186
Figura 94. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).	188
Figura 95. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).	190
Figura 96. Dendograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás durante los dos monitoreos.	192
Figura 97. Riqueza de zooplancton por clase en la Ciénaga de Santo Tomás en dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.	195
Figura 98. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás durante la época seca y la época lluviosa en 2014.	199
Figura 99. Clúster de similitud de Bray-Curtis según la abundancia de zooplancton en la Ciénaga de Santo Tomás: A) Época seca, B) Época de lluvias.	201
Figura 100. Riqueza de los órdenes de macrófitas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás en dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.	203

Figura 101. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca de 2014.	207
Figura 102. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la Ciénaga de Santo Tomás en la época lluviosa de 2014.	208
Figura 103. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga de Santo Tomás.	210
Figura 104. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por familia en la Ciénaga de Santo Tomás.	212
Figura 105. A) Distribución de la abundancia y riqueza por punto. B) Distribución de número de individuos por especie.	213
Figura 106. Distribución de los porcentajes de abundancia y biomasa para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga de Santo Tomás.	214
Figura 107. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga de Sabanagrande: A- SST; B- Turbiedad; C- pH; D –Clorofila “a”.	216
Figura 108. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga de Sabanagrande: A- O.D; B- DBO y DOQ; C- Conductividad D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).	217
Figura 109. Valores de los nutrientes en la Ciénaga de Sabanagrande. A- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; B- Fosforo total y Ortofosfatos; C- Sulfatos.	218
Figura 110. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (E).	220
Figura 111. Mapa de variación del índice de Carlson en la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca (A-Fósforo total), (C-Clorofila “a”), (E-Fitoplancton) y de lluvias (B- Fósforo total), (D- Clorofila “a”) y (F- Fitoplancton).	222
Figura 112. Mapa de variación de los índices de Contaminación en la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca (A- ICOMO), (C-ICOPH), (E-ICOSUS) y de lluvias (B- ICOMO), (D- ICOPH) y (F- ICOSUS).	224
Figura 113. Distribución porcentual del perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande en las épocas secas y lluvia.	227
Figura 114. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande. A: Época seca, B: Época lluvia.	227
Figura 115. Distribución de la abundancia Ind/cm ² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande A: Época seca, B: Época lluvia	228
Figura 116. Dendograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande A- época seca, B: época Lluvia	229
Figura 117. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga de Sabanagrande durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).	231
Figura 118. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga de Sabanagrande durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).	232
Figura 119. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga de Sabanagrande durante los dos monitoreos	235
Figura 120. Riqueza de zooplancton por clase en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.	238
Figura 121. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande durante la época seca y la época lluviosa en 2014.	243
Figura 122. Clúster de similitud de Bray-Curtis según la abundancia de zooplancton en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo. A) Época seca, B) Época de lluvias.	245
Figura 123. Riqueza de los órdenes de macrófitas registradas en la Ciénaga de Sabanagrande.	246
Figura 124. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca de 2014.	250

Figura 125. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la Ciénaga de Sabanagrande en la época lluviosa de 2014.	251
Figura 126. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga de Sabanagrande.	253
Figura 127. A) Distribución del número de familias y especies según los órdenes encontrados B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden.	256
Figura 128. A) Distribución de la abundancia y riqueza por punto. B) distribución de número de individuos por especie.	257
Figura 129. Distribución de los porcentajes de abundancia y biomasa para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga de Sabanagrande.	258
Figura 130. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga El Convento: A- pH; B – Conductividad; C- SST; D- Turbiedad.	260
Figura 131. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga El Convento: A- Clorofila "a"; B- O.D.; C- DBO y DOQ; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).	262
Figura 132. Valores de los nutrientes en la Ciénaga El Convento: A- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; B- Fosforo total y Ortofosfatos; C- Sulfatos.	264
Figura 133. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga El Convento en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (E).	265
Figura 134. Mapa de variación del índice de Carlson en la Ciénaga del Convento en la época seca (A-Fósforo total), (C- Clorofila "a"), (E-Fitoplancton) y de lluvias (B- Fósforo total), (D- Clorofila "a") y (F- Fitoplancton).	267
Figura 135. Mapa de variación de los índices de Contaminación en la Ciénaga del Convento en la época seca (A-ICOMO), (C-ICOpH), (E-ICOSUS) y de lluvias (B- ICOMO), (D- ICOpH) y (F- ICOSUS).	269
Figura 136. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga El Convento en la época seca y época de lluvia.	272
Figura 137. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga El Convento. A: época seca, B: época lluvia.	272
Figura 138. Distribución del % abundancia relativa discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga El Convento. A: época seca, B: época lluvia.	274
Figura 139. Dendograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga El Convento. A-época seca, B: época Lluvia.	276
Figura 140. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga El Convento durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).	277
Figura 141. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga El Convento durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).	279
Figura 142. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga El Convento durante los dos monitoreos.	281
Figura 143. Riqueza de zooplancton por clase en la Ciénaga El Convento Tomás en los dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de Lluvias.	284
Figura 144. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga El Convento durante la época seca y la época lluviosa en 2014.	287
Figura 145. Clúster de similitud de Bray-Curtis según la abundancia de zooplancton en la Ciénaga El Convento en los dos periodos de monitoreo. A) Época seca, B) Época de Lluvias.	289
Figura 146. Riqueza de los órdenes de macrófitas registradas en la Ciénaga El Convento.	290
Figura 147. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en época seca de 2014 en la Ciénaga El Convento.	294
Figura 148. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la época lluviosa de 2014 en la Ciénaga El Convento.	295
Figura 149. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga El Convento.	297

<i>Figura 150. Dendograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis para el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela Luisa, Larga, Manatí y Paraíso y las ciénagas de Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento, durante la época de sequía.</i>	300
<i>Figura 151. A, Distribución del número de familias y especies según los órdenes encontrados B, Porcentaje de distribución del número de individuos por orden.</i>	301
<i>Figura 152. Abundancia y riqueza de la fauna ictica en las estaciones monitoreadas.</i>	302
<i>Figura 153. Distribución de los porcentajes de abundancia y biomasa para las especies icticas capturadas en la Ciénaga de Convento.</i>	302

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1. Informe de Análisis de Resultados Físico-Químico</i>	330
<i>Anexo 2. Resultados de Composición y Densidades del Perifiton.</i>	529
<i>Anexo 3. Clasificación encontrado en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela y las ciénagas El Convento, Santo Tomas, Sabanagrande y del, durante 2014</i>	534
<i>Anexo 4. Individuos/Litro de fitoplancton registrados en cada punto en los diferentes días de monitoreo</i>	540
<i>Anexo 5. Individuos/Litro de zooplancton registrados en cada punto en los diferentes días de monitoreo.</i>	595
<i>Anexo 6. Registro fotográfico</i>	627

1. INTRODUCCIÓN

Las ciénagas son extensiones de suelos ubicadas en depresiones y funcionan como recipientes que albergan el exceso de los volúmenes de los sistemas de aguas corrientes, principalmente de los ríos, a través de canales meandriformes por acción inúndante de la corriente sobre estas tierras bajas además de la acción erosiva del río dando origen a la formación de brazos que eventualmente se convierten en ciénagas (Roldan y Ramírez, 2008); estas son cuerpos de agua someros que normalmente no sobrepasan los 5 metros de profundidad, exceptuando algunas lagunas formadas en antiguos brazos de ríos, que alcanzan 10 metros o más (Márquez-Calle, 2008). Por lo general estos sistemas poseen aguas cálidas que por su poca profundidad no generan estratificaciones térmicas estables durante el día que se pierden durante la noche por acción de factores como los vientos las corrientes de convección o las lluvias (Ducharme, 1975 en Roldan y Ramírez, 2008).

Estos planos inundables son sistemas de alta productividad por la alta deposición de nutrientes. En ellas, en épocas que en las corrientes se exceden su cota máxima que permiten una elevada producción primaria por parte de plantas acuáticas, algas y del plancton traduciéndose en una elevada producción pesquera siendo comunes peces como los bocachicos, mojarra bagres entre otros. Estos hábitats se caracterizan por tener una diversidad moderada con elevado número de organismos (Márquez-Calle, 2008), además, funcionan como refugios ecológicos permanentes o transitorios para aves migratorias (Arias, 1985 en Roldan, 1992). Presentan ciclos anuales (inundación y estiaje) los cuales son muy complejos y se encuentran asociados a los ciclos climáticos.

El Departamento del Atlántico es una de las regiones del país que a pesar de tener características con tendencia a la aridez desde el punto de vista de sus suelos y coberturas vegetales, se identifica por ser uno de los sectores que tienen reservas hidrológicas en volúmenes considerables ubicados en su mayoría al Oriente y Sur del territorio fuertemente influenciados tanto por el Río Magdalena como por el Canal del Dique, originándole al Departamento un catálogo de servicios y una oferta ambiental de gran importancia estratégica para su desarrollo (CRA – CORMAGDALENA – CI, 2007).

El Río Magdalena, en su margen izquierda en el Departamento del Atlántico, posee un estructurado complejo de humedales conocidos como el margen húmedo del Departamento, del cual hacen parte ecosistemas altamente dinámicos, que en la actualidad están sujetos a una amplia gama de factores naturales y antrópicos que determinan su modificación en el tiempo (CRA – CORMAGDALENA – CI, 2007), que se tuvieron en cuenta para este informe, incluyendo en el las ciénagas Paraíso, Larga, La Luisa, Manatí, Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento.

Las ciénagas Paraíso, Larga, La Luisa, Manatí, Santo Tomás, Sabanagrande, actúan como aliviaderos del río en su cota máxima alojando grandes cantidades de volúmenes de agua cumpliendo una función natural de estos sistemas. Por su parte, la Ciénaga El Convento recibe aportes del Río Magdalena y del Arroyo Pital que nace en el municipio de Polonuevo.

El presente documento corresponde al Informe Final de la Caracterización del Ambiente Acuático y Evaluación del Estado Trófico de los Cuerpos de Agua Asociados a los Municipios de Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela, donde principalmente, mediante el análisis de las variables fisicoquímicas, hidrobiológicas, microbiológicas y el pulso de inundación se evalúa el grado de eutrofización espacial y temporal de estos cuerpos de agua, dando cumplimiento a lo establecido en el Plan de Acción Institucional 2012 – 2015 (Monitoreos del año 2014) de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado trófico de los cuerpos de agua lénticos de mayor importancia en los municipios de Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela en el Departamento del Atlántico, durante los periodos de lluvia y sequía del año 2014, aportando información que permite dar cumplimiento al Plan de Acción Institucional 2012 – 2015 de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las concentraciones de pH, oxígeno disuelto (OD), temperatura, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y nutrientes (NO₃, NO₂, NH₄, NT, PO₄ y PT) en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela (ciénagas Paraíso, Larga, La Luisa, Manatí) y las ciénagas Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento.
- Determinar las concentraciones de Coliformes Totales y Fecales en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela (ciénagas Paraíso, Larga, La Luisa, Manatí) y las ciénagas Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento.
- Determinar la composición de los componentes hidrobiológicos (macrófitas, perifiton, fitoplancton, zooplancton, bentos e ictiofauna) como indicadores de la calidad ambiental de los cuerpos de agua de interés.
- Determinar el grado de eutrofización en el que se encuentran los cuerpos de agua seleccionados para investigación, en los dos periodos de estudio, mediante la evaluación de las concentraciones de las variables fisicoquímicas y microbiológicas, así como de la composición de las variables hidrobiológicas.

3. MARCO CONCEPTUAL

A continuación se presentan algunos conceptos relacionados con la temática de este estudio, cuya definición permite mayor comprensión de los objetivos y resultados alcanzados.

Limnológico (a). Hace referencia a factores, variables y características estudiadas en el objeto de estudio de la Limnología.

Limnología. Es una ciencia esencialmente ecológica, que estudia la productividad biológica de las aguas epicontinentales y con todas las influencias causales que la han determinado”, explica que la relación “productividad biológica”, incluye sus aspectos cuantitativos y cualitativos, así como actuales y potenciales; aclarando la expresión “aguas epicontinentales” como todos los tipos de aguas superficiales del continente: ríos o lagos, y que “influencias causales” son todos los factores físicos, químicos, biológicos y meteorológicos, entre otros, que determinan las características de la cantidad de producción biológica: Que además, se preocupa de la calidad sanitaria de las aguas y en especial en los aspectos dinámicos del fenómeno de la contaminación y autodepuración (Bohorquez y Ardila, 1996).

Modernamente, la Limnología consiste en analizar, de manera integral, las características, fuerzas y procesos de las aguas continentales y la relación entre el componente biótico y abiótico de las mismas.

En el campo limnológico se pueden determinar tres niveles de estudio: Físico-químico, que incluye la naturaleza y procesos de formación de las cuencas y valles que ocupan los lagos, ríos y estuarios, así como las propiedades físico-químicas del agua. El aspecto Biótico, que estudia la composición y posición del organismo en particular, es decir, el estudio de la biocenosis de aguas dulces. Por último, el nivel Integrativo, que es el verdadero enfoque limnológico, en el cual se correlacionan, de manera sistemática los resultados de los niveles anteriores y se da un conocimiento sobre la estructura y forma del cuerpo de agua que se estudia.

Esta ciencia tiene un carácter interdisciplinario que agrupa a la Geología, Química, Física, Biología y Ecología, para hacer integral el estudio de las aguas continentales.

Características físico-químicas del agua. Las condiciones ambientales en el agua, son determinantes para el desarrollo de la vida en todas sus manifestaciones, es por eso que su estudio, suministra información sobre el estado actual del mismo (Roldán 1992). Las variables fisicoquímicas mas estudiadas son:

Temperatura: En los lagos la temperatura presenta variaciones considerables que se deben a factores de orden natural, como la estratificación estacional, la cantidad de lluvia caída, el desagüe y el viento (Peña et al. 2012). Sin embargo, en los sistemas tropicales se recibe una cantidad de radiación más o menos constante a lo largo de todo el año, presentando las principales variaciones con la altura sobre el nivel del mar. En el piso térmico cálido tropical, al que pertenecen las ciénagas de este estudio, se presentan profundidades reducidas, de apenas unos pocos metros, con variaciones diarias de temperatura ambiente mayores que las del agua, siendo común observar estratificaciones (en el día) y desestratificaciones (en la noche) diarias en la columna de agua, facilitadas por el trabajo del viento y las fuerzas conveccionales (Roldán y Ramírez, 2008).

Conductividad: Esta mide la cantidad total de iones y se basa en la capacidad que tiene una solución de conducir la corriente eléctrica en función de la concentración de iones disueltos como el calcio, cloruro, fosfato, magnesio, nitrato, sodio y sulfato. En el trópico la conductividad depende de la naturaleza geoquímica del terreno y su concentración varía principalmente con las épocas de lluvia, de sequía y con su estado trófico. Los valores habituales de conductividad son menores de $50\mu\text{S}/\text{cm}$ en aguas de bajo contenido iónico, y desde 500 hasta $2000\mu\text{S}/\text{cm}$ para las fuertemente mineralizadas (Roldán y Ramírez, 2008).

Turbiedad y Sólidos Suspendidos Totales: La turbiedad es la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz (Sierra, 2011). Se debe a la presencia de material tanto inorgánico como orgánico que se encuentra en suspensión en la columna de agua, su intensidad dependerá de la naturaleza, tamaño y cantidad del material en suspensión, así como de las tasas de sedimentación tratándose específicamente de un sistema léntico (Vásquez et al. 2012). La turbiedad puede ser modificada por la erosión de la cuenca, por la contaminación industrial y doméstica (Sierra, 2011). Por su parte, los sólidos suspendidos son el tipo de sólidos más importantes de determinar en los estudios de calidad del agua en el contexto, puesto que de este se desprende el cobro de tasas retributivas (Sierra, 2011).

pH: El pH o potencial de hidrogeniones (H^+) es la medida de la acidez y basicidad del agua, y constituye un indicador del metabolismo de las comunidades animales (respiración) y vegetales (fotosíntesis) (Peña et al. 2012). En las aguas neotropicales los valores de pH varían naturalmente entre 6.0 y 9.0 unidades, aunque se pueden presentar valores extremos. En las ciénagas de las partes bajas, se registran con frecuencia valores en un rango más amplio, entre 5,0 y 9,0 unidades, dependiendo de su estado trófico y de su alcalinidad (Roldán y Ramírez, 2008).

Oxígeno Disuelto (OD): El oxígeno disuelto (OD) puede ser un indicador de cuan contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte a la vida animal y vegetal. Generalmente un nivel alto es indicador de aguas de mejor calidad, si los niveles son demasiado bajos algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (Peña et al. 2012), aunque niveles altos por encima de la saturación (100%) también pueden causar inconvenientes a la sobrevivencia de algunos organismos como la embolia gaseosa en los peces. Este es uno de los gases más importantes, no solo para los organismos, sino para la degradación de la materia orgánica. Después de la temperatura, este es uno de los factores más importantes que debe ser medido; las fuentes de oxígeno disuelto en el agua son la precipitación pluvial, la difusión del aire, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada. Su consumo ocurre por respiración de las plantas y animales, la demanda bioquímica, química y bentónica del oxígeno, los afluentes, la agitación excesiva y el sedimento, aunque el principal factor de consumo es la oxidación de la materia orgánica por respiración de los microorganismos descomponedores (Roldán y Ramírez, 2008).

DBO₅ y DQO: La descarga de materia orgánica contaminante en una masa de agua crea una acción de purificación natural a través del proceso de oxidación bioquímica. Este es un proceso microbial que utiliza las sustancias contaminantes como una fuente de carbón, mientras consume el oxígeno disuelto en el agua para la respiración.

La tasa de purificación depende de varias condiciones incluida la temperatura y la naturaleza de la materia orgánica. La cantidad de oxígeno disuelto consumido por un cierto volumen de una muestra de agua, para los procesos de oxidación bioquímica durante un período de 5 días a 20°C se ha establecido como el método de medición de la calidad de la muestra y es conocido como DBO₅. La DBO mide la cantidad de oxígeno necesaria o consumida para la descomposición microbiológica (oxidación) de la materia orgánica en el agua y se define como la cantidad total de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar la materia orgánica descompuesta (OEA-CAN-GOBIERNO ESPAÑOL, 2008).

Nutrientes y estado trófico: El nitrógeno y el fósforo son los dos elementos más importantes para la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos. Estos iones varían con los períodos de lluvia y sequía y de acuerdo con la utilización por las algas. Su concentración varía desde microgramos (µg/L) en medios oligotróficos hasta varios miligramos por litro en medios eutrofizados. Constituyen los iones que en un momento determinado pueden limitar en mayor medida la producción primaria (Roldán y Ramírez, 2008).

El nitrógeno puede presentarse en los ambientes acuáticos en varias formas, como nitrato (NO₃), nitrito (NO₂), amoníaco (NH₃), amonio (NH₄), óxido nitroso (N₂O), nitrógeno molecular (N₂) y nitrógeno

orgánico disuelto. De estas formas los nitratos y el amonio son las más importantes para los sistemas acuáticos, por cuanto constituyen la fuente principal para los organismos como las microalgas, aunque los nitratos pueden dominar como fuente de nitrógeno en medios aerobios, donde el amonio suele estar en muy bajas concentraciones. Los nitritos también se encuentran en bajas concentraciones especialmente en aguas oxigenadas, aumentando su concentración notablemente en medios hipóxicos (Roldán y Ramírez, 2008). Las variaciones de nitrógeno son dinámicas y en el trópico representa un problema su determinación probablemente debido al poco control de la contaminación, a la utilización permanente de este elemento por las plantas acuáticas durante todo el año y a la influencia de los ríos (CORMAGDALENA-UNAL, 2006).

El fósforo es el elemento biogénico que desempeña el papel más importante en el metabolismo biológico. En comparación con los demás nutrientes es el menos abundante y es el factor más limitante de la productividad primaria. Aunque existen diversas fuentes de fósforo en la naturaleza, siendo la principal fuente las rocas ígneas, actualmente los niveles en los ecosistemas naturales son alterados por los aportes del hombre a través de los fertilizantes y detergentes utilizados en la agricultura y la industria. Se encuentra en la naturaleza en dos formas principales como polifosfatos y ortofosfatos, siendo esta última la más importante desde el punto de vista limnológico, por ser la forma soluble y asimilable por las plantas acuáticas y el fitoplancton (Roldán y Ramírez, 2008).

Los fosfatos evidencian cuando se encuentran por encima de 0,01mg/L que hay eutrofización del sistema (Ramírez 1999; Donato 1991).

Los nutrientes en estado natural, son principalmente el resultado del ciclo del nitrógeno y del fósforo, por lo que las alteraciones antropogénicas o naturales causadas al ciclo, resultan en transformaciones de las concentraciones en el ambiente.

Cuando los sistemas acuáticos se ven enriquecidos excesivamente con materia orgánica y nutrientes se producen cambios físicos, químicos y biológicos que se reflejan en el crecimiento desmesurado de algas y bacterias, en el agotamiento del oxígeno disuelto y, en casos extremos, en la muerte de muchos organismos aeróbicos (CORMAGDALENA-UNAL, 2006). Otros problemas asociados a la eutrofización se relacionan con la acumulación de amoniaco en la columna de agua, resuspensión de metales como el hierro (Fe) y manganeso (Mn) desde el sedimento anóxico, condiciones anaeróbicas que favorecen el crecimiento de patógenos, afectación de los procesos de potabilización del agua, alta demanda de oxígeno disuelto, variaciones amplias del oxígeno disuelto en el ciclo diario, proliferación de algas verdeazules, problemas de navegabilidad entre otras (Alean, 2009). La alta biomasa de algas y además de macrófitas que responden al enriquecimiento de nutrientes, pueden causar no

solamente variaciones diurnas drásticas en el contenido de oxígeno disuelto, también tendrá efectos sobre el pH, así como sobre la abundancia y diversidad de especies (Welch, 1992; Chapra, 1997).

Puesto que los nutrientes son directamente responsables del crecimiento de algas y macrófitas, el enriquecimiento de nutrientes constituye la raíz principal del problema de eutroficación. La importancia de cada elemento depende de la abundancia y demanda en el ambiente acuático. Para el crecimiento correcto de las plantas acuáticas, existe una relación estequiométrica definida de los elementos esenciales, particularmente para nitrógeno y fósforo la relación debe ser aproximadamente de 10-15 N a 1 P. Aquí el concepto más importante es el de nutriente limitante, cuyo principio se basa en que la tasa de crecimiento algal estará restringida (limitada) por el elemento que se encuentre en menor concentración respecto a la proporción requerida por el alga. En la mayoría de los casos son el nitrógeno o el fósforo los elementos limitantes (Salas, 1989). La relación N/P ha sido evaluada experimentalmente y difiere entre los autores, encontrando valores entre 7 y 16. Para este caso se tomará un valor intermedio de 9 por debajo del cual se establecerá el nitrógeno como nutriente limitante de acuerdo con Vollenweider (1983). Valores de N/P de 10 a 17 son considerados por diversos autores para sistemas colimitados por N o P y >17 limitados por el fósforo generalmente asociados a aguas de escasa turbiedad y oligotróficas (Stednick y Hall, 2003; Pelechata et al. 2006). Welch (1992) hace referencia a relaciones $N/P \leq 4$ para sistemas hipertróficos y cercanos a 10 para sistemas eutróficos. Otros autores como Salas y Martino (1996) hacen referencia a relaciones similares para sistemas tropicales.

La identificación del elemento limitante en la producción primaria de un sistema, constituye un objetivo clave para centrar las medidas de restauración propuestas en la mayoría de los casos (Pizarro, et al. 2003).

Índices de contaminación. Los índices de calidad de aguas (ICA) han sido formulados con el propósito de simplificar en un valor único, en la escala de 0 a 1 la condición general de una muestra de agua, gracias a conjugar en ellos numerosas variables físicas y químicas de diferente índole. Sin embargo, el desarrollo de los índices de contaminación (ICO) como los formulados por Ramírez *et al.* (1997), han demostrado ventajas sobre los ICA, ya que se involucra en estos últimos, numerosas variables en un solo parámetro, lo que conlleva a diversos problemas conceptuales y de interpretación. Ramírez et al. (1997) demostraron que los índices formulados (ICOMO, ICOMI, ICOSUS e ICOTORO), son independientes y complementarios, por tanto, descubren problemas ambientales disímiles, subsanan todos y cada uno de los problemas asociados al uso de los ICA y permiten realizar una rápida interpretación del estado de calidad del cuerpo de agua evaluado (Ramírez et al. 1999).

Caracterización microbiológica de los cuerpos de agua. Los cuerpos de agua superficiales, están sometidos a la contaminación por microorganismos de tipo bacteriano, que provienen de la atmósfera, de los desechos y vertimientos hechos en ellos.

Esto implica que el grado de contaminación, al igual que las bacterias alojadas en estos cuerpos de agua sea variable, dependiendo del origen de estos vertimientos.

Sin embargo, las bacterias en el agua se pueden agrupar como: naturales del agua, bacterias del suelo y bacterias de origen intestinal.

Entre las bacterias naturales están las del género *Pseudomona* (*P. fluorescens* y *P. aeruginosa*), *Serratia*, *Flavobacterium* y *Chromobacterium*; Las cuales son consideradas como no patógenas para el hombre, aunque pueden causar sabores extraños en el agua y alimentos.

Las bacterias del suelo, se encuentran en el agua en épocas de lluvia e inundaciones, principalmente. Algunos géneros, son el *Bacillus* (*B. cereus* y *B. subtilis*), el subgénero *Aerobacillus* (*A. maceraus* y *A. polymyxa*) y *Sphaerotilus dichotomus*, que se encuentra entre las bacterias filamentosas. Pero ninguna reviste importancia sanitaria en el agua.

Entre las bacterias intestinales, se encuentran las provenientes de la flora normal del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, las cuales se consideran indicadores de contaminación. Entre éstos se pueden encontrar los géneros *Clostridium*, *Streptococcus*, *Escherichia*, *Enterobacter* y *Proteus*.

El grupo coliformes es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de sobrevivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino también se observan en las aguas naturales y potables, por lo que se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua; conforme mayor sea el número de coliformes en agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente (Camacho et al. 2009).

Las bacterias coliformes totales se encuentran frecuentemente en el suelo, plantas y el agua (generalmente sin causar daños de gran importancia), mientras que las coliformes fecales, siendo un subgrupo de las coliformes totales, se encuentran en las deposiciones humanas y animales, indicando con su presencia contaminación.

Las bacterias como indicadores de calidad del agua. Los bacilos del género *Clostridium* (*C. sporógenes* y *C. perfringes*), se encuentran en el intestino humano y de animales, al igual que en las aguas cloacales y en el suelo, constituyendo bacterias de amplia distribución y difícil tratamiento, lo que las convierte, en indicadores de contaminación tardía de las aguas por materia fecal.

El *Streptococcus fecalis* es indicador de contaminación reciente, ya que este tipo de bacteria muere rápidamente fuera del cuerpo humano. Su ausencia es base de seguridad.

Los bacilos Gram (-) no formadores de esporas, que son frecuentes en el agua son: *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *P. morganni*, *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes* y *Klebsiella aerobacter*.

En los análisis de laboratorio, no se hace diferenciación de los géneros, sino que se considera al grupo de las enterobacterias fermentadoras de Lactosa con producción de gas, como coliformes, dándoles la misma importancia desde el punto de vista sanitario y al realizar su detección, se consideran como el indicio más delicado y seguro de contaminación, así como de la eficacia de un proceso de purificación y potabilidad del agua.

Calidad biológica del agua. El término “calidad”, referido a las aguas continentales, es un concepto relativo que depende del destino final del recurso (Alba-Tercedor, 1996).

Así, mientras las aguas fecales se consideran de calidad no apropiada para la Ingestión humana, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Podrían resultar excelentes para el riego de plantas ornamentales o plantaciones forestales, debido a su alto contenido de materia orgánica. Del mismo modo, aguas de alta montaña que intuitivamente se asocian con pureza y buena calidad, pueden resultar poco apropiadas para la bebida, al calmar escasamente la sed, por su bajo contenido de sales y por su bajo pH, que le confiere un carácter corrosivo para el esmalte dental.

Teniendo esto en cuenta, se puede considerar que un medio acuático, presenta una buena “calidad biológica” cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que le son propias; así por ejemplo, en ríos de montaña de agua fría, muy transparentes y oligotróficos y muy bien oxigenados, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de Ephemeropteros, Trichópteros y Plecópteros; también se espera encontrar en menores proporciones, Odonatos, Hemípteros, Dípteros, Neurópteros, Ácaros, y otros grupos menores. Por el contrario, en ríos y quebradas que están siendo contaminadas, con materia orgánica de aguas turbias poco oxigenadas y eutrofizadas, se espera encontrar poblaciones dominantes de Oligoquetos, Chironómidos y ciertos Moluscos; pero ocasionalmente pueden encontrarse algunos individuos que

se consideran de aguas limpias. En situaciones intermedias, de aguas que empiezan a mostrar síntomas de contaminación o que comienzan a recuperarse, es común encontrar poblaciones dominantes de Turbelarios, Hirudíneos, ciertos Moluscos (Limnaeidae y Physidae), de Chironómidos y Oligoquetos, mezclados en menor proporción con ciertos Ephemeropteros y Trichópteros. Del mismo modo, para los demás grupos hidrobiológicos (plancton, perifiton, macrófitas y peces), hay identificados ciertos grupos que responden a la calidad del cuerpo de agua.

Gracias a estos conceptos y a las metodologías existentes para la evaluación de la calidad de las aguas, se pueden observar los puntos conflictivos y aquellos que presentan una calidad muy buena, buena, aceptable o mala de sus aguas y sólo de esa manera se puede aprovechar la disponibilidad del recurso.

4. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS

4.1.1 *Clima Regional.*

El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas predominantes en una región y se suele interpretar en términos de media anuales o estacionales de temperatura y precipitaciones para su mejor entendimiento. Estas condiciones no son constantes y fluctúan alrededor de una normalidad con oscilaciones que se conocen como variabilidad climática y que se presentan en ciclos de diversa escala temporal. En la variabilidad interanual se destacan las oscilaciones asociadas a los fenómenos de El Niño y La Niña (ENOS) (Ruíz, 2012).

Temperatura. Algunos de los mayores valores de temperatura media del aire, entre 28 y 32 °C se registran en el Departamento del Atlántico, lo cual es comparable con la alta y media Guajira, parte central de Cesar y Bolívar, departamentos del Magdalena y Sucre, en contraste con el resto de la región Caribe donde la temperatura oscila entre los 24 y 28°C (Figura 1). El comportamiento estacional de la temperatura en el departamento es muy regular a lo largo del año debido a la proximidad del mar Caribe, con variaciones del orden de 1.5 °C. Los meses más cálidos en el litoral central son mayo, junio, julio y agosto, mientras que a principios y finales de año la temperatura del aire es ligeramente menor debido a la influencia de los vientos Alisios (IDEAM, 2006).

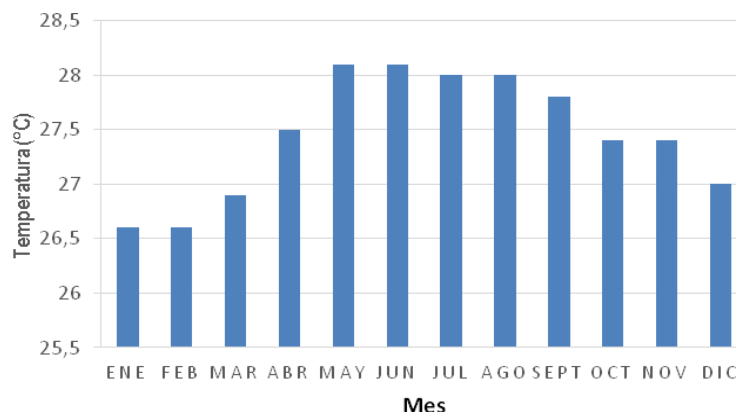


Figura 1. Variación mensual de la temperatura de acuerdo con los registros de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Fuente: (IDEAM, 2006).

Precipitaciones. En general, la región Caribe registra lluvias entre 500 y 2000 mm con un gradiente bien definido hacia el sur, presentando en general un régimen bimodal. De manera comparable con el

centro y norte de La Guajira, en el Departamento del Atlántico se registran las menores frecuencias en el número de días con lluvia, cerca de 50 al año en algunos lugares del litoral del departamento. El período que registra menor cantidad de eventos lluviosos en el Caribe corresponde a los meses de diciembre a abril; a mediados del año, en el mes de julio, igualmente se observa una disminución de la frecuencia aunque menos pronunciada que a principio de año con valores entre 5 y 10 días lluviosos al mes. Los períodos con mayor cantidad de días con lluvia son los meses de mayo y junio durante el primer semestre y agosto a noviembre durante el segundo, con un máximo en el mes de octubre (IDEAM, 2006) (Figura 2).

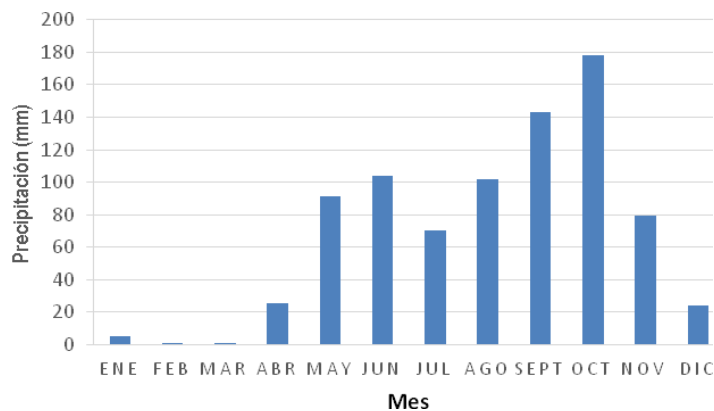


Figura 2. Variación mensual de la precipitación de acuerdo con los registros de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Fuente: (IDEAM, 2006).

Radiación Solar. La medición de la radiación solar tiene un amplio rango de aplicaciones dentro de las que se encuentran el monitoreo de crecimiento de plantas, análisis de la evaporación e irrigación, modelos de predicción del tiempo, el clima y otras más. Los niveles de radiación dependen de la posición del sol, la altitud, la latitud, el cubrimiento de las nubes, la cantidad de ozono atmosférico y la reflexión terrestre. En la mayor parte del territorio colombiano la incidencia de la radiación solar tiene promedios entre 4 y 4,5 kWh/m²/día. La región Caribe está dentro de las zonas que reciben mayor radiación solar entre 4,5 y 6 kWh/m²/día además del nororiente de la Orinoquia y sectores de los departamentos de Cauca, Huila, Valle, Tolima, Caldas, Boyacá, Santanderes, Antioquia y las Islas de San Andrés y Providencia. Algunos de los valores más altos se registran en el Departamento del Atlántico entre 5,5 y 6 kWh/m²/día (Figura 3).

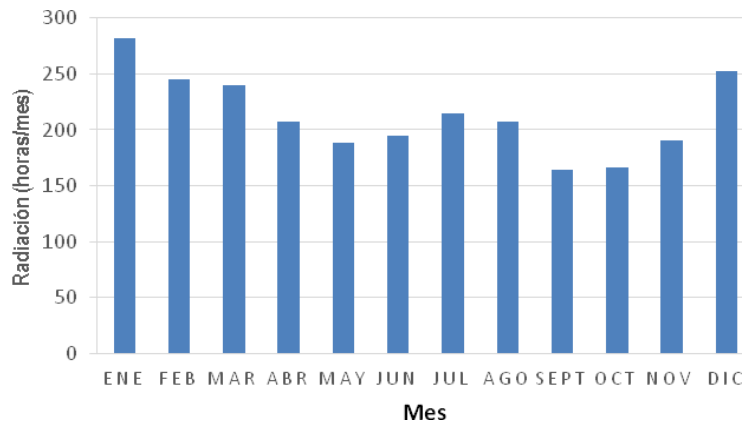


Figura 3. Variación mensual de las horas de radiación solar de acuerdo con los registros de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Fuente: (IDEAM, 2006).

Vientos. Colombia por encontrarse geográficamente entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio, está sometida a los vientos Alisios que soplan del noreste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur, aunque en el país no tienen siempre la misma dirección. Al estar en las proximidades del Ecuador, Colombia, tiene una influencia pequeña de la fuerza de Coriolis que en general influye de manera importante en los vientos, lo cual se debe a que estos se encuentran fuertemente influenciados por las condiciones locales y por el rozamiento proporcionado por las irregularidades de la cordillera de los Andes. Además los dos mares que bañan el territorio nacional tienen su papel en el comportamiento del viento. Las diferencias en la velocidad y dirección del viento pueden explicarse con base en los desplazamientos de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) a lo largo del año.

En la llanura Caribe al igual que en otras regiones planas del territorio, se observan circulaciones del viento bastante definidas en el transcurso del año y están directamente influenciadas por los vientos Alisios. En general la velocidad media anual en superficie alcanza valores inferiores a los 15 km/h, valores superiores se registran en pequeños centros costeros de la región Caribe como al occidente del Departamento del Atlántico, con variaciones entre 15 y 20 km/h.

En general, en el norte del país predominan las distribuciones mensuales de tipo monomodal o cuasimonomodal con los vientos más intensos en el mes de marzo en la región Caribe; en Barranquilla el viento alcanza en promedio velocidades ligeramente superiores a los 20 km/h durante el primer trimestre, un poco más del doble de lo que se registra a mediados de año (Figura 4).

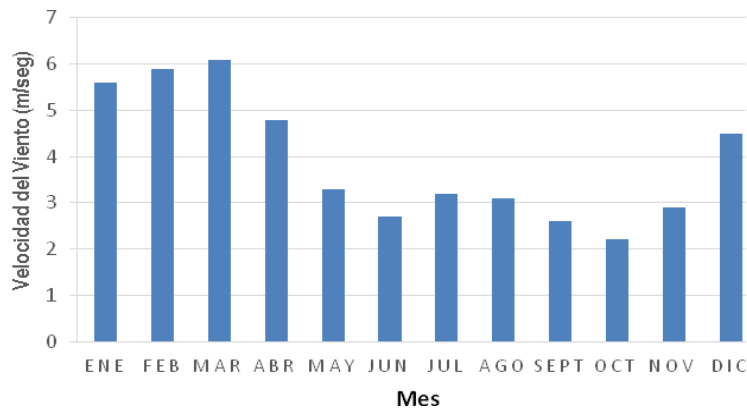


Figura 4. Variación mensual de la velocidad del viento (m/seg) de acuerdo con los registros de la estación Aeropuerto Ernesto Cortissoz. Fuente: (IDEAM, 2006)

4.2 BALANCE HÍDRICO

De acuerdo al estudio de los índices del uso del agua (**IUA**) realizado por la CRA (2013), para el Departamento del Atlántico se registra un índice de regulación hídrica (**IRH**) muy bajo (<0.5) lo cual es indicador de una baja capacidad de retención y regulación de la humedad. Esto no cambia para el caso particular del Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela y las ciénagas de Santo Tomás y Sabanagrande en las que el índice está entre 0.17 y 0.20, a pesar de las obras hidráulicas de regulación ahí construidas. Por su parte, las condiciones climatológicas en general contribuyen significativamente, pues al conjugar la precipitación, con la evapotranspiración (potencial y real) en el índice de aridez (**Ia**), los resultados indican condiciones extendidas de aridez gran parte del año con un valor cercano a 1 de enero a marzo y valores cercanos a 0.2 en el mes de octubre, por lo que se considera que en verano las precipitaciones son insuficientes para el sostenimiento de los ecosistemas.

El índice de uso del agua (**IUA**) que se deriva de conjugar la demanda del recurso por parte de los diferentes usuarios y la oferta hídrica superficial disponible, resulta bajo para algunas ciénagas de la cuenca como Sabanagrande (**IUA**=3.1), Sabanagrande y Santo Tomás (**IUA**=9.6), La Luisa (**IUA**=4.5), un valor moderado para El Convento (**IUA**=10.6) y muy alto para Manatí y Paraíso (**IUA**=70.2). Para estas últimas ciénagas el índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (**IVH**) varía de alto a muy alto a pesar de encontrarse a orillas del Río Magdalena y a las que se encuentra asociado un significativo uso sectorial.

4.3 DEFINICIÓN DEL ÁREA

El área de estudio se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Atlántico (identificada con el código 2904), la cual posee una superficie de 134.192 ha, haciendo parte de los municipios de Soledad, Malambo, Sabanagrande, Santo Tomás, Palmar de Varela, Polonuevo, Ponedera, Campo de la Cruz y el Distrito de Barranquilla, por los cuales el canal principal del río recorre aproximadamente 107.851 Km de longitud (HIMAT, 1987 En: CRA, 2007).

Esta cuenca tiene una zona inundable formada por un complejo de ciénagas, interconectado por caños y zonas anegadizas que son de vital importancia para el sostenimiento de la diversidad biológica de esta zona del río que las tributa en forma directa (Tipo I) o indirecta (Tipo II), en su margen occidental; lo que define su tipología en la dinámica limnológica (Ramírez y Viña, 1998).

Las ciénagas de interés corresponden a cuerpos de agua lénticos importantes del Departamento del Atlántico, situados exactamente en jurisdicción de los municipios de Palmar de Varela, Santo Tomás y Sabanagrande. Los cuerpos de agua son:

- Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela (Ciénagas: Paraíso, Larga, La Luisa y Manatí).
- Ciénaga de Santo Tomás.
- Ciénaga de Sabanagrande.
- Ciénaga El Convento.

Vale la pena resaltar que el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela corresponde a un mismo espejo de agua (a excepción de la Ciénaga Manatí, que se une a las demás por medio de un canal), cuyos límites no son apreciables a simple vista, es decir, “estos” cuerpos de agua, no poseen barreras naturales, ni estructuras artificiales que los definan.

Las ciénagas Paraíso, La Luisa, Larga, Manatí, Santo Tomás y Sabanagrande hacen parte de la subcuenca 2904-4, actuando como vasos receptores de la misma, funcionando como amortiguadoras del Río Magdalena en este sector.

Estas ciénagas han sido sometidas a una serie de obras hidráulicas mediante la ejecución del proyecto “Regulación y Manejo del Sistema de Ciénagas de las Poblaciones de Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela” cuyo objeto sería confinar y regular el embalse de las ciénagas proyectando tres embalses en serie, para aprovechar y optimizar la explotación hídrica del sistema. Se logró como efecto positivo la mitigación de las inundaciones en sectores vulnerables de las poblaciones aledañas ubicadas en zonas de alto riesgo, no obstante también se generaron impactos negativos al acrecentar

los conflictos entre los pescadores, ganaderos y agricultores con respecto al manejo de las compuertas debido a los intereses particulares de cada sector productivo; además se afectaron las poblaciones de peces debido a que la regulación hídrica no se hace de forma natural (CRA, 2007).

En tanto, la Ciénaga El Convento hace parte de la subcuenca 2904-3 cuyo principal aportante es el Río Magdalena. Su tributario más representativo es el arroyo Pital que nace en el municipio de Polonuevo y es utilizado en su recorrido como vertedero de residuos domésticos. La regulación hidráulica de esta ciénaga es mejor que otras del sector dado que sus canales de retroalimentación con el río no han sido intervenidos (CRA, 2007).

5. METODOLOGÍA

5.1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Para la caracterización del ambiente acuático y evaluación del estado trófico de los cuerpos de agua asociados a los municipios de Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela, se tuvieron en cuenta el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela, que incluye las ciénagas La Luisa, Larga, Manatí y Paraíso, además de las las ciénagas de Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento.

La caracterización de estos sistemas se efectuó mediante análisis físico-químicos, microbiológicos e hidrobiológicos, a partir de la toma de muestras puntuales en un total de 59 estaciones de muestreo de las 75 seleccionadas:

Para las ciénagas eligieron un total de 47 puntos de muestreo que representaban las posibles variaciones espaciales de calidad de agua, así como las entradas de agua y sectores con influencia de vertimientos; sin embargo, solo fue posible muestrear el 98% de las estaciones (P5 de la Ciénaga La Luisa seco en todos los muestreos); la prevalecía del tiempo seco y la disminución del espejo de agua hicieron necesario el establecimiento de dos puntos de monitoreo adicionales durante el periodo de sequía la Ciénaga Paraíso y Sabanagrande. En cada estructura hidráulica (14 en total) cuyo funcionamiento tiene control potencial en las características de calidad y volumen de agua, se estableció un punto de muestreo antes y después de cada paso de agua. De los 28 puntos preestablecidos, solo 11 se encontraron con flujo o contenido de agua, como se muestran en el registro fotográfico del Anexo 6.

Las coordenadas y ubicación general de las estaciones monitoreadas se presentan en la Tabla 1 y las Figuras 5 – 8.

Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela, Ciénagas de Sabanagrande, Santo Tomás y Convento.

Cuerpo de Agua		Punto	Denominación	Coordenadas	
Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela	Ciénaga Paraíso	P1	P1	10°41'57.36"N	74°44'10.39"O
		P2	P2	10°42'9.07"N	74°44'20.32"O
		P3	P3	10°42'19.49"N	74°44'28.58"O
		P4	P4	10°42'29.83"N	74°44'38.00"O
		P. A	P5	-----	-----
	Ciénaga Larga	P1	P1	10°43'19.74"N	74°44'38.78"O
		P2	P2	10°43'0.78"N	74°44'45.33"O
		P3	P3	10°42'43.37"N	74°44'48.62"O
	Ciénaga Manatí	P1	P1	10°42'50.77"N	74°44'29.87"O
		P2	P2	10°42'58.78"N	74°44'13.53"O
		P3	P3	10°43'3.66"N	74°44'21.42"O
		P4	P4	10°43'17.21"N	74°44'24.28"O
	Ciénaga La Luisa	P1	P1	10°44'22.89"N	74°44'47.75"O
		P2	P2	10°44'26.73"N	74°44'45.34"O
		P3	P3	10°44'34.20"N	74°44'46.33"O
		P4	P4	10°44'43.86"N	74°44'48.87"O
		P6	P6	10°44'20.11"N	74°44'38.55"O
		P7	P7	10°44'6.83"N	74°44'38.03"O
		P8	P8	10°43'59.59"N	74°44'40.24"O
		P9	P9	10°43'47.90"N	74°44'46.56"O
		P10	P10	10°43'49.07"N	74°44'39.11"O
		P11	P11	10°43'38.73"N	74°44'39.12"O
		Bombeo Aguas Arriba	P12	10°44'22.30"N	74°44'49.90"O
		Bombeo Aguas Abajo	P13	10°44'22.70"N	74°44'48.90"O
Ciénaga de Santo Tomás		P1	P1	10°44'57.61"N	74°44'46.77"O
		P2	P2	10°45'8.60"N	74°44'41.45"O
		P3	P3	10°45'18.41"N	74°44'47.16"O
		P4	P4	10°45'29.77"N	74°44'36.41"O
		P5	P5	10°45'43.99"N	74°44'43.15"O
		P6	P6	10°45'34.50"N	74°44'26.13"O
	Compuertas Aguas Arriba		CAA	10°44'55.70"N	74°44'00.0"O
	Compuertas Aguas Abajo		CAB	10°44'55.50"N	74°44'01.1"O
	Bombeo Aguas Arriba		SBAA	10°45'20.70"N	74°44'54.60"O
	Bombeo Aguas Abajo		SBAB	10°45'20.40"N	74°44'53.80"O

Cuerpo de Agua	Punto	Denominación	Coordenadas	
Ciénaga de Sabanagrande	P1	P1	10°47'19.65"N	74°44'52.19"O
	P2	P2	10°47'22.17"N	74°44'48.50"O
	P3	P3	10°47'28.53"N	74°44'40.62"O
	P4	P4	10°47'16.26"N	74°44'38.52"O
	P5	P5	10°47'7.37"N	74°44'40.08"O
	P6	P6	10°46'56.77"N	74°44'41.66"O
	P7	P7	10°46'57.97"N	74°44'52.04"O
	P8	P8	10°47'6.06"N	74°44'52.98"O
	P9	P9	10°47'13.03"N	74°44'48.39"O
	Boxcoulvert 19 y 20 Aguas Abajo	P10	10°47'32.55"N	74°44'54.80"O
	Boxcoulvert 19 y 20 Aguas Arriba	P11	10°47'31.76"N	74°44'54.84"O
	Compuertas Matera Aguas Abajo	P12	10°47'38.70"N	74°44'39"O
	P. A	P13	-----	-----
Ciénaga El Convento	Boxcoulvert Puente Del Rio Aguas Arriba	PRAA	10°47'39.92"N	74°44'19.20"O
	Boxcoulvert Puente Del Rio Aguas Abajo	PRAB	10°47'40.26"N	74°44'20.09"O
	P1	P1	10°50'4.97"N	74°45'16.79"O
	P2	P2	10°49'58.39"N	74°45'14.84"O
	P3	P3	10°49'49.81"N	74°45'17.37"O
	P4	P4	10°49'11.53"N	74°45'15.42"O
	P5	P5	10°48'42.69"N	74°45'28.07"O
	P6	P6	10°48'33.42"N	74°45'25.89"O
	P7	P7	10°48'24.83"N	74°45'11.59"O
	P8	P8	10°48'36.08"N	74°44'55.17"O
	P9	P9	10°48'56.34"N	74°44'54.11"O
	P10	P10	10°48'50.87"N	74°45'7.77"O



Figura 5. Localización de los puntos de monitoreo en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela. En iconos en amarillo: Ciénaga Paraíso; naranja: Ciénaga Larga, azul: Ciénaga Manatí y verde aguamarina Ciénaga La Luisa. Imagen de Google earth con fecha de captura (9-29 2014).



Figura 6. Localización de los puntos de monitoreo en la Ciénaga de Santo Tomás; iconos blancos: puntos cercanos a las estructuras. Imagen de Google earth con fecha de captura (9-29 2014).



Figura 7. Localización de los puntos de monitoreo en la Ciénaga de Sabanagrande; iconos blancos: puntos cercanos a las estructuras. Imagen de Google earth con fecha de captura (9-29 2014).

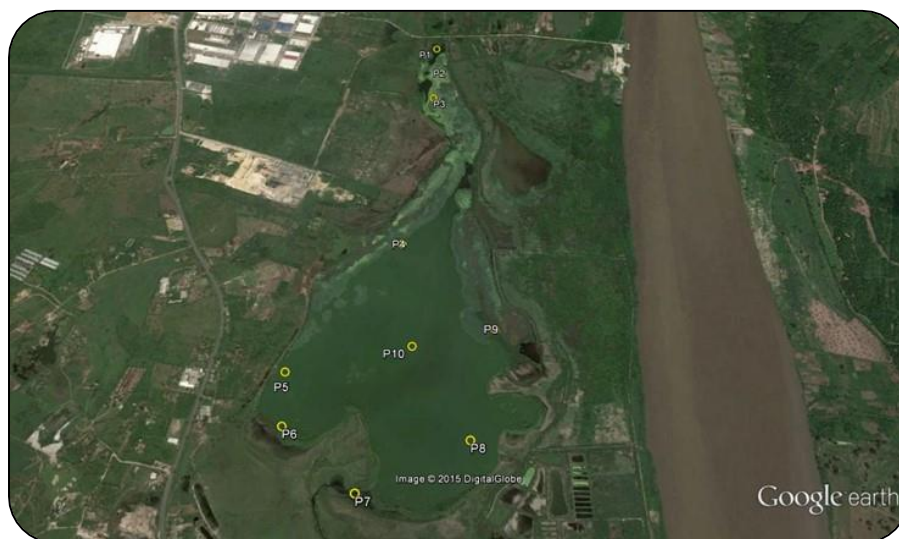


Figura 8. Localización de los puntos de monitoreo en la Ciénaga El Convento; iconos blancos: puntos cercanos a las estructuras. Imagen de Google earth con fecha de captura (9-29 2014).

5.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Para la toma de muestras y análisis de los parámetros físicoquímicos se obtuvieron muestras compuestas en cada uno de los puntos de monitoreo; realizándose algunas determinaciones *in situ* como es el caso del pH, oxígeno disuelto (OD), temperatura y conductividad, mientras que otras variables (DBO₅ y DQO) fueron almacenadas para su análisis en laboratorio. Además, se tomaron muestras simples de nutrientes (NO₃, NO₂, NH₄, NT, PO₄ y PT).

Tanto en las determinaciones *in situ* como en los análisis de laboratorio de los parámetros físicoquímicos se emplearon las técnicas, metodologías y recomendaciones establecidas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 2012.

5.3 CARACTERIZACIÓN HIDROBIOLÓGICA Y ECOLÓGICA

Para la toma de muestras y análisis de los componentes hidrobiológicos, se tuvieron en cuenta las recomendaciones establecidas en el documento Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del MAVDT (2010), así como el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed 2012 y otros autores con publicaciones reconocidas en cada área tratada. Los aspectos generales de las metodologías para cada componente fueron los siguientes:

5.3.1 *Perifiton.*

El muestreo se realizó en sustratos naturales (vegetación y piedras), tomando muestras al azar para cada una de tres réplicas que se realizó por componente para este monitoreo. Se utilizó el área central de un marco de un área del orden de 8 cm², se limpió toda la superficie y el material extraído fue introducido en un recipiente plástico rotulado con el número de la estación y conteniendo 100 mL de agua destilada.

Los valores de abundancia de la comunidad perifítica algal, se registraron como densidad total de individuos por unidad de área. Estos valores se obtuvieron a partir del conteo de 400 células de la especie más abundante en un microscopio. Para el análisis cualitativo y determinación taxonómica, las diatomeas fueron limpiadas con la técnica de oxidación y se emplearon claves especializadas: Krammer & Lange- Bertalot (1986; 1988; 1991); Krammer (1992); Lange – Bertalot (1992), Parra, et al (1982a, 1982b, 1982c, 1983) entre otras.

5.3.2 *Plancton.*

Las muestras de fitoplancton se obtuvieron filtrando en campo un volumen prefijado de agua de acuerdo al estado trófico del sistema (10-100 L) en una malla con poro de 20 μm , el material fue almacenado en botellas plásticas y preservado con una solución de lugol a razón de 0,3 mL por cada 1000 mL de muestra; las muestras fueron conservadas en un sitio oscuro y fresco.

Para el análisis del zooplancton se filtraron *in situ* entre 30 y 100 litros de agua, con una malla de 60 μm ; las muestras se envasaron en frascos de 150 mL y fueron fijadas con formaldehído al 5%, tamponando con borato de sodio (bórax).

En la identificación y conteo del fitoplancton en cada una de las muestras se empleó un microscopio óptico marca Leica CE y se utilizaron las iconografías y las descripciones realizadas por: Yacubson (1969, 1972, 1982), Presscott (1970), Bourrelly (1972), Bicudo y Bicudo (1970), Ortega (1984), Parra et al (1982a y b, 1983), González (1988), y Fanés (2008). Para el conteo se utilizó un microscopio invertido Zeiss (Axiover 40), utilizando un aumento de 40X; con la cámara Sedgwick-Rafter, se calculó la densidad empleando la fórmula APHA (2012).

En el caso del zooplancton, la identificación se basó en la observación de estructuras externas y utilizando las referencias taxonómicas de Paggi, 1995, Gaviria (1988, 1989 1993 a. 1993 b, 1994 y 2000), Korovchinsky & Elias-Gutierrez (2000). Para cuantificar la población, se tomó una pipeta con 1 ml de muestra previamente homogenizada, para la cuantificación se utilizó la cámara Sedgwick – Rafter; se contaron todos los individuos presentes, según lo propuesto por Wetzel (2001) y la densidad del zooplancton se expresó en individuos/litro.

5.3.3 *Macrófitas.*

El muestreo al igual que para los organismos perifíticos y bénticos se realizó para cada estación en sentido transversal y longitudinal y se realizó por coriotopos, es decir, se estimó para cada uno de ellos las áreas cubiertas por especie.

Para estimar la cobertura específica relativa en cada coriotopo se empleó un cuadrante de 50cm x 50 cm. dividido en 100 cuadros de 5 cm x 5 cm; se evaluaron 10 cuadrantes por estación en sentido longitudinal y transversal. Se contabilizó el número de cuadrículas ocupadas por cada especie para obteniendo una aproximación a su abundancia, para la cual se utilizó una escala de 5 niveles propuesta por URS (2005) (Tabla 2). La identificación de las macrófitas se efectuó en campo y solo se llevaron muestras al laboratorio cuando existió algún tipo de duda para su posterior identificación. Las

claves taxonómicas a utilizadas fueron: Correl & Correl, (1975), Godfrey & Woteen (1979) y Schmidt-Mumm (1988).

Tabla 2. Escala para determinar la abundancia de las especies.

Escala	Abundancia de cada especie	Porcentaje de cobertura (%)
	Descripción	Clase
1	Rara	Individuos aislados
2	Ocasional	1-10%
3	Frecuente	10-50%
4	Abundante	50-70%
5	Muy Abundante (dominante)	> 70%

5.3.4 Bentos.

La toma de muestras de macroinvertebrados bentónicos se realizó con una draga tipo PONAR de 0.057 m² de área efectiva. El sedimento fue colocado en bolsas ziploc, se fijado con una solución de formaldehído al 4 % (Gaston et al. 1996) y guardado bajo refrigeración en una cava de icopor. En el laboratorio cada muestra fue vertida cuidadosamente sobre un tamiz de ojo de malla de 500 µm y se lavó con agua, a fin de eliminar la mayor parte de material fino.

Cada muestra se extendió sobre una bandeja plana y con ayuda de un estereoscopio se separaron manualmente los organismos. La identificación se realizó hasta el nivel taxonómico de familia/taxa con base en trabajos y claves específicas para cada grupo registrado. Para llevar a cabo la descripción de la comunidad bentónica se calculó la densidad absoluta (Individuos/área) y abundancia relativa (%).

5.3.5 Ictiofauna.

La caracterización de la composición y estructura de la comunidad íctica como principal componente neotónico, se realizó mediante capturas con la utilización de diferentes tipo de redes a fin de minimizar la selectividad inherente a cada arte: atarrayas de 2 a 3 m de diámetro y ojo de malla de 1 a 4 cm, redes de mano de 60 cm de diámetro y trama de 1 mm (jamas) y trasmallos de con redes de 50 a 100 metros de longitud, 3 metros de alto y ojo de malla entre 3 y 5 cm. Para cada arte se estandarizó el esfuerzo de muestreo para cuantificar las capturas y para hacer comparables las abundancias entre réplicas.

Los individuos capturados fueron identificados en campo y devueltos vivos al medio; a la totalidad de los ejemplares capturados se les tomaron mediciones de peso, longitud total y estándar, con ayuda de un ictiómetro y balanzas con precisión de 1 g y 0,01 g.

Para confirmar la identificación se tomaron notas de las principales características merísticas, morfométricas y se tomaron fotografías, recurriendo luego a diversas listas, claves e iconografías especializadas como: Eigenmann (1922), Schultz (1944), Miles (1947), Dahl (1971), Géry (1977), Nelson (1984), Maldonado-Ocampo et al. (2005), Buitrago (2007), Maldonado-Ocampo et al. (2008), entre otros.

También se tuvo en cuenta información secundaria sobre la presencia de especies a través de entrevistas con habitantes del sector.

5.4 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Los resultados se procesaron aplicando métodos para definir la diversidad alfa (α) y la diversidad beta (β) con el objetivo de describir la estructura básica de cada ensamblaje:

- a) Se desarrollaron análisis univariados que permitieron describir la estructura de las comunidades consideradas. Entre ellos Riqueza de Margalef (d), Diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson (λ') y equidad de Pielou (J') (Ramírez, 2005).
- b) Con el fin de localizar la heterogeneidad o diferencias entre hábitats o estaciones, para cada comunidad se realizó el análisis de clasificación (Q) utilizando el coeficiente de similaridad de Bray Curtis (1957) según la composición y abundancia.

También se aplicaron índices para determinar el estado trófico de cada sistema y los índices de contaminación (ICO's) y de calidad (ICA) de acuerdo a la información físico-química disponible. Algunos índices utilizados para identificar el estado trófico fueron el índice de estado trófico (IET) de Carlson (1977) modificado por Toledo et al. (1983), índice de Vollenweider (1968) basado en nutrientes (fósforo, nitratos, nitritos y amonio), índice del CEPIS (Salas, 2001) basado en la concentración de fósforo.

Se calculó el BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) elaborado para evaluar la calidad del agua con base en la presencia de representantes de familias de invertebrados benthicos ya adaptado para Colombia, permitiendo tener una indicación de la calidad del agua.

La información fisicoquímica de calidad de agua se confrontó con los criterios establecidos en el decreto 1594 del año 1984 del Ministerio de Agricultura para diversos usos.

Las matrices, dendogramas e índices se elaboraron empleando los programas Excel para windows 2007, ICATEST, PRIMER v.5.2.9 y PAST v.1.97 (Hammer et al. 2001).

5.5 ANÁLISIS MEDIANTE SENSORES REMOTOS

Se analizó información recogida de sensores remotos para la descripción de la vegetación acuática y presencia de cianobacterias. La imagen landsat_8 utilizada como insumos para la generación de los mapas de coberturas de macrófitas flotantes para cada una de las ciénagas estudiadas, fue corregida radiométrica y atmosféricamente mediante un modelo automatizado desarrollado con la ayuda de la herramienta Modeler del software Geomatica 2013. De igual forma se obtuvieron los resultados de los índices (NDVI, NDWI, MNDWI) para cada uno de los sistemas acuáticos que componen el complejo de ciénagas de los municipios de Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela.

Como resultado del paso anterior se obtuvo la imagen corregida radiométrica y atmosféricamente, lo que permitió tener valores de reflectancia reales para cada elemento. Posteriormente se realizó la fusión de las bandas: Azul costero “Banda 1”, azul “Banda 2”, verde “Banda 3”, roja “Banda 4”, Infrarrojo cercano “Banda 5” y la del infrarrojo térmico “Banda 7”, con la banda pancromática (Banda 8) de resolución espacial de 15 metros, con la herramienta Raster Processing y la opción Composite Bands del software ArcGis 10.1. Como resultados de este proceso se obtuvo una imagen RGB con un tamaño de pixel de 15 metros, la cual ofrece un mayor detalle.

Seguidamente se realizaron los cortes de las áreas correspondientes a cada ciénaga, utilizando el contorno de dicha ciénaga en formato shp, con las cuales se procedió a la clasificación de coberturas acuáticas (Macrófitas y cianobacterias) mediante intrusiones en Python.

Sin embargo fue necesario calcular los valores máximos de reflectancia de la imagen para cada banda y ciénaga en función de la presencia ausencia del material vegetal flotante (macrófitas), con la finalidad de conocer el comportamiento espectral de los elementos a identificar sobre el espejo de agua. Para evitar confusiones entre los valores de reflectancia del agua, se crearon mascarar para controlar dicho efecto.

Con el propósito de clasificar solo aquellas coberturas correspondientes a macrófitas y cianobacterias, se utilizaron las siguientes intrusiones:

Intrusión utilizada para identificar el material vegetal flotante en función del valor de reflectancia
%9=%3 if %3= 0.112711 then %9=1endif

Intrusión utilizada para extraer las áreas de macrófitas y cianobacterias if %1 <=0.139059 and %3
<=0.115333 and %4 <=7.84487and %5 <=0.100046 then %7=1 Endif

Intrusión utilizada para obtener las zonas con cubrimiento de macrófitas: %8=%7 if %7= 0.148227
then %8=0endif

Intrusión utilizada para obtener las zonas con presencia de cianobacterias: %8=%7 if %7= 0.126539
then %8=1 endif

Intrusión para la validación de la veracidad de las anteriores: %7=%4 if %4= 10.9972 then %7=0 else
if %5=0.4964 then %7=0 else if %3=0.136967 then %7=0 endif

Cabe mencionar que para la generación de los valores de cada instrusión utilizada en los pasos anteriores, se hizo necesario realizar los cálculos de los índices de vegetación y agua (MNWI, NDVI, MNDWI), con los cuales se logró diferenciar las diferentes coberturas presentes en cada cuerpo de agua.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 INDICADORES PARA DEFINIR EL ESTADO TRÓFICO DE LAS CIÉNAGAS

Antes de exponer los resultados de las variables fisicoquímicas, microbiológicas e hidrobiológicas es importante seleccionar los indicadores que permiten definir el estado trófico de las ciénagas.

Los nutrientes en estado natural, son principalmente el resultado del ciclo del nitrógeno y del fósforo, por lo que las alteraciones antropogénicas o naturales causadas al ciclo, resultan en transformaciones de las concentraciones en el ambiente.

Cuando los sistemas acuáticos se ven enriquecidos excesivamente con materia orgánica y nutrientes se producen cambios físicos, químicos y biológicos que se reflejan en el crecimiento desmesurado de algas y bacterias, en el agotamiento del oxígeno disuelto y, en casos extremos, en la muerte de muchos organismos aeróbicos (CORMAGDALENA-UNAL, 2006).

Las ciénagas bajo estudio presentan diferentes niveles problemáticos, entre ellos la presencia de botaderos a cielo abierto y los respectivos lixiviados, los vertimientos domésticos e industriales, y las alteraciones de la hidrodinámica por la construcción de estructuras hidráulicas y compuertas que son manejadas por particulares de acuerdo a los intereses de cada sector presente, esto además de diversas conductas que traen como consecuencia el detrimento de los cuerpos de agua tal como es mencionado en la documentación sobre el estado de las cuencas hidrográficas del departamento del Atlántico (C.R.A.) a lo que se suman las anomalías climáticas regionales y de orden global como el fenómeno de El Niño. La suma de estos factores incide en las perturbaciones del equilibrio natural de las ciénagas, su estado trófico (eutrofización) y la capacidad de autodepuración.

Algunos de los problemas asociados a la eutrofización se relacionan con la acumulación de amoníaco en la columna de agua, resuspensión de metales como el hierro (Fe) y manganeso (Mn) desde el sedimento anóxico, condiciones anaeróbicas que favorecen el crecimiento de patógenos, afectación de los procesos de potabilización del agua, alta demanda de oxígeno disuelto, variaciones amplias del oxígeno disuelto en el ciclo diario, proliferación de algas verdeazules, problemas de navegabilidad entre otras (Alean, 2009).

Existen diversos indicadores bióticos y abióticos relacionados con el estudio de las condiciones naturales o inducidas de un cuerpo de agua, que permiten establecer un diagnóstico preliminar pero preciso relacionado con la tendencia o no al desarrollo de la eutrofización. Entre los indicadores más conocidos están los valores de nutrientes nitrogenados, el fósforo y la clorofila "a" usados por autores

como Chapra (1997), Carlson (1980), Aizaki et al, (1981), Vollenweider (1981), Salas (1989) entre otros. Otros indicadores se basan en el análisis del fitoplancton (Margalef, 1983), macrófitas y variables conexas como la transparencia, relación OD – DBO, etc.

El promedio de los resultados de algunos indicadores, no ajustados, aplicados en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela y las ciénagas de Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento, para ambos periodos, época seca y lluviosa, se pueden observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores de eutroficación en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela y las ciénagas de Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento, periodo seco y de lluvias.

Indicador		Carlson (1980) (TSI)		Aizaki et al. (1981)		Volenweider (1981)	Margalef (1983)
Criterio	Oligotrófico	0-40		0-30		[4.2]	10-100 cel/mL
	Mesotrófico	40-50		30-50		[16.1]	100-1.000 cel/mL
	Eutrófico	50-70		50-80		[42.6]	1.000-1.000.000 cel/mL
	Hipereutrófico	70<TSI<100		>80			
Variable empleada		Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fitoplancton (Cel/mL)
ÉPOCA SECA							
Paraíso		89.3	65.09	23.31	62.97	56.79	334,62
Larga		89.24	77.15	23.43	76.39	120.4	622,67
Manatí		80.45	45.05	31.09	40.67	5.22	86,2
La Luisa		102.82	66.01	11.61	63.99	89.19	565,7
Santo Tomás		68.22	46.29	41.73	42.05	10.03	5,3
Sabanagrande		104.13	67.77	10.47	65.96	71.29	237,7
El Convento		110.86	92.27	4.61	93.21	85199.35	4708.8
ÉPOCA LLUVIOSA							
Paraíso		94,5	49,61	-	45,75	10,09	8375,9
La Luisa		118,45	63,17	-	60,83	91,46	1024,2
Santo Tomás		101,39	56,06	-	52,93	103,66	24288,9
Sabanagrande		115,32	51,13	-	47,44	31,76	26470,7
El Convento		121,07	63,51	-	61,21	42,42	329,3

En la categorización general se observa que existen diferencias en la respuesta y sensibilidad para cada caso y aunque la tendencia general es hacia la eutrofia e hipereutrofia, algunos indicadores muestran tendencias opuestas.

Un análisis adaptado de diferentes autoridades para la protección ambiental de Estados Unidos, sugiere que los índices de estado trófico son sensibles a la biomasa de algas, de ahí que los índices en lagos dominados por macrófitas pueden ser subestimados. Cuando varios indicadores de estado trófico presentan incongruencias o resultados contradictorios a menudo la razón se debe a la turbidez diferente a la producida por las microalgas o por la proliferación de macrófitas, en el caso de índices que se basan en la transparencia del agua. Por lo tanto, debería usarse el conocimiento sobre las macrófitas y evaluar su cobertura para establecer las diferencias entre los índices y estimar el estado trófico general del sistema, debido a la abundancia de esta vegetación en los sistemas bajo estudio, puesto que es evidente el aporte que hacen a la producción primaria, en especial la vegetación flotante que toma los nutrientes directamente del agua. Por ejemplo en los ecosistemas acuáticos de Massachusetts los efectos de la eutrofización han sido difíciles de determinar debido a que muchos cuerpos de agua desarrollan densas extensiones de macrófitas como respuesta a la eutrofización, cuando la mayoría de los métodos empleados se han basado en la densidad relativa del fitoplancton y no tienen en cuenta la biomasa de las macrófitas (Canfield et al. 1983 en Steeves et al. 1999). Salas (2001) recomienda que en los lagos tropicales latinoamericanos y del Caribe donde los macrófitas son un componente importante del ecosistema, se requieren programas de muestreo que al menos estudien la evolución anual de su cobertura.

A pesar de la importancia ecológica de esta comunidad, son escasos los antecedentes en el uso de macrófitas para establecer el estado trófico de los ecosistemas acuáticos tropicales y la mayoría de la información disponible se ha desarrollado en zonas templadas. No obstante, el análisis de los índices parece sugerir que las inconsistencias entre los índices pueden surgir de la cobertura significativa de macrófitas en el complejo de ciénagas bajo estudio, particularmente por la competencia que impone al desarrollo del fitoplancton que registró de acuerdo con los análisis de densidad durante la época seca, valores asociados a mesotrofia e incluso oligotrofia en ciénagas como Manatí y Santo Tomás lo cual se vio reflejado en la mayoría de los indicadores de eutrofización basados en la concentración de clorofila y de fósforo. En estas ciénagas se registraron algunos de los mayores porcentajes de cobertura de macrófitas en el período seco. Para la época lluviosa los indicadores son más consistentes entre sí, aunque aun se registran valores asociados a un estado mesotrófico, siendo los más variables los indicadores de Aizaki *et al* (1981) y aquellos que se sustentan en los valores de clorofila "a".

Con el objetivo de determinar cuales variables estudiadas presentan más afinidad entre sí y con el estado aparente de eutrofización de las ciénagas bajo estudio, se empleó el análisis de correlación de Pearson que mide el grado de covariación entre las variables relacionadas linealmente. Este análisis genera valores entre +1 y -1 que indican la fuerza y sentido de la relación; además provee el valor P, que siendo <0.05 indica una correlación diferente de cero (0) con un nivel de confianza del 95%.

Como variables se escogieron los índices calculados en la Tabla 3, la riqueza fitoplanctónica, además de los porcentajes de cobertura de macrófitas y cianobacterias estimados a través del análisis de imágenes multiespectrales por medio de sistemas de información geográfica, y los resultados del índice de contaminación orgánica (ICOMO) por la relación de este tipo de contaminación y la eutrofia del sistema. Se emplearon inicialmente los datos de resultados de la época seca, dado que en éste período se registró la mayor variabilidad y contradicciones en los resultados de los índices. Los resultados en la época de lluvias son más consistentes entre sí, con menos diferencias contradictorias, además algunos indicadores como el de Aizaki se encuentran incompletos debido a la presencia de valores negativos en muchos de los calculos. Como resultado para los datos de la época seca se encontraron trece (13) valores de correlación significativa entre distintos pares de variables con un $p < 0,05$, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla de correlaciones lineales de Pearson

	Aizaki CI "a"	Aizaki PT	AR Cianob	Carlson CI "a"	Carlson PT	Cobert cianobact	Cobertura macrófitas	Densidad fitoplancton	ICOMO	Riqueza	Vollenweider CI "a"
Aizaki CI "a"		-0,8248	-0,4424	1	0,8201	-0,3999	-0,6722	0,6867	0,2748	0,0697	0,684
		0,0224	0,3203	0	0,0239	0,3741	0,0981	0,0884	0,5509	0,8819	0,0901
Aizaki PT	-0,8248		0,2871	-0,8245	-0,9832	0,1806	0,5477	-0,6816	0,2609	-0,3047	-0,6675
	0,0224		0,5324	0,0225	0,0001	0,6984	0,2031	0,0917	0,572	0,5064	0,1014
AR Cianob	-0,4424	0,2871		-0,4495	-0,1928	-0,1529	0,9451	-0,8751	-0,2454	0,7967	-0,8596
	0,3203	0,5324		0,3116	0,6788	0,7434	0,0013	0,0099	0,5959	0,032	0,0131
Carlson CI "a"	1	-0,8245	-0,4495		0,8186	-0,3958	-0,678	0,6926	0,2745	0,0632	0,69
	0	0,0225	0,3116		0,0243	0,3794	0,0941	0,0846	0,5514	0,8929	0,0863
Carlson PT	0,8201	-0,9832	-0,1928	0,8186		-0,1622	-0,4515	0,5815	-0,183	0,3931	0,5524
	0,0239	0,0001	0,6788	0,0243		0,7283	0,3092	0,1709	0,6945	0,383	0,1985
Cobert cianob	-0,3999	0,1806	-0,1529	-0,3958	-0,1622		0,0652	0,0448	-0,0807	-0,1239	-0,0537
	0,3741	0,6984	0,7434	0,3794	0,7283		0,8896	0,9241	0,8634	0,7912	0,909
Cobertura macrófitas	-0,6722	0,5477	0,9451	-0,678	-0,4515	0,0652		-0,9585	-0,1499	0,6111	-0,9594
	0,0981	0,2031	0,0013	0,0941	0,3092	0,8896		0,0007	0,7484	0,1449	0,0006
Densidad fitoplancton	0,6867	-0,6816	-0,8751	0,6926	0,5815	0,0448	-0,9585		-0,032	-0,4302	0,9907
	0,0884	0,0917	0,0099	0,0846	0,1709	0,9241	0,0007		0,9458	0,3353	0
ICOMO	0,2748	0,2609	-0,2454	0,2745	-0,183	-0,0807	-0,1499	-0,032		-0,3286	-0,0684
	0,5509	0,572	0,5959	0,5514	0,6945	0,8634	0,7484	0,9458		0,4718	0,8841
Riqueza	0,0697	-0,3047	0,7967	0,0632	0,3931	-0,1239	0,6111	-0,4302	-0,3286		-0,4404
	0,8819	0,5064	0,032	0,8929	0,383	0,7912	0,1449	0,3353	0,4718		0,3227
Vollenweider CI "a"	0,684	-0,6675	-0,8596	0,69	0,5524	-0,0537	-0,9594	0,9907	-0,0684	-0,4404	
	0,0901	0,1014	0,0131	0,0863	0,1985	0,909	0,0006	0	0,8841	0,3227	

De las correlaciones positivas y con mayor fuerza se destaca la cobertura de macrófitas con la abundancia relativa de las cianobacterias, que a su vez presentan una relación fuerte y negativa con

la densidad del fitoplancton. Este resultado concuerda con descripciones de la relación entre las macrófitas y el desarrollo de las algas planctónicas como las clorofitas, con relación a la competencia por luz y nutrientes. Por su parte las cianobacterias son uno de los grupos más extensamente estudiados dentro de las algas, debido a su éxito y amplia distribución en un gran número de hábitats, adaptándose a amplios rangos de nutrientes y de radiación luminosa (Whitton y Potts, 2000; Hernández-Mariné, 2001), por lo que prosperan con mayor facilidad en sistemas sombreados por la densidad de la vegetación acuática, lo que concuerda con la correlación descrita para el complejo de ciénagas.

También se determinó una correlación positiva y significativa entre el índice de Carlson basado en la clorofila “a” y los índices de Aizaki y Carlson con base en el fósforo, indicando que la producción fitoplanctónica es dependiente de la disponibilidad de fósforo y por tanto estos indicadores estarían sesgados para determinar el estado trófico dado que las macrófitas particularmente *Eichhornia crassipes* (taruya) funciona como bombas removedoras de este elemento, compitiendo significativamente con la producción primaria fitoplanctónica. Estas plantas flotantes toman los nutrientes directamente del agua y no de los sustratos, compitiendo por la disponibilidad de nutrientes para las algas planctónicas. De aquí que índices basados en el fósforo como el de Aizaki arrojen resultados con tendencia a la oligotrofia que no concuerdan con el estado real de la ciénaga.

En este sentido, el índice de Carlson basado en la concentración de fósforo total resulta el más consistente a través de los dos periodos con el estado real de las ciénagas, mientras que los índices basados en la clorofila “a” o en la concentración del fitoplancton son los menos confiables, cuando la abundancia de macrófitas y su cobertura es significativa dentro del sistema.

En la Ciénaga El Convento donde la cobertura de macrófitas es menor que en el resto de ciénagas (17,8%), los índices basados en el fósforo, la clorofila “a” y la densidad del fitoplancton son más consistentes, excepto el índice de Aizaki basado en el fósforo total, insinuando que una menor competencia por parte de las macrófitas da espacio para una mejor expresión de estos índices. Cabe mencionar, que estos índices, a pesar de las inconsistencias en la interpretación, serán de utilidad debido a la sensibilidad que registran, lo cual permite identificar algunos gradientes de productividad en la dimensión espacial.

Un análisis adicional de componentes principales, permitió correlacionar los resultados de los indicadores incluyendo la relación N/P a través del cual se puede observar gráficamente algunas de las distribuciones ya mencionadas. En la Tabla 5, se observan los eigenvalores del análisis, y se determinó suficiente la comparación a través de los dos primeros ejes, que para los datos de la época seca y húmeda representaron el 77.4% y 80.5% de la varianza en cada caso.

Tabla 5. Eigenvalores del ACP que correlaciona los resultados de los indicadores de eutrofización para las dos épocas (seca y lluviosa).

Componente	Eigenvalor	Varianza	varianza acumulada
PERIODO SECO			
1	5,3701	48,819	48,819
2	3,14516	28,592	77,411
3	1,48089	13,463	90,874
4	0,918135	8,347	99,221
5	0,0806769	0,733	99,954
6	0,00504552	0,046	100
PERÍODO LLUVIOSO			
1	6,01082	54,644	54,644
2	2,84718	25,883	80,527
3	1,81642	16,513	97,04
4	0,32557	2,96	100

En los dos análisis de componentes principales – ACP (Figura 9), se puede observar sobre el primer eje, que hay una correlación inversa entre los índices de eutrofización y la relación N/P, es decir que en la medida que el nitrógeno se vuelve limitante en los sistemas, los índices tienden a expresar mayores resultados, de manera que relaciones N/P pequeñas corresponden a sistemas eutróficos e inversamente, valores grandes de N/P corresponden a sistemas oligotróficos limitados por el fósforo. Invariablemente, en los dos periodos se registra en el primer eje para la época seca y en el segundo eje para el periodo lluvioso, que la cobertura de macrófitas (MACR) es inversamente proporcional a la densidad del fitoplancton (DENS FIT), corroborando la competencia entre estos dos productores primarios y su incidencia en la interpretación de los índices de eutrofización. El índice de contaminación por materia orgánica presenta, como debe ser, una relación inversa con la proporción N/P, puesto que una mayor carga orgánica incidirá en enriquecimiento del sistema y el desarrollo de su estado trófico hacia relaciones N/P pequeñas. También se evidencia con mayor o menor grado sobre el primer eje de ambos periodos una relación entre la cobertura de las macrófitas y la abundancia relativa de las cianobacterias, lo cual está dado por la capacidad de este grupo para desarrollarse en condiciones sombreadas, mejor que otros grupos algales.

De este análisis se destaca la competencia que ejercen las macrófitas y su interfencia con el fitoplancton y la interpretación de las escalas de los índices, aunque la tendencia mostrada por los valores de los índices es correcta, de ahí su utilidad para observar los gradientes.

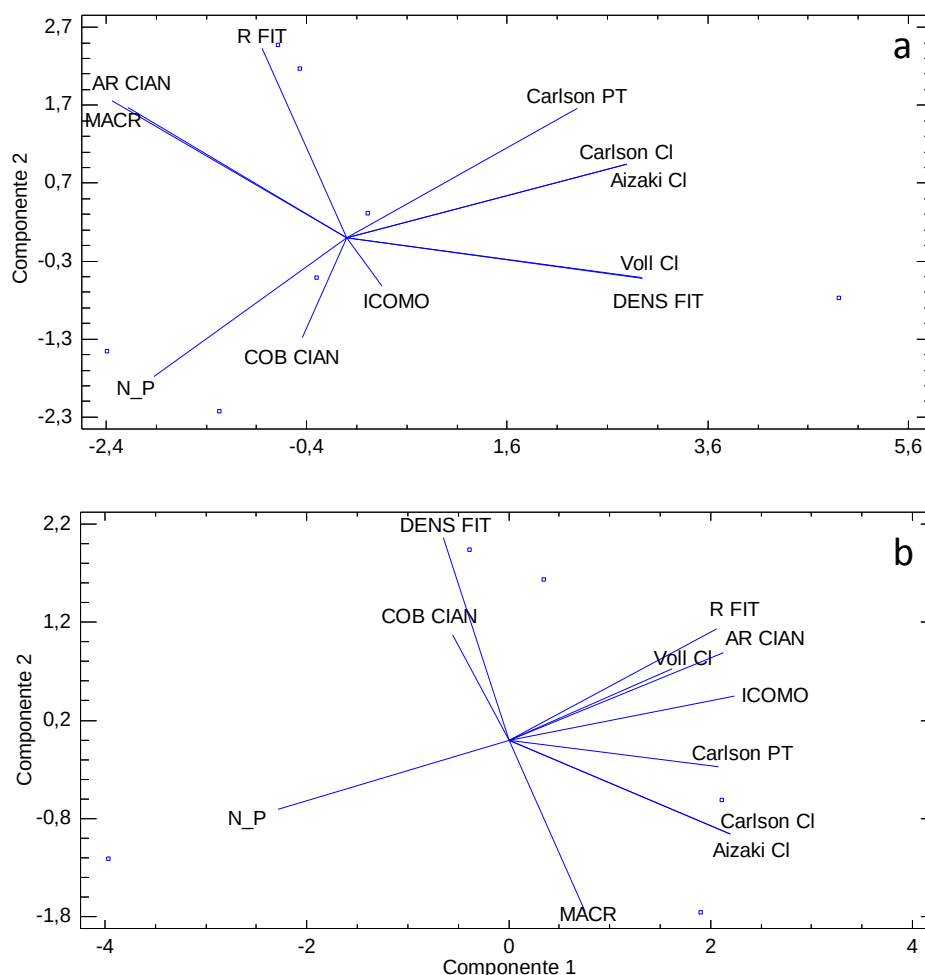


Figura 9. Representación del ACP correlacionando los resultados de los indicadores de eutrofización para las dos épocas seca (a) y lluviosa (b).

Las condiciones de las ciénagas durante el muestreo fueron intensas debido a la reducción general del espejo de agua, donde tiene gran impacto no solo la acumulación de materia orgánica autóctona producida por la vegetación macrófita y las microalgas, sino también la acumulación continuada de fuentes aloctonas naturales y de tipo antropogénico, a lo que se suma la modificación de la hidrología natural del sistema dejando los cuerpos de agua en franco deterioro y con escasa capacidad de amortiguación y recuperación. Lo presentado aquí debe ser considerado como elementos de alerta que indican una tendencia hacia la eutrofización con todas sus consecuencias, probablemente diferente a la que se da naturalmente. La evaluación continua y la incorporación de otros parámetros

e indicadores ayudaran a mejorar y ajustar los índices que expliquen los detalles de la dinámica y trayectoria del proceso.

6.2 COMPLEJO DE CIÉNAGAS DE PALMAR DE VARELA (CIÉNAGAS: PARAÍSO, LARGA, LA LUISA Y MANATÍ)

6.2.1 Características físico-químicas.

Los factores fisicoquímicos del agua se refieren a todas aquellas variables ambientales que influyen en la estabilidad y productividad de los ecosistemas acuáticos. Dentro de éstos se encuentran la luz solar, los gases disueltos y los sólidos disueltos (Roldan, 992). Debido a su influencia en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, los factores fisicoquímicos son excelentes indicadores de estado o la calidad de estos ambientes.

En la Ciénaga Paraíso, se registraron condiciones extremas durante el período de época seca (entre junio y julio), presentando una columna de agua reducida por efectos de la sequía extendida que caracterizó el primer semestre e inicios del segundo semestre del año, manteniendo en parte las condiciones aun en la época lluviosa debido a la alteración en la hidrodinámica del sistema por mal estado de las compuertas y bloqueo de los canales que surten del agua que proviene del Río Magdalena. El escaso volumen de agua y la incidencia constante de radiación influyeron en los altos promedios de temperatura superficial del agua estimada, con un valor medio de 36,86 °C, siempre sobre los 34 °C en todas las determinaciones. En la época de lluvias la disminución fue notable, con un promedio general de 32,05°C (Figura 10-A).

En la época seca la Ciénaga Paraíso se caracterizó por tener valores de pH básicos, que oscilaron entre 7.9 unidades en el punto 4, hasta 10 unidades en el punto 5, y un valor medio de 8.8 (Figura 10-B); también se registraron conductividades muy altas con un valor medio de 8948 µS/cm (Figura 10-C) y altos valores de sólidos suspendidos (Figura 10-D) superando el objetivo de calidad máximo establecido por la C.R.A. (30 mg/L). Estas características se deben principalmente a la combinación de la influencia antrópica que aporta contaminantes al medio, la modificación de la hidrología local y a condiciones naturales como la intensa sequia, que da como resultado gran acumulación de nutrientes que es aprovechada por las macrófitas y fitoplancton para aumentar sus densidades, incrementando los procesos fotosintéticos, que pueden estar alterando los valores de pH, que a valores superiores a 9 son aportantes de iones hidroxilo, que pueden influir aumentando la conductividad. En la Ciénaga Paraíso, el punto 5 presentó altos valores de pH (10 unidades) y de

conductividad muy elevada (19846 uS/cm), así como los máximos valores de sólidos suspendidos, turbiedad y Sulfatos durante la época seca. Cabe resaltar que el punto 5 de la Ciénaga Paraíso representó lo que quedaba del cuerpo de agua, debido a la extrema sequía de los últimos días de muestreo durante la época seca.

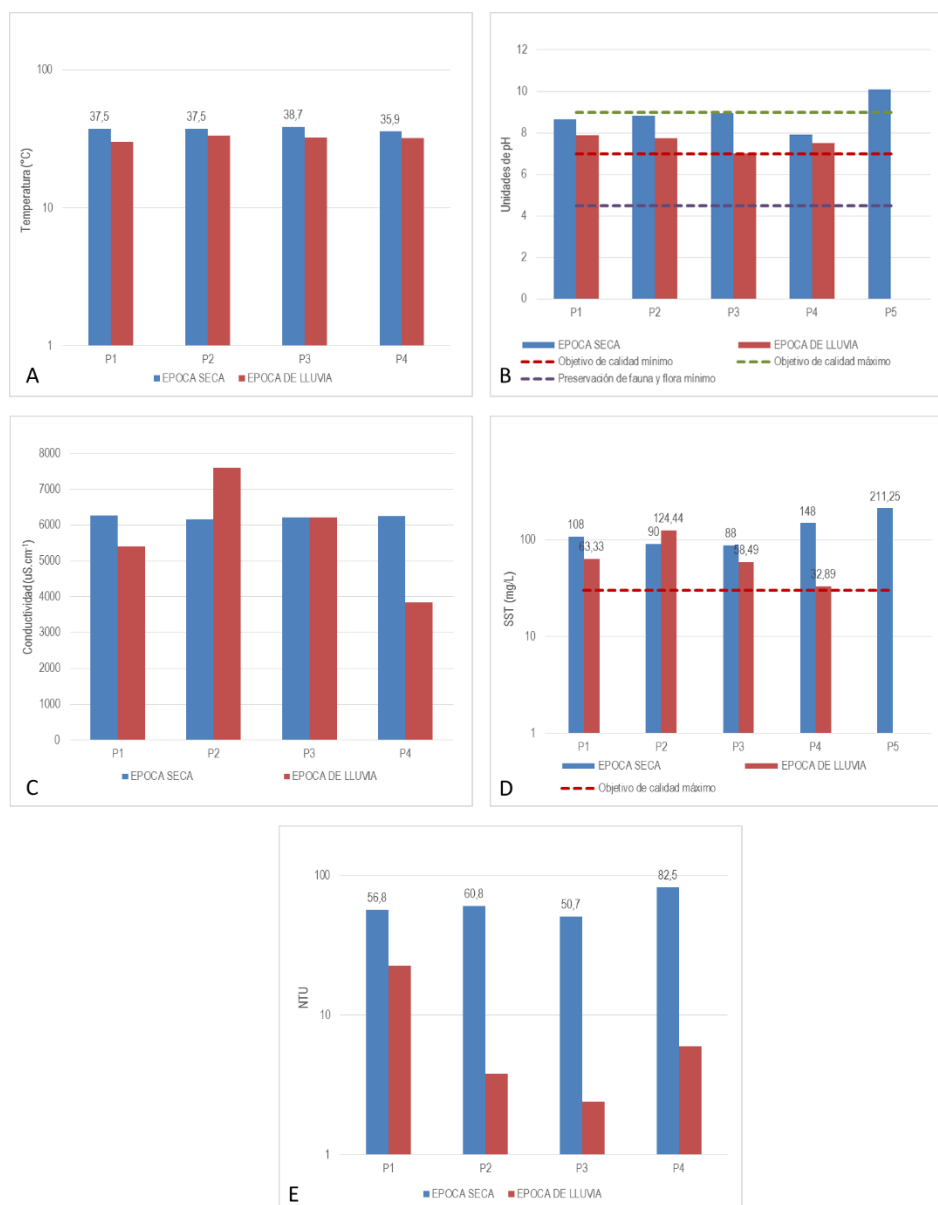


Figura 10. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga Paraíso: A-Temperatura, B- pH, C- Conductividad, D- SST, E-Turbiedad

Los valores de Oxígeno disuelto en la Ciénaga Paraíso fueron elevados (Figura 11-A), con un valor medio de 9.87 mg/L, y altos porcentajes de saturación (>130%), esto probablemente por la presencia de algas, que por tener altas densidades, los procesos fotosintéticos aumentan, generando altos valores de oxígeno, además por el aporte mecánico que ejerce el viento en el movimiento de las láminas superficiales que en esta época del año son de poca profundidad.

En la época de lluvias, disminuyeron los valores de pH a un valor medio de 7.54 unidades, al igual que los sólidos suspendidos, aunque aun sobre el objetivo máximo de calidad establecido por la C.R.A., indicando lo que es obvio, que la entrada libre de agua al sistema es necesaria para la recuperación del sistema. Los valores de conductividad disminuyeron pero aun se registran valores muy altos, lo que denota que son aguas muy mineralizadas, además con gran influencia de los sulfatos, que aumentaron drásticamente, probablemente por aportes antrópicos. Así mismo los valores de oxígeno disuelto en la época de lluvia fueron menores, todo esto probablemente porque al aumentar la columna de agua en esta época, hay mayor dilución de los nutrientes y menor actividad fotosintética, así como menor acción del viento sobre la lámina de agua superficial.

La concentración de clorofila "a" es un indicador indirecto de la abundancia de microalgas en la columna de agua y éstas aumentan en la medida en que haya más nutrientes disponibles. Sin embargo, esto también depende de otros factores, como el pastoreo por parte del zooplancton, la competencia con otros productores primarios como las macrófitas y la relación estequiométrica entre el nitrógeno y el fósforo que requieren las microalgas para su mejor desarrollo. A esto se suma las interferencias que este indicador representa, debido a que la concentración de la clorofila puede verse alterada por fenómenos relacionados con la etapa sucesional del fitoplancton, el tipo de algas predominantes, y la cantidad de clorofila degradada o inactiva (Pinilla y Duarte, 2006). De esta manera, se puede observar que en la Ciénaga Paraíso, se registran mayores concentraciones de clorofila "a" en la época seca (Figura 11-B), que no coinciden con la mayor abundancia de fitoplancton que se dio en la época lluviosa cuando también se registran las mayores determinaciones de nutrientes, tanto de fósforo como de nitrógeno.

En cuanto a la materia orgánica en la época seca, la ciénaga presentó valores altos de DBO₅ y DQO que superan los objetivos límites de calidad (Figura 11-C). Durante el monitoreo de la época seca se registró una reducción considerable del espejo de agua, con alta cobertura de macrófitas, a lo que se puede asociar el aumento en la materia orgánica. Las macrófitas tienen un crecimiento muy rápido acumulando gran cantidad de biomasa que al descomponerse aporta nutrientes para luego generar más biomasa (Roldán y Ramírez, 2008). En este ciclo se aporta gran cantidad de materia orgánica durante el proceso de descomposición, que puede apreciarse en las determinaciones de DBO₅ y DQO

en particular durante la época seca, en la que se registró una mayor cobertura de este tipo de vegetación.

En cuanto a la calidad microbiológica, los coliformes fecales y totales presentaron valores en las dos épocas que se encuentran dentro del objetivo límite de calidad establecido por la CRA, excepto para los coliformes totales en la época de lluvias, lo cual está ligado a las escorrentías y el desarrollo de actividad ganadera principalmente (Figura 11- D).

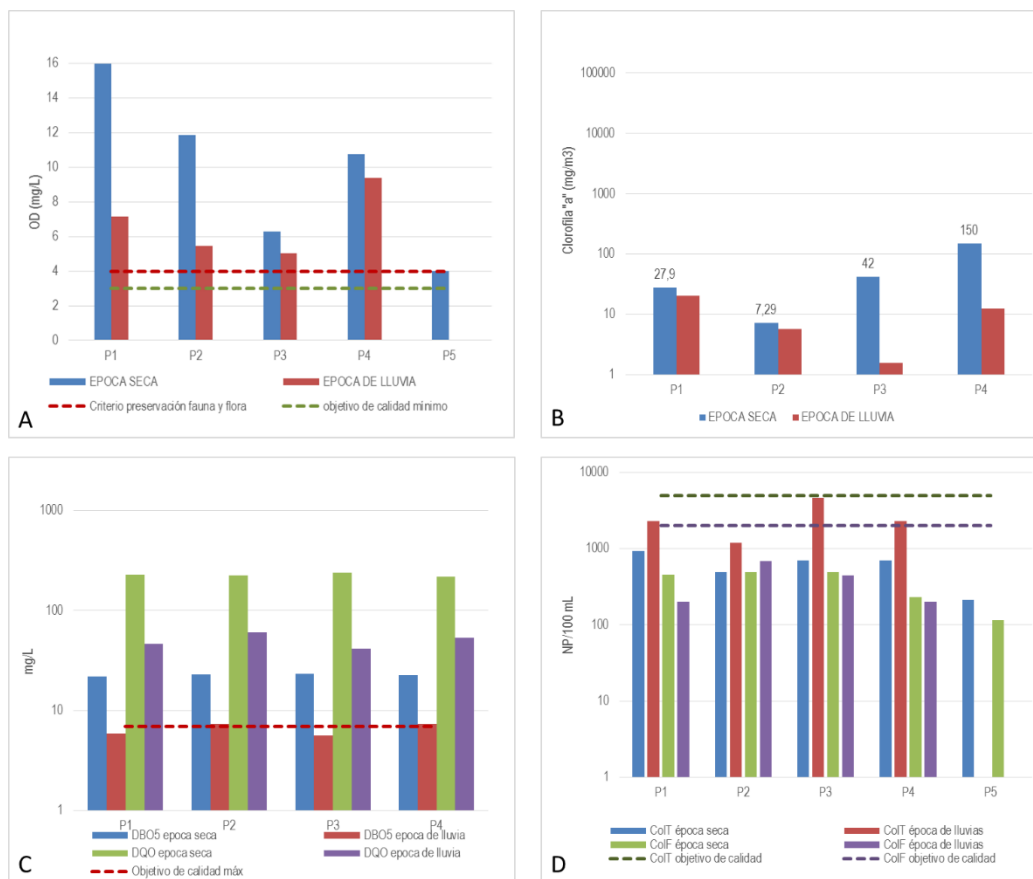


Figura 11. Valores de factores fisicoquímicos y microbiológicos en la Ciénaga Paraíso. a-(Nitratos y Nitrogeno Moniacal); b-(Fósforo total t Ortofosfatos); c-(DBO5 y DQO); d-(Coliformes); e-Sulfatos.

En la Ciénaga Larga y la Ciénaga Manatí los resultados presentados a continuación solo son de la época seca, debido a que la época de lluvias no se obtuvieron muestras por que las ciénagas se encontraron secas.

La Ciénaga Larga se caracterizó por presentar aguas con pH básico, gran cantidad de sólidos suspendidos, conductividades y sulfatos altos con aguas oxigenadas (Figura 12).

Los valores de pH oscilaron entre 8.98 y 9.57, con un valor medio de 9.3, que se encuentran por encima del objetivo máximo de calidad establecido por la C.R.A. (9 unidades), esto y la gran cantidad de sólidos suspendidos que igualmente se encuentran muy por encima del objetivo máximo de calidad establecido por la C.R.A. (30 mg/L) y los altos valores de clorofila "a" (promedio=120,8 mg/m³), podrían estar relacionados con el afloramiento de microalgas que con sus procesos de fotosíntesis, alteran el pH, que con valores por encima de 9, son aportantes de iones hidroxilo que incrementan los valores de conductividad del medio, que en la Ciénaga Larga presentó altos niveles, especialmente en el punto 2 con 10357.59 μ S/cm. También se suma a la conductividad la concentración de nutrientes y iones provenientes de aguas residuales y a la fuerte evaporación registrada en este período.

Como resultado de la presencia de macronutrientes (N y P) y de sus ciclos de degradación en los sistemas acuáticos, la conductividad se puede emplear para evaluar y dimensionar la tendencia a la eutrofización por la relación que existe entre esta variable y la concentración de sólidos disueltos totales (SDT) resultantes de la actividad iónica asociada al ciclo de degradación de los macronutrientes, siendo un valor de referencia para ciénagas de pisos térmicos basales (0-1000 m.s.n.m.) de >130 μ S/cm (Vásquez et al. 2012).

En este contexto la Ciénaga Larga, se encontrarían en franco proceso de eutrofización, sin embargo más allá, la alta conductividad determinada es la respuesta física natural al desecamiento que ya se registraba durante el monitoreo, lo que cobra mayor importancia debido a las alteraciones en el control de la regulación hídrica de estas ciénagas y la falta de conexión con el Río Magdalena que es su principal aportante.

La Ciénaga Larga registró el mayor promedio en concentración de sólidos suspendidos totales con un valor de 394.9 mg/L, en congruencia con lo registrado para la turbiedad que en la misma ciénaga presentó niveles altos con un promedio general de 95.96 NTU (Figura 10 a, b).

En general, se observa que con frecuencia valores altos de turbiedad y sólidos suspendidos corresponden con valores más bajos de oxígeno disuelto, lo cual implicaría otros efectos, la interferencia en la utilización de la luz por parte de las microalgas y un aumento de la demanda de oxígeno en la columna de agua debido a la resuspensión de materia orgánica particulada, esto último tendría mayor incidencia en horas de la noche cuando suele perderse la estratificación que caracteriza los ecosistemas polimícticos como podrían ser las ciénagas bajo estudio, aumentando el estrés por déficit de oxígeno en horas nocturnas y la madrugada.

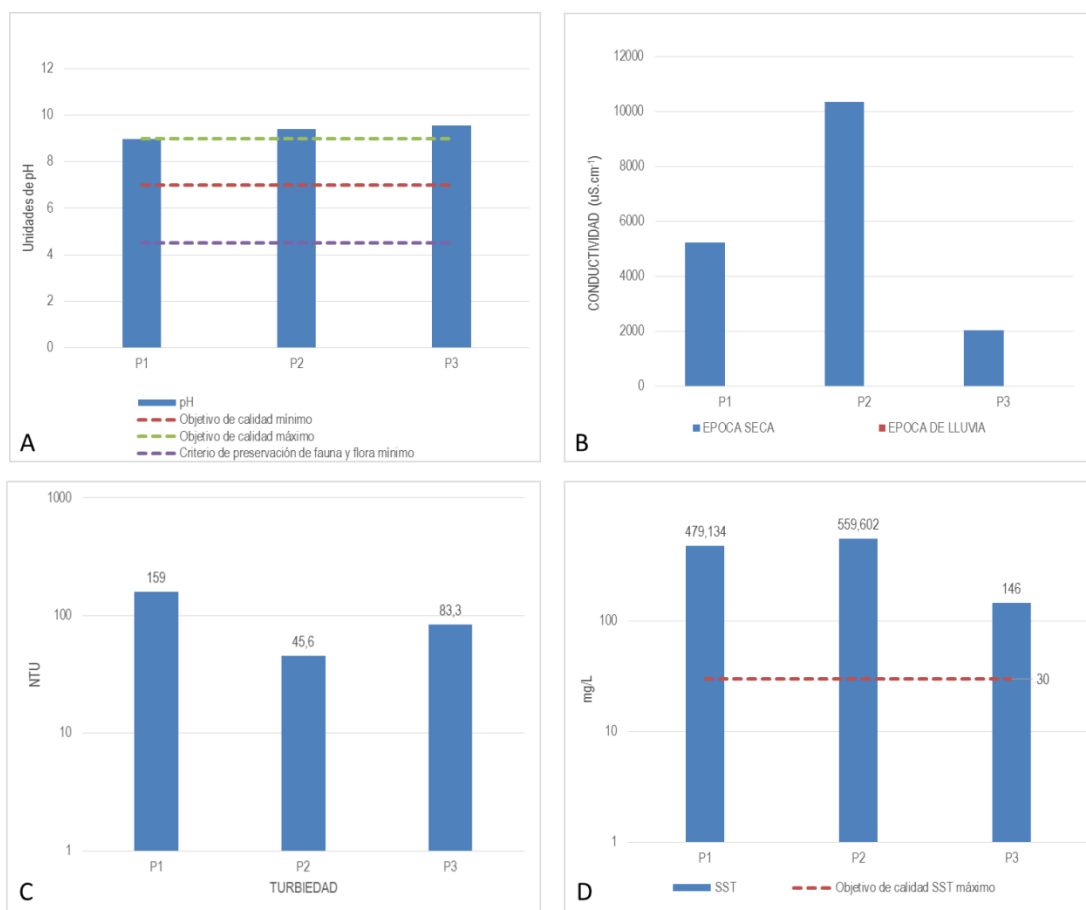


Figura 12. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga La larga: A- pH; B- Conductividad; C- Turbiedad; D- SST.

En cuanto a la DBO_5 y DQO, estos registran valores superiores al objetivo límite de calidad de la C.R.A.. No hay criterios para usos del agua basados en la DBO_5 en la normativa nacional, mientras que otras referencias como los acogidos por la CAN (OEA, 2004), establecen que una DBO_5 de 7 mg/L, mismo nivel adoptado en la resolución de objetivos de calidad de la C.R.A., es propia de cuerpos de agua cuyo uso está restringido para uso industrial y no es apta para abastecimiento, ni recreación, ni actividades agropecuarias y contrasta con otros criterios como los de CONAGUA (México) en los que se considera que una DBO_5 entre 6 y 30 mg/L corresponde a aguas de calidad aceptable, pero con indicios de contaminación pero que mantiene su capacidad de autodepuración. En cuanto a la DQO tampoco existen referencias nacionales y regionales. Los criterios de CONAGUA en México, indican por contraste que las aguas de las ciénagas estarían de contaminadas a fuertemente

contaminadas por registrar valores cercanos a los 200 mg/L y superiores a este, como es caso de la Ciénaga Larga, donde se registran valores promedio de 215.86 mg/L, y son características de este tipo de ecosistemas con descargas de aguas residuales crudas municipales sin tratamiento (Figura 13-C).

Por lo general, la DBO_5 cuando supera considerablemente la oferta de oxígeno disuelto, se puede inferir que el sistema tiende a la eutrofia, más si se trata de sistemas lénticos en los que el recambio de agua es mínimo y la oferta de oxígeno dependerá fundamentalmente de la fotosíntesis (Vásquez et al. 2012).

Una de las primeras consecuencias de la eutrofización es el desequilibrio ecológico del sistema en el que el exceso de nutrientes propicia el crecimiento de la biomasa vegetal, produciendo gran sedimentación de la materia orgánica muerta y por lo tanto se generan altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno (Salas, 1989). Así que la materia orgánica particulada (fitoplancton) y la materia orgánica que se sedimenta derivada de la materia vegetal muerta (Macrófitas, fitoplancton y bacterias) serían en las ciénagas bajo estudio la principal fuente de materia orgánica de origen autóctono. Sin embargo, hay contribuciones antrópicas importantes que restan capacidad de recuperación a estos sistemas en momentos críticos, a lo que se suman los conflictos en el control hidráulico artificial que mantienen a las ciénagas de Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela, aisladas y susceptibles a la contaminación y el deterioro.

En el análisis espacial de las contribuciones de las variables, se puede observar que hay una tendencia en el gradiente que va de norte a sur, desde el punto P1 donde se encuentra cerca una escorrentía a la que parecen sumarse aguas probablemente contaminadas provenientes de la población.

Los coliformes fecales y totales en la Ciénaga Larga, sobrepasan en los puntos P1 y P2 el objetivo máximo de calidad establecido por la C.R.A., indicando la presencia de materia fecal fresca (Figura 13-D). Estas estaciones llevan asociadas los sistemas de bombeo y planta de tratamiento de Palmar de Varela.

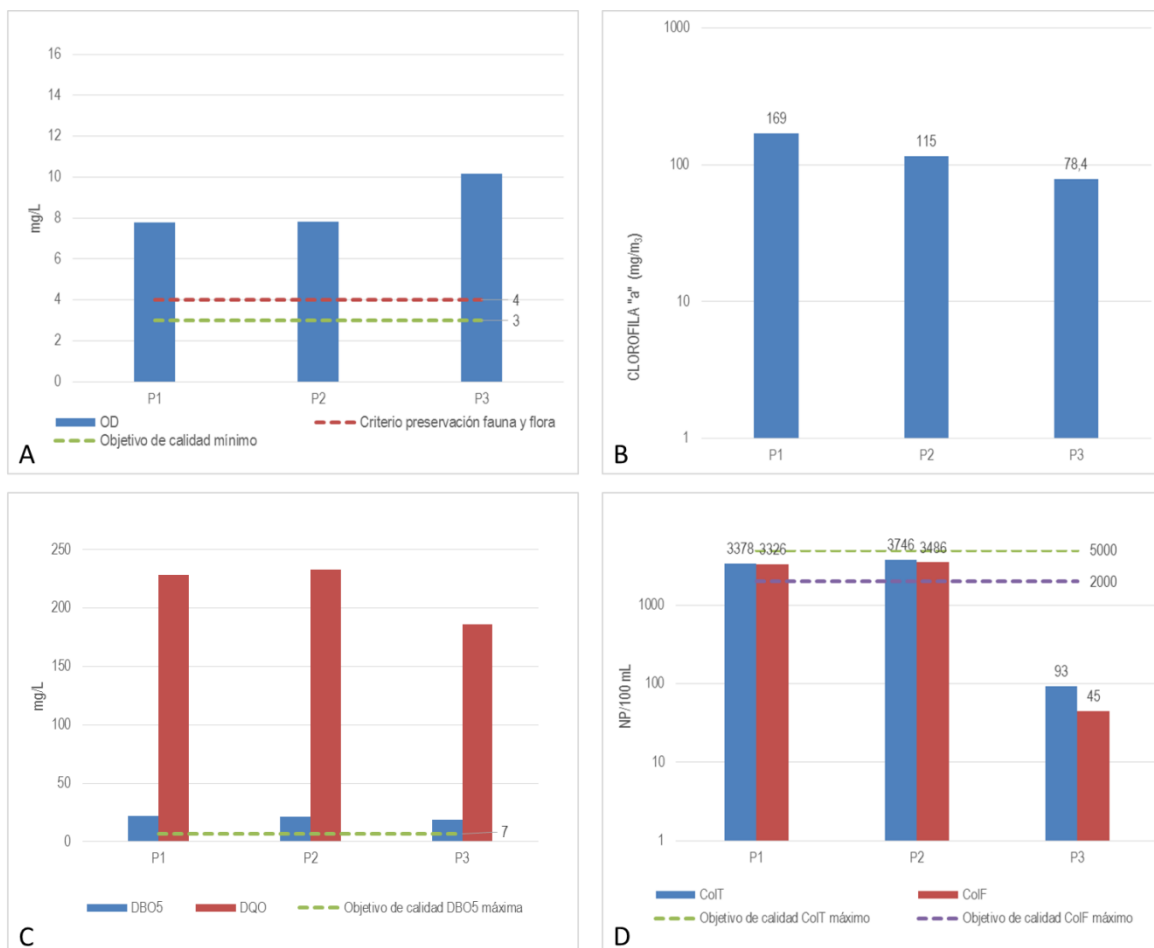


Figura 13. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga La Larga: A- O.D; B- Clorofila "a"; C- DBO y DOQ; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).

La Ciénaga Manatí se caracterizó por presentar aguas bien oxigenadas, poco turbias con altos valores de conductividad, un pH muy básico y poca concentración de clorofila "a".

Los valores de pH en la Ciénaga Manatí superan el objetivo máximo de calidad establecido por la C.R.A. (9 unidades), con un valor medio aproximado a 10.1 (Figura 14-A), con valores de 9.89 a 10.34 unidades con gradiente de norte a sur. El pH es el potencial de hidrogeniones (H⁺) que indica la concentración de estos iones en el agua y esta íntimamente involucrado con la acidez, la alcalinidad y la basicidad. El pH puede alterarse de acuerdo al grado de eutroficación y a las modificaciones del sistema carbonatos del agua dadas por la producción de CO₂ (durante la respiración por parte de los organismos heterotróficos) o por el consumo de este gas (debido a la fotosíntesis de los organismos

autotróficos). Según Roldán (1992) los lagos y ciénagas de las partes bajas tropicales presentan rangos de pH amplios (5,0 a 9,0), sin embargo lo presentado aquí supera los límites referenciados, con valores elevados que representan niveles de estrés para la mayoría de los organismos acuáticos. Durante el proceso fotosintético las algas y macrófitas pueden elevar el valor del pH debido al consumo de CO_2 , modificando el balance de carbonatos, siendo las variaciones más altas en ocasiones de un florecimiento algal o para aguas con bajo poder de amortiguación. La Ciénaga Manatí registró algunas de las densidades fitoplanctónicas más altas entre los cuerpos de agua estudiados y una cobertura de macrófitas que alcanzó cerca del 24% del espejo de agua.

Los efectos fisiológicos de valores de pH altos (>9 unidades) han sido menos estudiados que los efectos de aguas ácidas debido a que son menos comunes las aguas con valores de pH alto, muchas investigaciones concluyen que el efecto de los iones hidroxilo en organismos como los peces se manifiesta como una hipertrofia de las células mucosas en la base de los filamentos branquiales y la destrucción del tejido epitelial de las branquias, afectando seriamente el proceso respiratorio. Muchos macroinvertebrados resultan afectados en alguno de sus estados del ciclo de vida cuando el pH supera las 10 unidades (Alabaster y Loyd, 1980). Por estas razones se ha establecido como rango seguro entre 6.5 y 9 unidades de pH para la mayoría de los organismos acuáticos de sistemas continentales por algunas organizaciones como la USEPA y entre 4.5 y 9 en el caso de la normativa nacional (decreto 1594 de 1984). Preocupa entonces, que las condiciones de la ciénaga mantengan tal productividad y poca capacidad de recuperación diezmando significativamente la capacidad de muchos organismos para sobrevivir y cumplir su ciclo de vida en el sistema, esto sin contar las fluctuaciones drásticas y repentinas del pH en el ciclo diario, que pueden afectar significativamente los procesos biológicos. En las determinaciones realizadas en este estudio en la Ciénaga Manatí se registraron diferencias alrededor de una unidad, varios estudios indican que existen efectos adversos por encima de 2 unidades de cambio repentino del pH (Wiebe, 1931; Witschi y Ziebel, 1979).

Por otra parte, los valores habituales de conductividad son menores de $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ en aguas de bajo contenido iónico, y desde 500 hasta $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ para las fuertemente mineralizadas (Roldán y Ramírez, 2008). En la Ciénaga Manatí, se registran valores excesivamente altos, principalmente en los puntos P2 y P3, que permanecieron hasta los últimos días del muestreo debido a la intensa desecación evidenciada en los puntos P1 y P4, superando los $6000 \mu\text{S}/\text{cm}$, estos altos valores de conductividad son producto de la pérdida del agua por evaporación en la ciénaga y a lo que se suman otras condiciones como los altos valores de pH que por encima de 9 unidades son aportantes importantes a la conductividad por la presencia predominante de OH^- (Figura 14-B).

Los valores de turbiedad (Figura 14-C) y concentración de sólidos suspendidos (Figura 14-D) determinados en Manatí fueron de los más bajos de todas las ciénagas, con 9.3 NTU y 33.1 mg/L de

SST respectivamente, lo cual puede estar asociado a la presencia de macrófitas, que ayudan a facilitar la precipitación de los sólidos en suspensión.

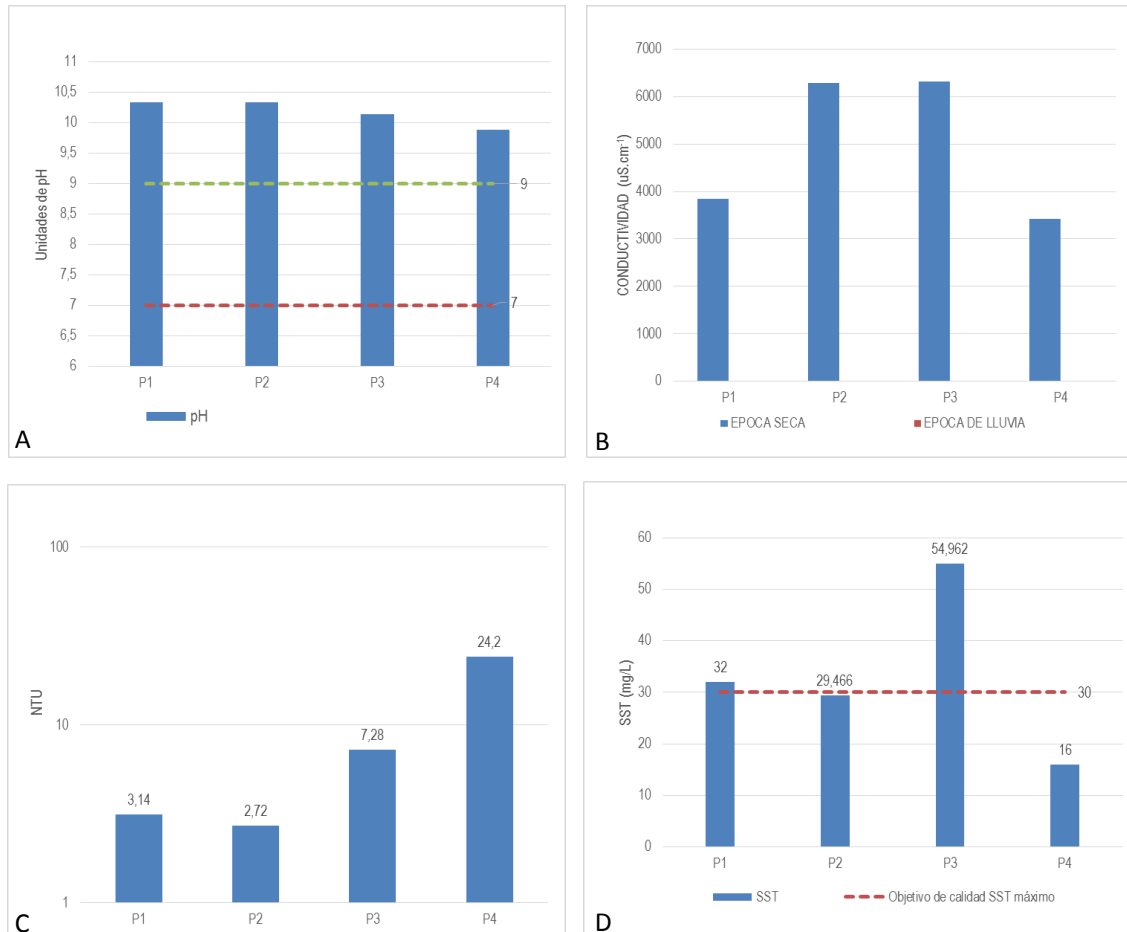


Figura 14. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga Manatí: A- pH; B- Conductividad; C- Turbiedad; D- SST.

La DBO₅ registro valores por encima del objetivo máximo de calidad establecido por la C.R.A. (7mg/L), presentando valores que oscilan entre 10.88 y 17.02 mg/L, con un valor medio de 13,2 mg/L (Figura 15-B). La DQO registró valores que oscilan entre 117.55 y 154.016 mg/L, lo que indica que hay un exceso de materia organica en el sistema que se debe en parte a la gran cantidad de vegetación macrófita que cubre su extensión. No obstante, en las determinaciones diurnas de oxígeno disuelto, se registraron valores altos entre 7.07 mg/L y 12.13 mg/L, presentando sobresaturación hacia los puntos P1 y P4 que se secaron durante los últimos días de muestreo (Figura 15-A).

En cuanto a la calidad microbiológica, los coliformes fecales registraron en el punto P1 3300 NMP/100 mL indicando la presencia de materia fecal fresca. Estas estaciones llevan asociadas la actividad ganadera principalmente hacia la Ciénaga Manatí donde no hay vertimientos directos de aguas residuales pero si se observa ganado bovino de las fincas aledañas (Figura 15-D).

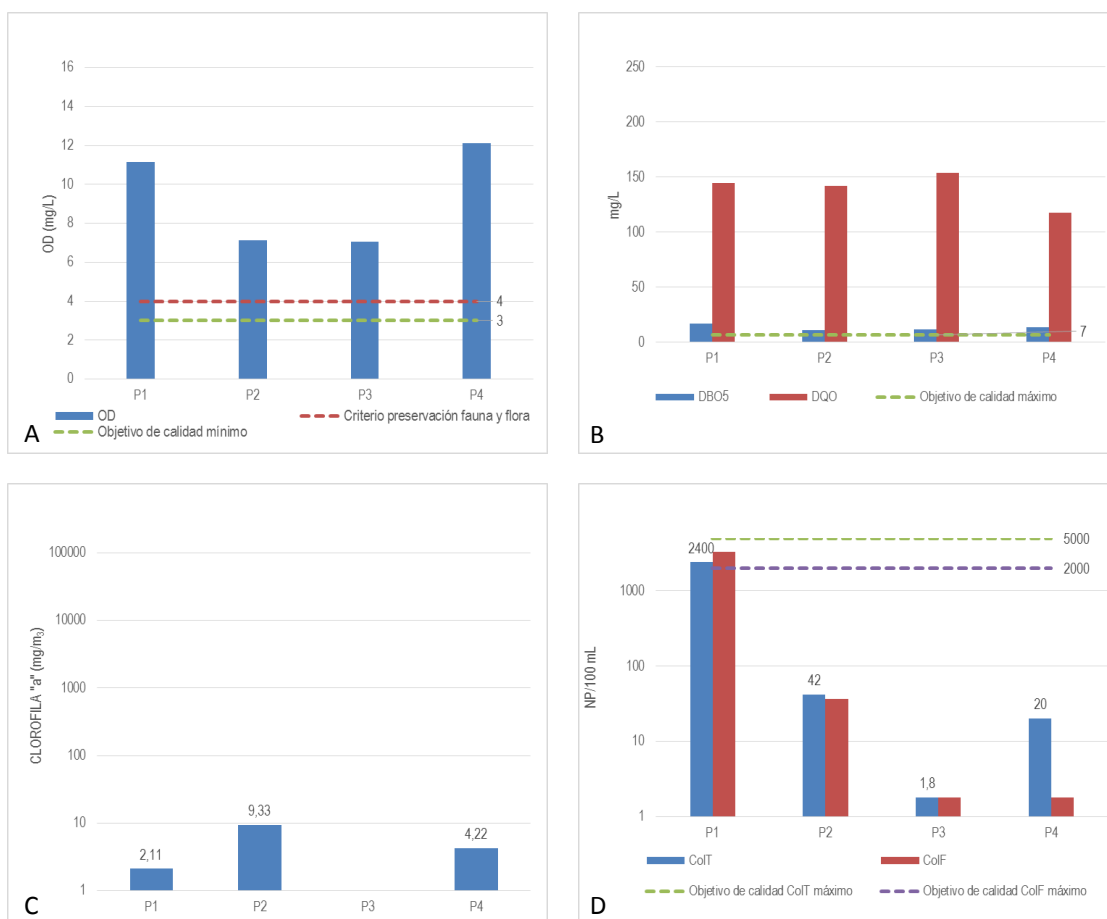


Figura 15. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga Manatí: A- O.D; B- DBO y DOQ; C- Clorofila "a"; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).

La Ciénaga La Luisa se caracterizó por presentar aguas turbias con abundantes sólidos suspendidos, pH básico, y conductividades altas.

El pH osciló de 6,8 a 11 unidades en la época seca, y entre 6.49 a 9.45 unidades en la época de lluvia. Al igual que el resto de las ciénagas su dinámica se presentó alterada aun e la época de lluvias; se encontró como fuente de alteración el sistema de bombeo de aguas servidas donde se registró un promedio de pH de 8.7. Los niveles encontrados sugieren alteraciones importantes en el balance de los carbonatos, probablemente por las altas tasas de producción primaria asociadas al estado trófico del sistema. En general las variaciones de pH pueden tener efectos diferentes en cada nivel de organización de la materia viva, sean moléculas, células, membranas, o tejidos. En el caso de los peces, los altos valores de pH producen hipertrofia del epitelio branquial e incluso daños en las córneas (Noga, 2011) que pueden causar la muerte de los peces. Ya en la Ciénaga La Luisa se han registrado eventos de mortalidad que de seguro se relacionan con las condiciones ambientales extremas, incluyendo valores de pH como los registrados aquí superiores a 11 unidades en la época seca (Figura 16-A).

Los valores más altos de pH se registraron en los puntos P7 al P12. De los puntos P7 al P11 se destaca la influencia de un drenaje que al parecer conlleva aguas contaminadas provenientes de la parte alta de la población. Las alteraciones del pH en este sector fueron comunes a los dos periodos estudiados, siendo la época seca cuando se registraron las mayores determinaciones del pH.

En los puntos P1 y P2 también se registró una alteración en la época seca, aunque modesta de los niveles de pH por encima del objetivo de calidad; estas estaciones están asociadas a las descargas del sistema de bombeo de aguas residuales de la población de Palmar de Varela.

En los puntos P7 y P8 ubicados aguas abajo y aguas arriba de los boxcoulvert que atraviesan el puente no se encontraron diferencias que den evidencia de alteración por la estructura.

Los valores de conductividad registrados en las dos épocas muestran que el sistema posee aguas altamente mineralizadas, con valores promedio de 2829 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la época seca y 2807 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la época de lluvias, lo cual se asocia probablemente a aportes antrópicos, a los elevados valores de pH, que por encima de 9 unidades son aportantes importantes a la conductividad por la presencia predominante de OH^- y al desecamiento del cuerpo de agua (Figura 16-B).

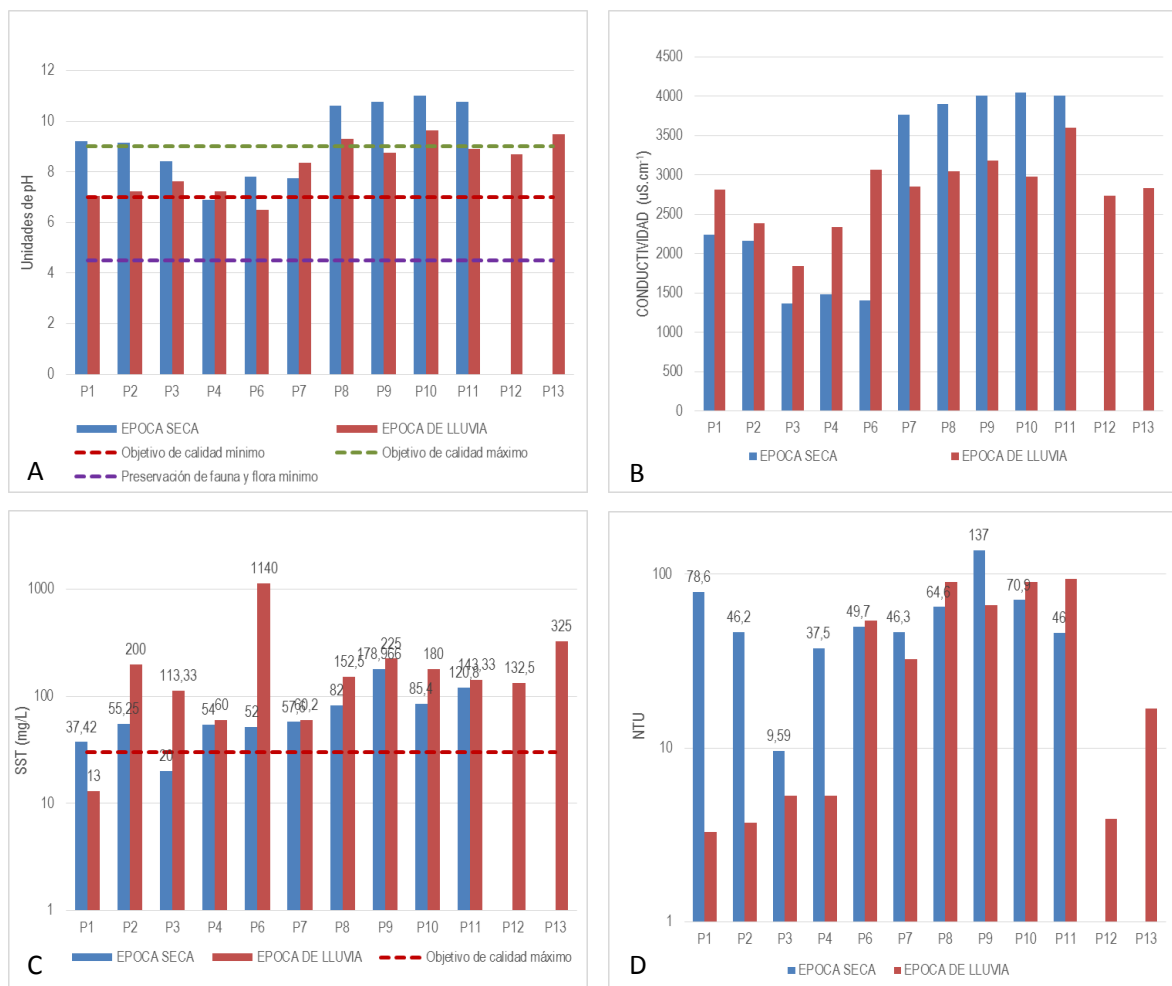


Figura 16. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga La Luisa: A- pH; B- Conductividad; C- Turbiedad; D- SST.

Las concentraciones de oxígeno disuelto en la Ciénaga La Luisa variaron a través de las estaciones y épocas de lluvia y seca. El valor promedio en la época seca fue de 6.3 mg/L, registrando el menor valor en el punto P7 con 0.7 mg/L y el valor mas alto en el punto 4 con 12.82 mg/L. en la época de lluvias se registro un valor medio de 8.83 mg/L, el menor valor se registro en el punto 5 con 0.68 mg/L, y el valor en los puntos 7 y 8 con 14.2 mg/L (Figura 17-A), en general, los bajos valores probablemente esten asociadas a canales de interconexión, y en la estructura hidráulica (puente) que atraviesa la Ciénaga La Luisa donde predominaron las macrófitas en la cobertura del sector, interfiriendo tanto en el intercambio gaseoso atmosférico como en la producción fitoplanctónica. La interacción de las macrófitas y la producción de oxígeno disuelto durante la fotosíntesis, puede ocurrir por la acumulación de oxígeno producido en algunas estructuras intercelulares de los tejidos de las plantas, para permitir

que sea utilizado para procesos respiratorios en ausencia de luz, de manera que la tasa de difusión en el agua disminuye. El crecimiento de *E. crassipes* es muy rápido, pudiendo duplicar su biomasa en solo 12 días, cubriendo los sectores de poco flujo y profundidad, impidiendo la penetración de la luz con lo que se reduce la disponibilidad de oxígeno producido por fotosíntesis microalgal (Peña et al. 2012).

Para La DBO₅ se registraron valores promedio en las épocas de lluvia y sequía por encima del objetivo máximo de calidad establecido por la C.R.A. (7mg/L), aunque en los puntos P3 y P4 para la época seca y P1, P2, P3, P4, P11 y P12 para la época de lluvias no superan este valor. La DQO presenta valores superiores a los 100 mg/L en las dos épocas del año, evidenciando excesos de materia organica en el sistema (Figura 17-B).

Se registraron las más altas concentraciones de clorofila “a” en los puntos P5, P7, P9 y P10 de manera consistente durante los dos periodos. La mayor concentración fue determinada para las aguas del punto P10 en la época seca con 453 mg/m³ seguido del punto 9 en la época de lluvias con 342,5 mg/m³, por lo que se presume gran biomasa de microalgas en estos puntos, ya que la clorofila “a” es un indicador indirecto de la abundancia de microalgas, que se desarrollan en presencia de abundantes nutrientes (Figura 17-C). Esta relación se puede observar en la distribución de las densidades de fitoplancton registradas.

Los coliformes totales se encuentran por debajo del objeto límite de calidad (5000 NMP/100 mL) en la Ciénaga La Luisa, registrando valores cercanos al límite con 4826 y 4986 NMP en los puntos P1 y P2 en la época seca. Por el contrario los coliformes fecales si sobrepasaron el objetivo limite de calidad (2000 NMP/100mL) con valores de 4806 y 4986 NMP en la época seca para los puntos P1 y P2 (Figura 17-D). Esta distribución espacial revela el efecto que tiene las aguas del sistema de bombeo de aguas residuales con mayor efecto en la época seca cuando es menor la capacidad de dilución y recuperación del sistema.



Figura 17. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga La Luisa: A- O.D; B- DBO y DOQ; C- Clorofila "a"; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).

Nutrientes y estado trófico. En la Ciénaga Paraíso se registraron valores de nutrientes que se observan en la siguiente Figura.

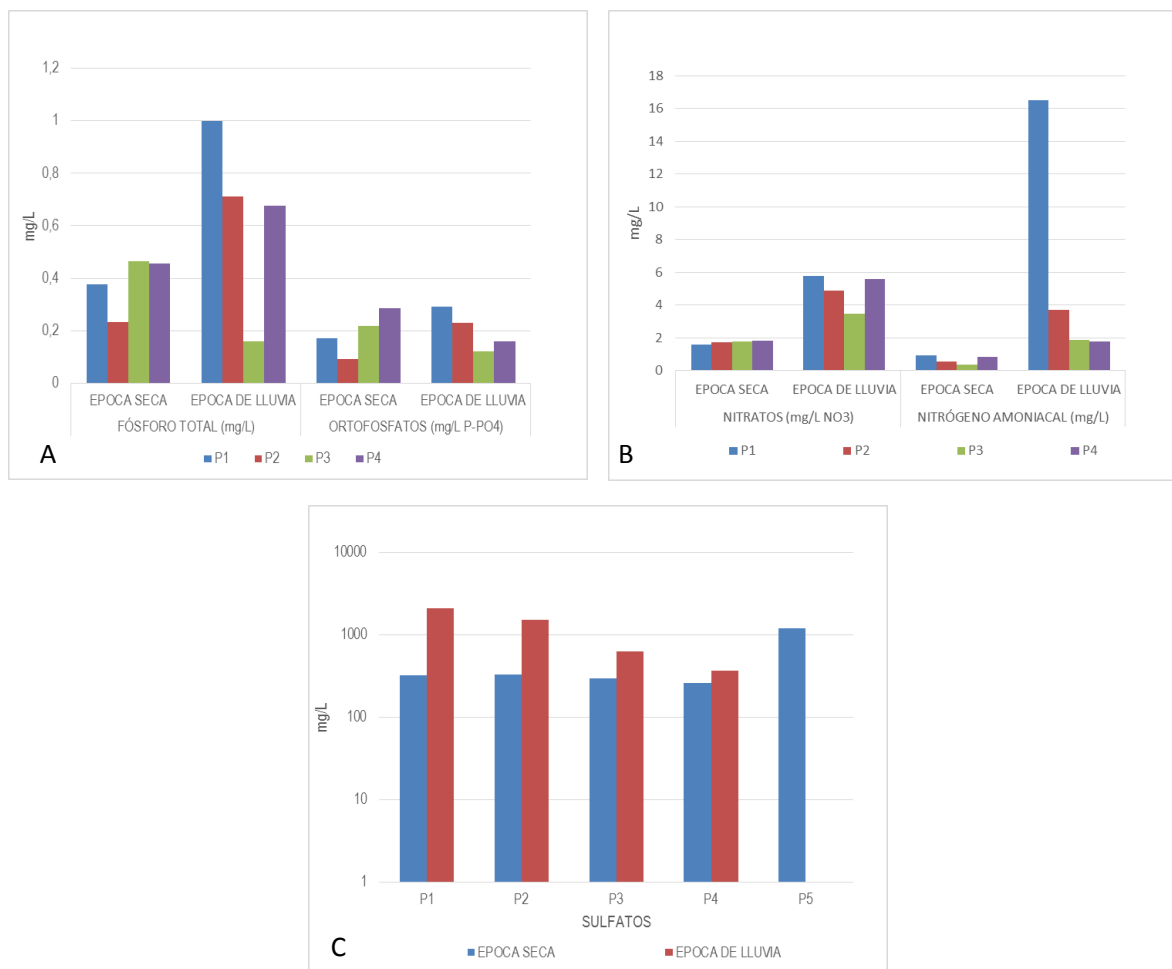


Figura 18 .Valores de los nutrientes en la Ciénaga Paraíso. A-Fósforo total y Ortofosfatos; B- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; C- Sulfatos.

Los ortofosfatos en promedio de 0,19 mg/L en la época seca, con poca variación en la época de lluvias, donde se registro un valor medio de 0.2 mg/L, según lo cual la ciénaga se encuentra eutrofizada teniendo en cuenta la mayoría de las referencias que relacionan el estado trófico con las medidas de esta variable. Los nitratos constituyeron el nutriente nitrogenado dominante, con determinaciones bajas de nitritos; estos iones en la época seca así como en la época de lluvias, no superaron el valor máximo de objetivo de calidad establecido por la C.R.A., con promedio de 1,74mg/L para los nitratos, y 0.018mg/L para los nitritos en la época seca, con un aumento en la concentración en la época de lluvia, alcanzando valores promedio de 4,97mg/L para los nitratos y 0,02 mg/L para los nitritos. Lo contrario sucedió con los registros de los valores de nitrógeno amoniacal, que en la época seca así

como en la época de lluvia superaron el objetivo máximo de calidad (0,5mg/L), con promedios en la época seca de 0,69mg/L y en mayor concentración en la época de lluvia, con 5,98mg/L, resaltando el valor registrado en el punto 1, el sector más al sur del complejo, con 16,5mg/L.

El nitrógeno amoniacal se encuentra en solución acuosa en forma de ion amonio o como ion amoniaco en función del pH, de tal manera que con un pH superior a 7 unidades es predominante el amoniaco. Los ambientes acuáticos sin contaminar contienen pequeñas cantidades de nitrógeno amoniacal, generalmente menores a 0.1 mg/L, pero pueden alcanzar de 2 a 3 mg/L, y concentraciones más altas pueden indicar que existe contaminación de origen orgánico procedente de aguas residuales (Sierra, 2011).

Puesto que el amoniaco en el agua no reviste importancia para la salud humana, la OMS no tiene recomendaciones para este parámetro de calidad de agua en cuanto al consumo humano y señala que la presencia de amoniaco puede atribuir olor y sabor a pH alcalino, con un umbral de 1.5 mg/L (OMS, 1995). La concentración con efectos tóxicos agudos para la biota vertebrada es relativamente alta, por ejemplo para algunas especies de peces sensibles se ha establecido en 9.11 mg/L (CL₅₀= efectos letales al 50% de la población bajo estudio) a un pH básico (7,77 unidades) (Jude, 1973). No obstante la mayor preocupación estaría asociada a los efectos crónicos, de los que se referencian concentraciones de 1.97 mg/L (CE₂₀= concentración a la que se presentan efectos adversos en el 20% de la población bajo estudio) en especies sensibles (Thurston *et al.* 1986). De esta y otra información exhaustiva sobre efectos toxicológicos en la fauna, algunos países como Argentina, han adoptado como concentración aceptable valores relativamente bajos en dependencia de la temperatura y el pH, por ejemplo, el nivel guía para aguas a 30°C es de 0.05 mg/L de amoniaco a un pH de 9 unidades.

En este contexto, las concentraciones de nitrógeno amoniacal como el aquí registrado, podría generar alteraciones importantes en la sobrevivencia de la fauna presente, en combinación con otros factores de estrés, principalmente en la época de lluvias, más cuando la capacidad de dilución y de recuperación del sistema está alterada debido a la afectación sobre su hidrodinámica.

Por su parte, los sulfatos (SO₄) en la época seca registraron valores promedio de 482.88 mg/L, superando los 400 mg/L que es el límite referencia para aguas para consumo de acuerdo con el Decreto 1594/84, lo cual puede atribuirse al desecamiento de la ciénaga y coincide con los altos valores de conductividad hallados. Si bien los niveles encontrados no representan problemas de toxicidad en aguas superficiales, donde el pH permanece en condiciones básicas, debe haber precaución por su transformación en ácido sulfhídrico donde el pH es inferior a 8, particularmente en los fondos anóxicos cargados de materia orgánica que caracteriza a los sistemas eutrofizados. Lo que en la época de lluvias en este cuerpo de aguas sugiere mayor atención, debido a un valor medio de

1152.39 mg/L, y principalmente en los puntos 1 y 2, donde también se registran altos valores de nitrógeno amoniacal, lo que probablemente se deba a descargas de aguas residuales o asociadas al lavado de suelos con actividad agrícola y ganadera.

Por otra parte, la Ciénaga Paraíso presenta colmagtación para N y P en el período seco, con valor promedio de N/P=14.97 y 51.52 en la época de lluvias con limitación de fósforo (Tabla 6) insinuando oligotrofia, que no concuerda con el estado que reflejan las concentraciones netas de fósforo y tampoco concuerda con las densidades de fitoplancton encontradas en las dos épocas (Figura 19). La limitación para el fósforo puede estar relacionada con la sustracción de este elemento por parte de otros productores como las macrófitas, que fueron muy abundantes en el sistema, interfiriendo en la interpretación de los resultados para definir el estado trófico del mismo. Las macrófitas pueden funcionar como bombas removedoras de este elemento compitiendo activamente con el fitoplancton.

Tabla 6. Relación N/P en la Ciénaga Paraíso.

Puntos de muestreo	Relación N/P Época seca	Relación N/P Época Lluvia
P1	15,11	76,93
P2	25,23	37,74
P3	10,05	45,08
P4	9,48	46,31
$\bar{x}$	14,97	51,52

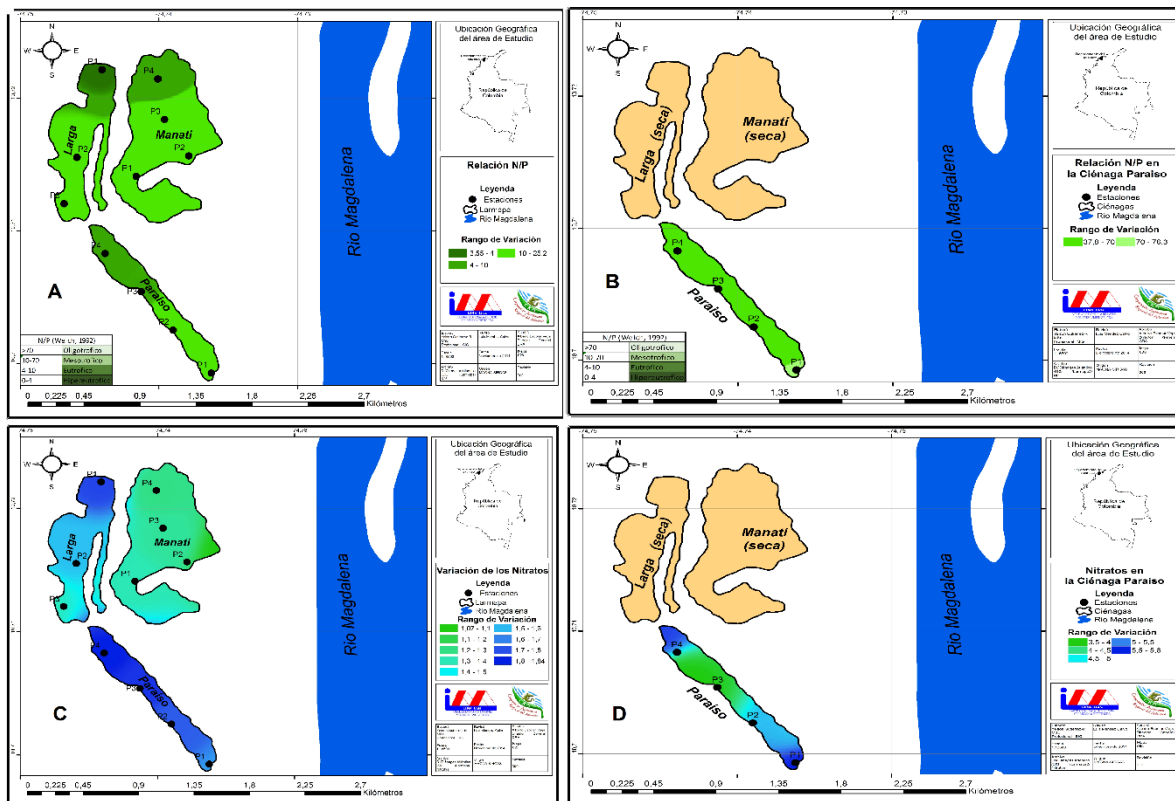


Figura 19. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga Paraíso en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (E).

Los resultados de algunos indicadores del estado trófico se registran en la siguiente Tabla, siendo el de Carlson (1980), basado en la concentración de fósforo, el más congruente con el estado real de la Ciénaga Paraíso y las condiciones asociadas a dicho estado. En el período seco, las macrófitas alcanzaron cerca del 34% de la cobertura del espejo de agua, principalmente *E. crassipes* (Taruya).

Tabla 7. Algunos indicadores de eutroficación no ajustados, en la Ciénaga Paraíso.

Indicador		Carlson (1980) (TSI)		Aizaki <i>et al.</i> , (1981)		Vollenweider (1981)	Margalef (1983)
Criterio	Oligotrófico	0-40		0-30		[4,2]	10-100
	Mesotrófico	40-50		30-50		[16,1]	100-1.000
	Eutrófico	50-70		50-80		[42,6]	> 1.000
	Hipereutrófico	70<TSI<100		>80			
Época seca		Fosforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fosforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fitoplancton (Cel/mL)
P1		89,65	63,25	23,08271395	60,92718932	27,9	146,8
P2		82,81	50,09	29,03506306	46,27983891	7,29	163,7
P3		92,68	67,27	20,44338003	65,3913066	42	185,4
P4		92,4	79,75	20,68921034	79,28390239	150	174,6
$\bar{x}$		89,39	65,09	23,31	62,97	56,80	167,63
Época de lluvia							
P1		103,76	60,18	10,8061404	57,50703087	20,394	33294,1
P2		98,82	47,86	15,10459985	43,80142132	5,809	150,3
P3		77,33	34,93	33,8061404	29,4180728	1,555	33
P4		98,11	55,48	15,72048164	52,27762292	12,63	26
$\bar{x}$		94,5	49,6	18,9	45,8	10,1	8375,9

El índice de Carlson basado en el fósforo total, resulta en una sola categoría como hipereutrófico para toda la extensión de la Ciénaga Paraíso, pero no permite ver gradientes en la interpretación grafica que conduzcan a establecer causalidades espaciales. En este sentido, otros indicadores más sensibles como la densidad del fitoplancton y con base en la clorofila "a" pueden conceder la oportunidad de discriminar espacialmente la distribución de la condición trófica. En la Figura 20, se observa en primera instancia la falta de conectividad entre las ciénagas del sistema que se encuentran adyacentes a la Ciénaga Paraíso, aun durante la temporada de lluvias en la que contrario a lo que se espera, las ciénagas Manatí y Larga con las que se conecta se encontraron totalmente secas. Los gradientes que registra el fitoplancton e inclusive la clorofila "a" muestran cierta tendencia desde la parte sur lo cual puede estar relacionado con la forma del cuerpo de agua, las escorrentías y el flujo histórico del agua que llega desde el Río Magdalena a este punto con todo su aporte de nutrientes.

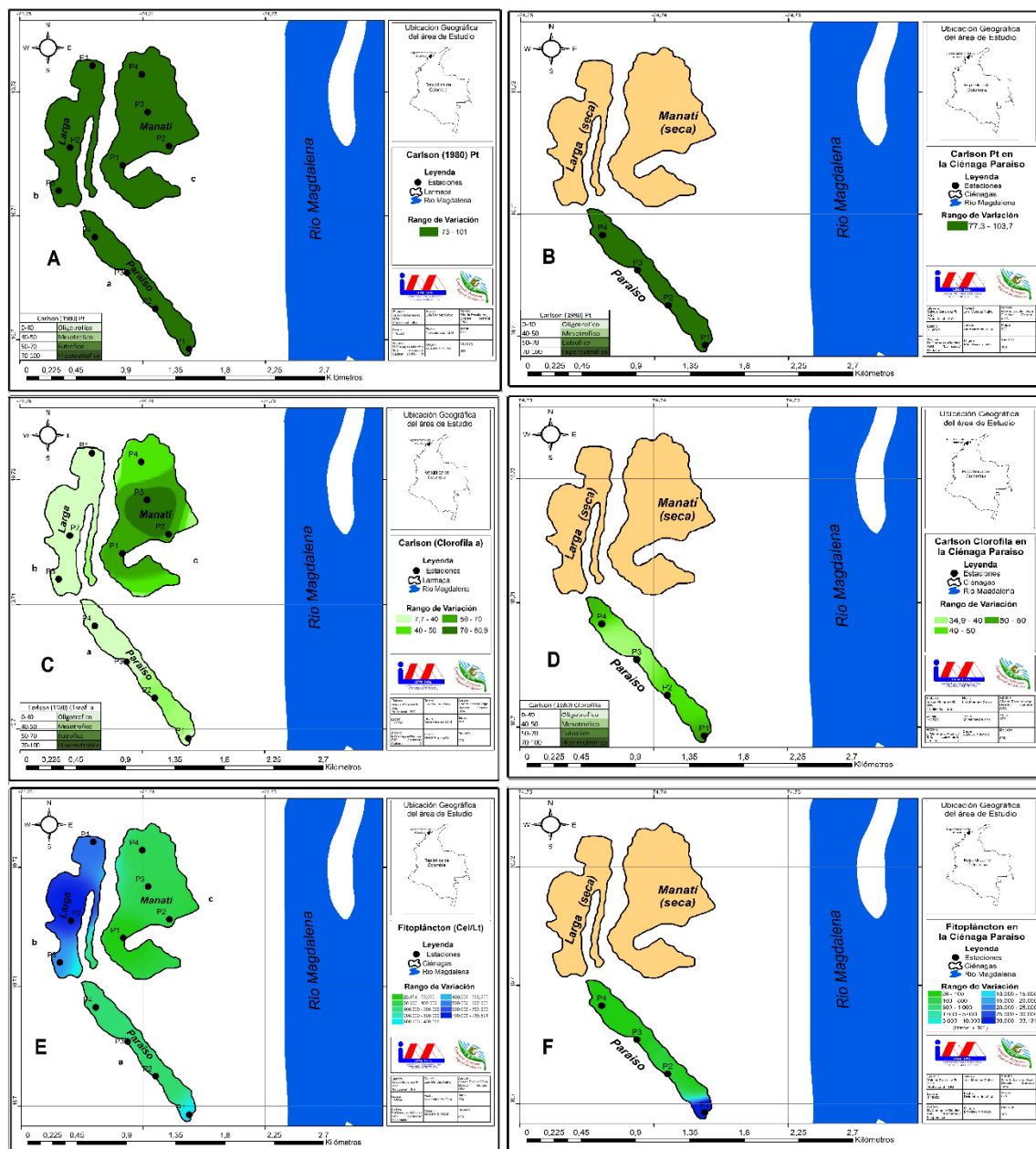


Figura 20. Mapa de variación de indicadores de eutrofización en la Ciénaga Paraíso en la época seca (A-Carlson basado en PT), (C-Carlson basado en Clorofila "a"), (E-densidad del fitoplancton) y de lluvias (B- Carlson basado en PT), (D- Carlson basado en Clorofila "a") y (F- densidad del Fitoplancton).

En la Ciénaga Larga se registraron valores de nitratos en promedio de 1,56 mg/L, encontrándose dentro del objetivo limite de calidad (10mg/L) establecido por la C.R.A., así como valores bajos de

nitritos, los cuales registran un promedio de 0,015mg/L. El nitrógeno amoniacal por el contrario, en promedio supera el valor objetivo mínimo (0,5 mg/L) con un valor de 0.65 mg/L, aunque no presenta toxicidad para la fauna presente en el cuerpo de agua.

Los ortofosfatos registraron valores de 0.32 mg/L; valores superiores a 0.01 mg/L. Según Ramírez (1999) y Donato (1991) consideran que el sistema se encuentra eutrificado, atendiendo a esto, la Ciénaga Larga presenta tendencia a la eutrofización.

Los sulfatos registraron en promedio valores que se encuentran debajo de los 400 mg/L que es el límite referencia para aguas para consumo de acuerdo con el Decreto 1594/84, el máximo valor se registro en el punto 3 con 340,2 mg/L (Figura 21).

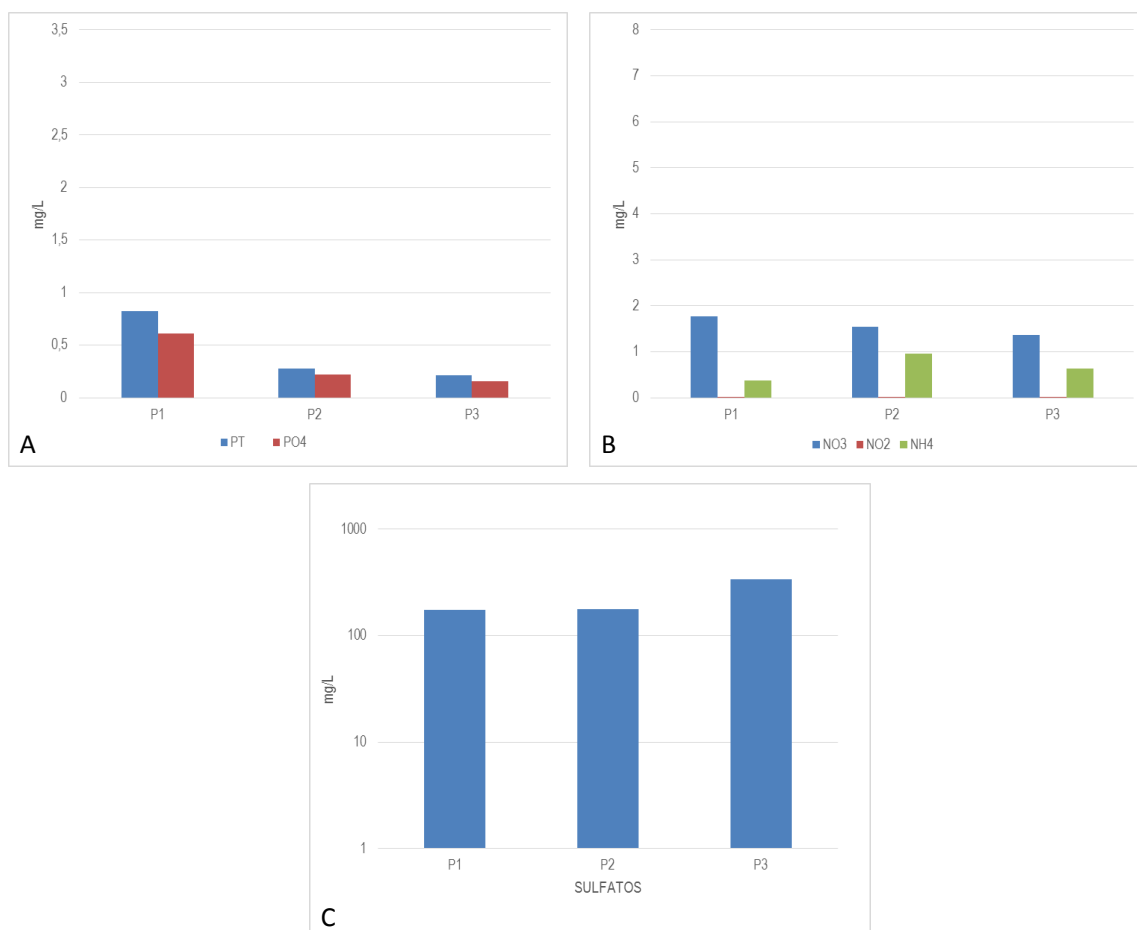


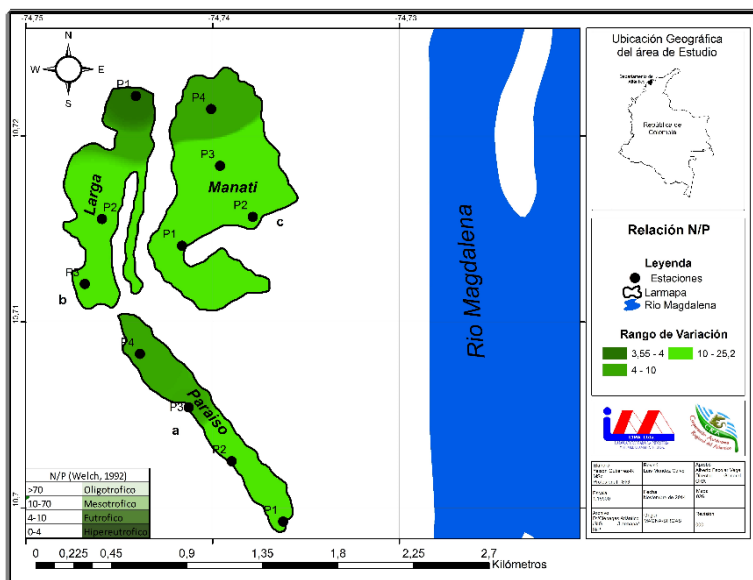
Figura 21 .Valores de los nutrientes en la Ciénaga Larga. A-Fósforo total y Ortofosfatos; B- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; C- Sulfatos.

Según la relación N/P (Tabla 8), la Ciénaga Larga, tiende a la limitación por nitrógeno, con un valor N/P promedio de 9.31, y un mínimo de 3.5 hacia el punto P2 donde se tiende a la hipereutrofia. La limitación para el nitrógeno es un fenómeno relativamente normal en aguas tropicales (Roldán y Ramírez, 2008) tal como se reporta para varias ciénagas del canal del Dique (CORMAGDALENA-UNAL, 2006). Esta deficiencia o limitación del nitrógeno estimula la fijación de nitrógeno atmosférico (Salas, 1989) lo cual promueve la proliferación de algas verdeazules o cianobacterias que tiene la ventaja fisiológica de fijar nitrógeno desde la atmósfera, en ocasiones estableciendo florecimientos algales que pueden ser tóxicos. De hecho, en las Ciénaga Larga las cianobacterias contribuyeron con el 60% de la densidad fitoplanctónica, con aporte significativo de *Pseudoanabaena musicola* (fijadora de nitrógeno atmosférico, dominando sobre otros grupos importantes como las clorofitas y diatomeas.

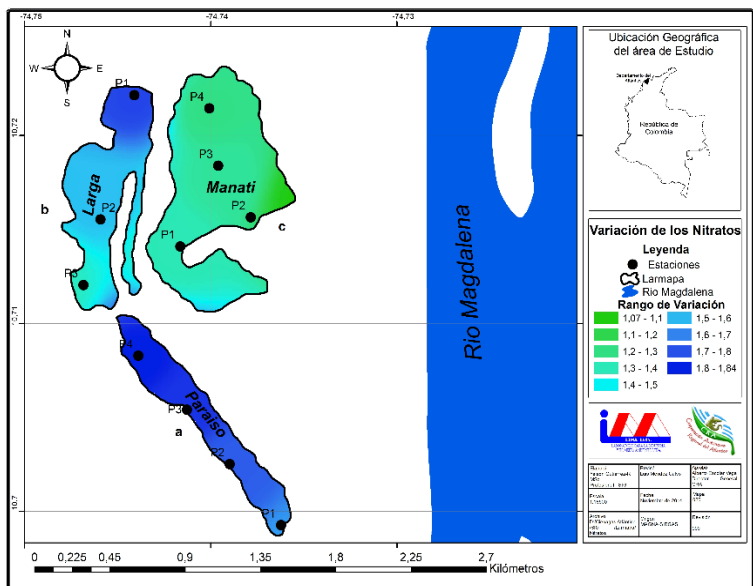
Tabla 8. Relación N/P en la Ciénaga Larga.

Puntos de muestreo	Relación N/P
P1	3,55
P2	11,32
P3	13,06
$\bar{x}$	9,31

En la Figura 22, se observa la variación de la relación N/P en la ciénaga, que tiende a hipertrófica en el punto P1 en la zona norte. La relación N/P para el desarrollo del fitoplancton propuesta por Vollenweider (1983) es de 9, de aquí que en el punto P2 el valor más cercano a la referencia (11.32) fue donde se registraron los mayores valores de densidad fitoplanctónica.



A



B

Figura 22. A) Relación N/P en la Ciénaga Larga (b). B) Gradiente de concentración de nitratos en la Ciénaga Larga (b).

Los valores de indicadores de eutrofización en la Ciénaga Larga, muestran una tendencia del sistema hacia la hipertrofia y eutrofia, aunque algunos arrojan resultados contradictorios por las razones anteriormente expuestas, con respecto a la influencia de la vegetación acuática (Tabla 9). Las macrófitas presentaron una cobertura de 36.6% del espejo de agua, lo cual representa una biomasa alta teniendo en cuenta que el espejo de agua presentó una muy escasa profundidad, con evidencias de colmatación y acumulación excesiva de materia orgánica, en buena medida de origen autóctono.

Tabla 9 . Indicadores de eutroficación en la Ciénaga Larga.

Indicador		Carlson (1980) (TSI)		Aizaki et al. (1981)		Volenweider (1981)	Margalef (1983)
Criterio	Oligotrófico	0-40		0-30		[4.2]	10-100 cel/mL
	Mesotrófico	40-50		30-50		[16.1]	100-1.000 cel/mL
	Eutrófico	50-70		50-80		[42.6]	1.000-1.000.000 cel/mL
	Hipereutrófico	70<TSI<100		>80			
Variable empleada		Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fitoplancton (Cel/mL)
ÉPOCA SECA							
P1		100,9	80,9	13,3	80,6	169,0	591,2
P2		85,2	77,1	26,9	76,4	115,0	738,5
P3		81,6	73,4	30,1	72,2	78,4	538,3
$\bar{X}$		89,2	77,2	23,4	76,4	120,8	622,7

En las Figuras 23 se puede observar que el índice de Carlson basado en la clorofila es consistente para toda la extensión de la ciénaga, y correspondiente con su estado, al contrario de lo sucedido con la distribución del índice basado en la concentración de clorofila "a". La distribución del fitoplancton es más precisa en los gradientes y muestra una mayor concentración hacia la estación P2 donde la relación N/P es más cercana a 9 de acuerdo a las necesidades del fitoplancton (Vollenweider, 1983).

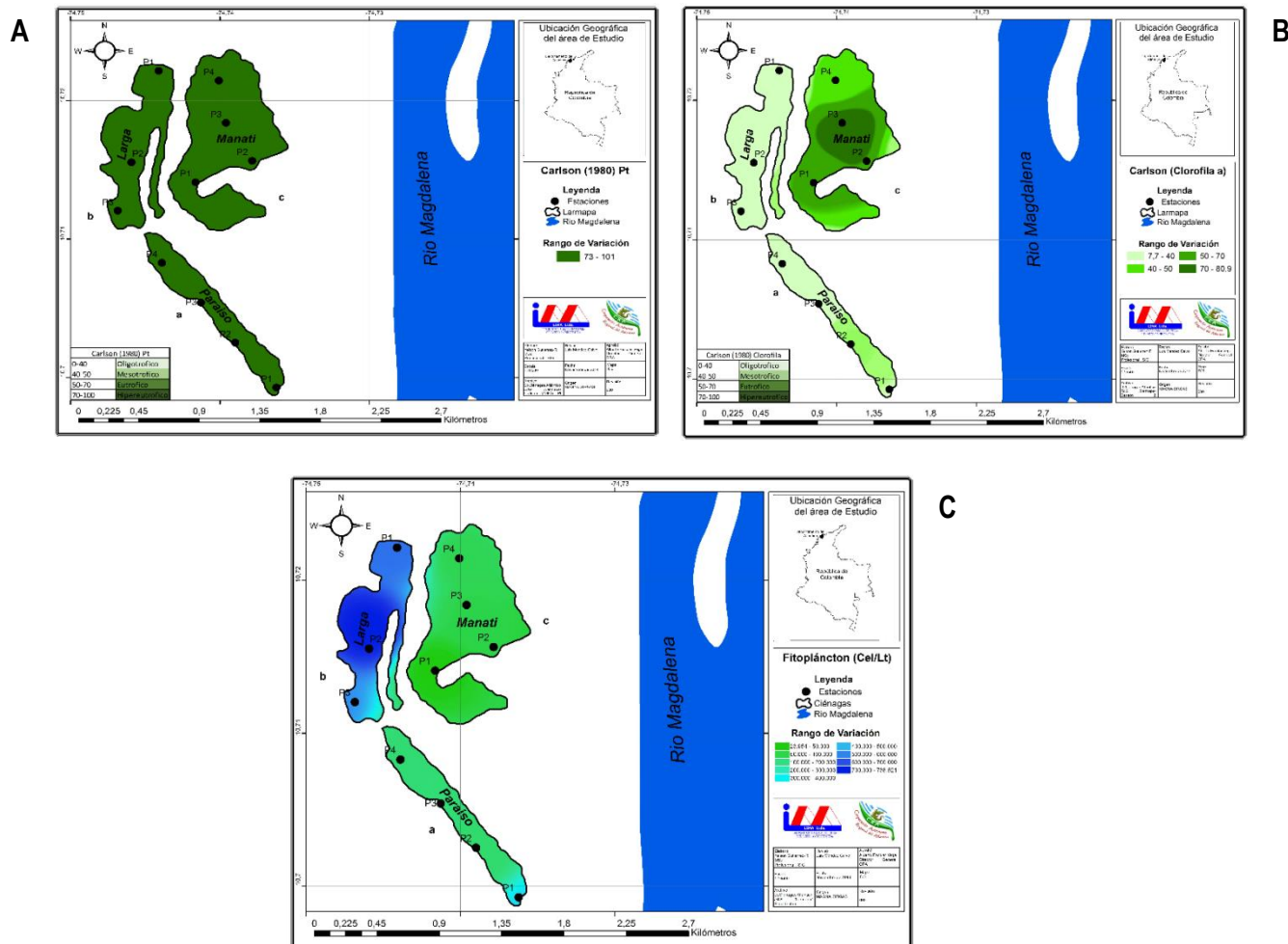


Figura 23. A) Mapa de variación de Carlson (Fósforo total) en la Ciénaga Larga. B) Mapa de variación de Carlson (Clorofila "a") en la Ciénaga Larga. C) Mapa de variación del Fitoplancton en la Ciénaga Larga.

En la Ciénaga Manatí los valores medios de nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal se encuentran por debajo del objetivo máximo de calidad para cada uno, aunque en el punto P3 los valores de nitrógeno amoniacal superan ligeramente el objetivo máximo de calidad con 0.95mg/L. Los nitratos se comportaron como el nutriente nitrogenado dominante, en concentraciones promedio de 1.25 mg/L (Figura 24).

Los ortofosfatos registraron valores promedio de 0.13mg/L, que segun Ramírez (1999), sugieren eutrofización. El fósforo total registro valores promedio de 0.2 mg/L.

Los sulfatos registraron valores medios de 47.16, encontrándose por debajo de 400mg/L, valor límite de referencia para aguas de consumo según el decreto 1594/84.

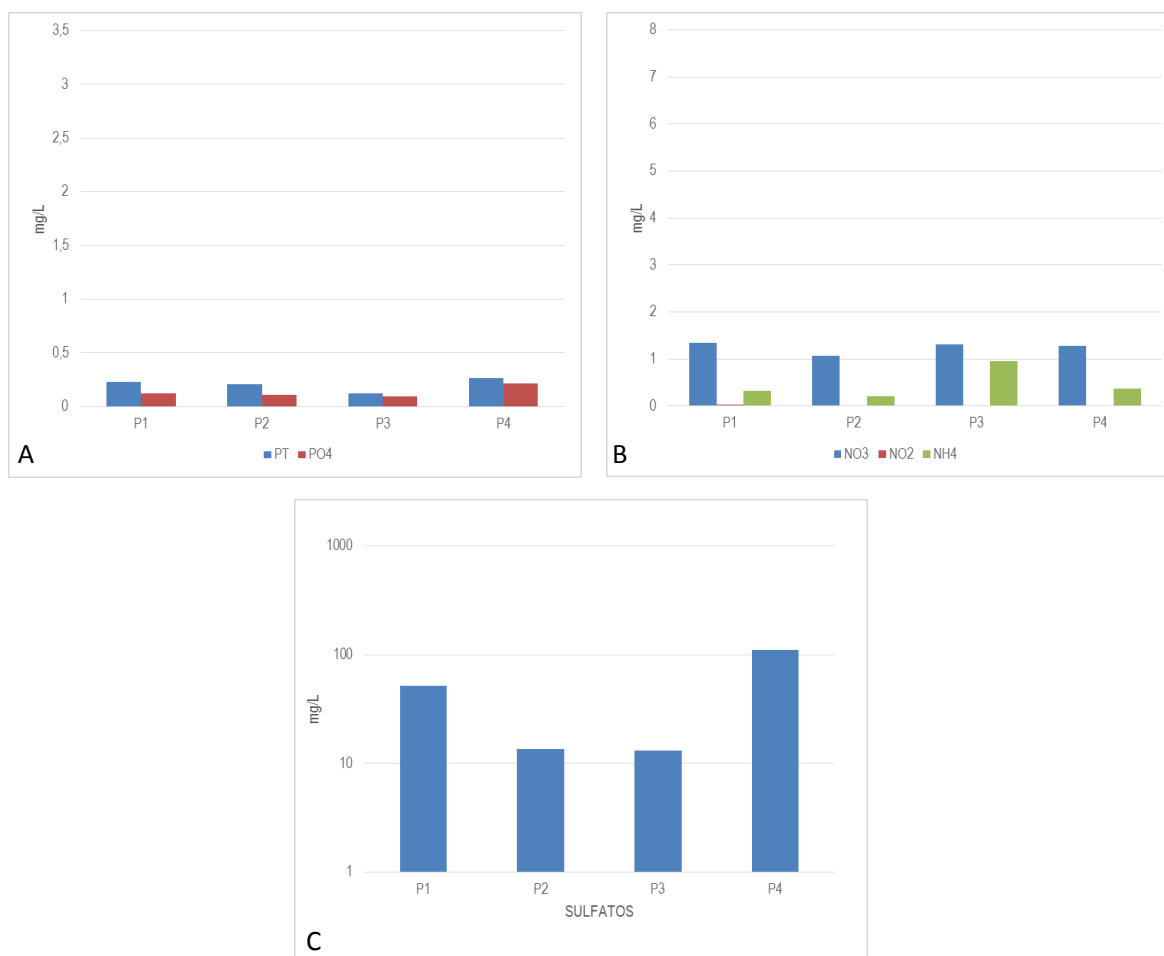


Figura 24. Valores de los nutrientes en la Ciénaga Manatí. A-Fósforo total y Ortofosfatos; B- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; C- Sulfatos.

En los puntos P1 y P2 la relación N/P indica un estado de colimitación tanto para P como para N, mientras que en P4 la limitación es para el fósforo y en P1 lo es para el nitrógeno, resultando un promedio para el sistema que indica colimitación para estos dos elementos, con tendencia a la mesotrofia (Tabla 10 y Figura 25).

Tabla 10. Relación N/P en la Ciénaga Manatí.

Puntos de muestreo	Relación N/P
P1	13,52
P2	11,87
P3	24,70
P4	7,79
$\bar{x}$	14,47

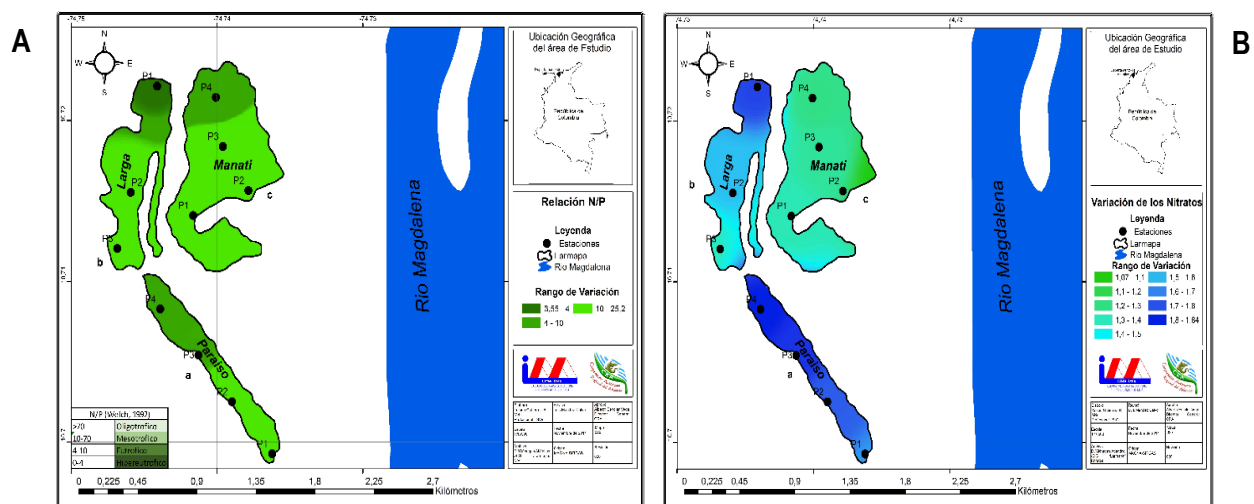


Figura 25. A) Variación de la relación N/P en la Ciénaga Manatí. B) Variación de los nitratos en la Ciénaga Manatí.

La tendencia de los índices de eutrofización en la Ciénaga Manatí es variada de acuerdo al factor utilizado, varía de oligotrofia para la densidad de fitoplancton, hasta hipereutrofia para el fósforo total de acuerdo con Carlson (1980) (Tabla 11). Aunque es la misma discrepancia en los casos anteriores, y el índice de Carlson sigue mostrándose más consistente hacia la hipereutrofia, se logra observar en el análisis global de los valores medios que esta ciénaga se encuentra menos eutrofizada concordando con la cobertura de macrófitas que fue una de las menores (24%), lo cual también se puede observar al comparar la distribución de las densidades del fitoplancton con relación a las ciénagas Larga y Paraíso (Figura 26). No obstante, esta ciénaga sufrió desecamiento total aun en la época de lluvia, lo que resulta alarmante, teniendo en cuenta que esta ciénaga junto con la de Santo Tomás han funcionado como vasos reguladores de la hidrodinámica del complejo cenagoso (C.R.A., 2007).

Tabla 11. Indicadores de eutrofización en la Ciénaga Manatí.

Indicador		Carlson (1980) (TSI)		Aizaki et al. (1981)		Volenweider (1981)	Margalef (1983)
Criterio	Oligotrófico	0-40		0-30		[4.2]	10-100 cel/mL
	Mesotrófico	40-50		30-50		[16.1]	100-1.000 cel/mL
	Eutrófico	50-70		50-80		[42.6]	1.000-1.000.000 cel/mL
	Hipereutrófico	70<TSI<100		>80			
Variable empleada		Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fitoplancton (Cel/mL)
ÉPOCA SECA							
P1		82,4	37,9	29,4	32,7	2,1	24,0
P2		81,0	52,5	30,6	49,0	9,3	89,3
P3		73,5		37,1		<0,097	103,8
P4		84,8	44,7	27,3	40,3	4,2	123,6
$\bar{X}$		80,5	45,1	31,1	40,7	5,2	85,2

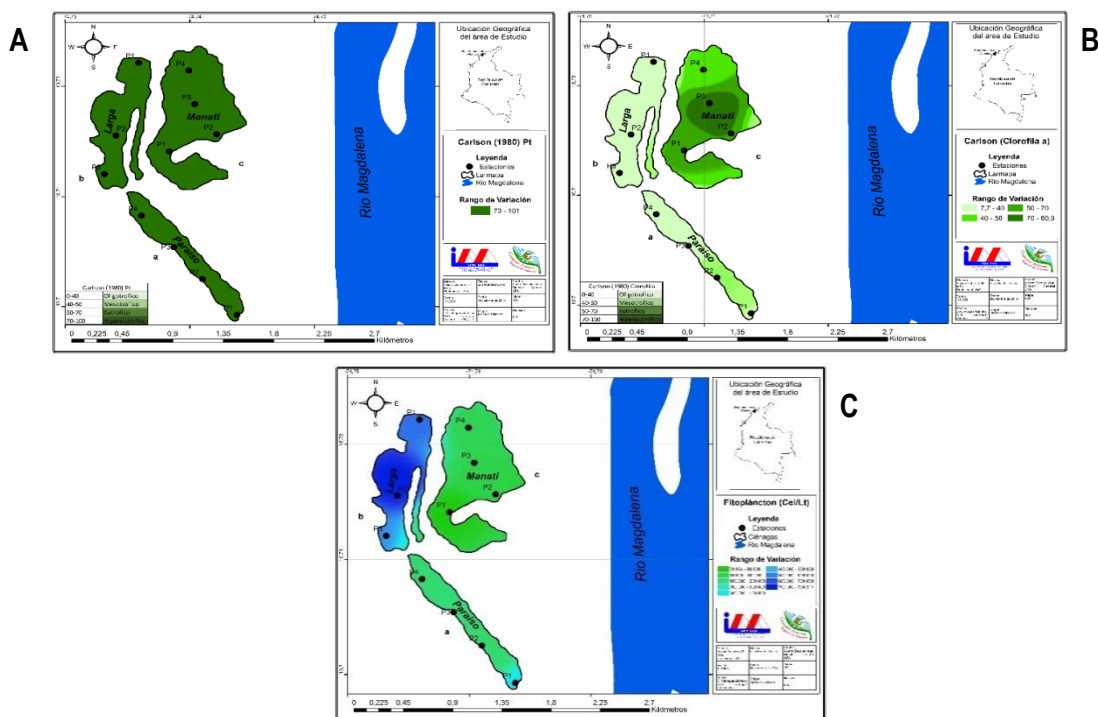


Figura 26. A) Mapa de variación Carlson (Fósforo total) en la Ciénaga Manatí. B) Mapa de variación de Carlson (Clorofila "a") en la Ciénaga Manatí. C) Mapa de variación del Fitoplancton en la Ciénaga Manatí.

Los nutrientes en la Ciénaga La Luisa se encuentran en concentraciones altas, sobre todo en la época de lluvias. Las concentraciones de fósforo total registraron valores altos en la época seca y mas aun en época de lluvias, con valores promedio que oscilan entre 0.98 mg/L y 3.2 mg/L respectivamente.

Los ortofosfatos que son la forma del fósforo que mas asimilan los organismos, especialmente las algas, presentó valores entre 0.83 mg/L en la época de seca y 3.25 mg/L en la época de lluvia, este aumento probablemente se debe a aportes de tipo antrópico que en las lluvias son arrastrados hacia la ciénaga dado que algunos de los valores más altos se registraron hacia la parte norte de la ciénaga donde tiene influencia el sistema de bombeo (Figura 27-A).

Los nitratos registraron en promedio valores inferiores al objeto limite de calidad (10mg/L), solo en los puntos P6 y P9 se registraron valores por encima en la época de lluvias con 11.8 y 10.5 mg/L respectivamente. Los nitritos que es una forma inestable, presento en promedio valores bajos, a excepción del punto P12 con 1.06 mg/L que corresponde a las aguas que son bombeadas hacia la ciénaga, esta forma de nitrógeno a este valor puede ser toxica para la fauna presente, no obstante en el punto P1 que corresponde al sector que recibe directamente las aguas del bombeo, se registraron valores bajos de este ion. El nitrógeno amoniacal sobrepaso los valores objeto limite de calidad establecido por la C.R.A. (0.5 mg/L), cuyo nivel más alto fue determinado en aguas del punto P10 en la época seca con 6.38 mg/L que corresponde a un sector de influencia de las aguas que discurren de la población. Durante la época de lluvias tanto en este sector como en las aguas asociadas al sistema de bombeo se registraron los valores más altos, por encima del objetivo de calidad, aunque en menor medida que el período seco (Figura 27-B).

En cuanto a los sulfatos, registraron valores promedio que oscilan entre 134.38 mg/L en la época seca y aumentan en la época de lluvia a 268.32 mg/L, el valor mas alto se registro en el punto P5 para la época de lluvia con 374.85 mg/L (Figura 27-C), en todo caso por debajo del limite de referencia para aguas destinadas a consumo humano de acuerdo al decreto 1594 de 1984.

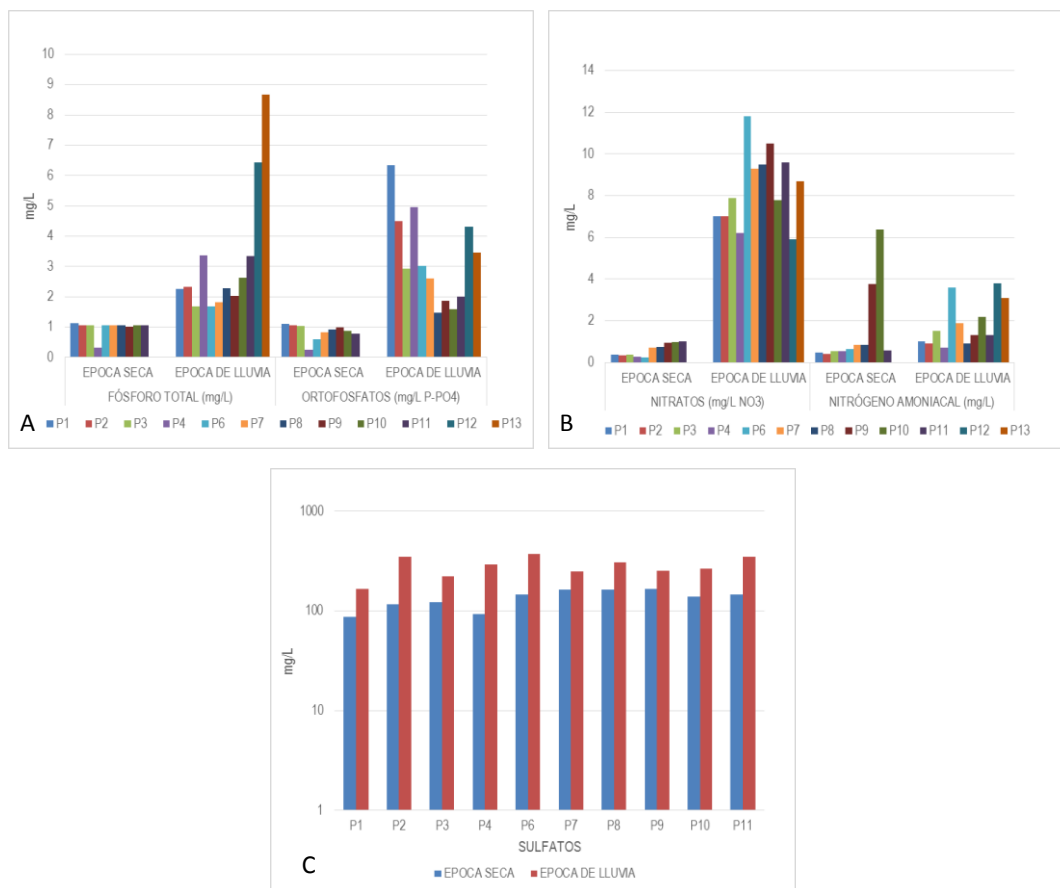


Figura 27. Valores de los nutrientes en la Ciénaga La Luisa. A-Fósforo total y Ortofosfatos; B- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; C- Sulfatos.

La relación N/P en la Ciénaga La Luisa, muestra que en ambos períodos se presenta una limitación hacia el Nitrogeno, con un valor medio de 2.65 en la época seca y de 4.01 en período lluvioso lo que indica que la Ciénaga La Luisa es Hipertrofica de acuerdo a la escala de Welch (1992) (Tabla 12, Figura 28). Esta deficiencia o limitación del nitrógeno estimula la fijación de nitrógeno atmosférico (Salas, 1989) lo cual promueve la proliferación de algas verdeazules o cianobacterias que tiene la ventaja fisiológica de fijar nitrógeno desde la atmósfera, en ocasiones estableciendo florecimientos algales que pueden ser tóxicos. De hecho, la contribución de las cianobacterias a la densidad fitoplanctónica estuvo entre el 82% y el 90% para la época seca y lluviosa respectivamente, a pesar de presentar limitaciones diferentes para nitrógeno y fósforo en cada época. Es posible que el factor determinante para la dominancia de este grupo fitoplanctónico esté relacionado con la capacidad de desarrollarse en sistemas sombreados por las macrófitas.

Tabla 12. Relación N/P en la Ciénaga La Luisa

Puntos de muestreo	Relación N/P ÉPOCA SECA	Relación N/P ÉPOCA DE LLUVIA
P1	0,79	1.26
P2	0,73	1.76
P3	0,88	3.22
P4	3,45	1.39
P6	1,48	5.1
P7	1,91	4.3
P8	1,76	7.1
P9	4,83	6.3
P10	8,56	6.2
P11	2,05	5.4
P12		2.5
P13		3.4
$\bar{x}$	2,65	4.01

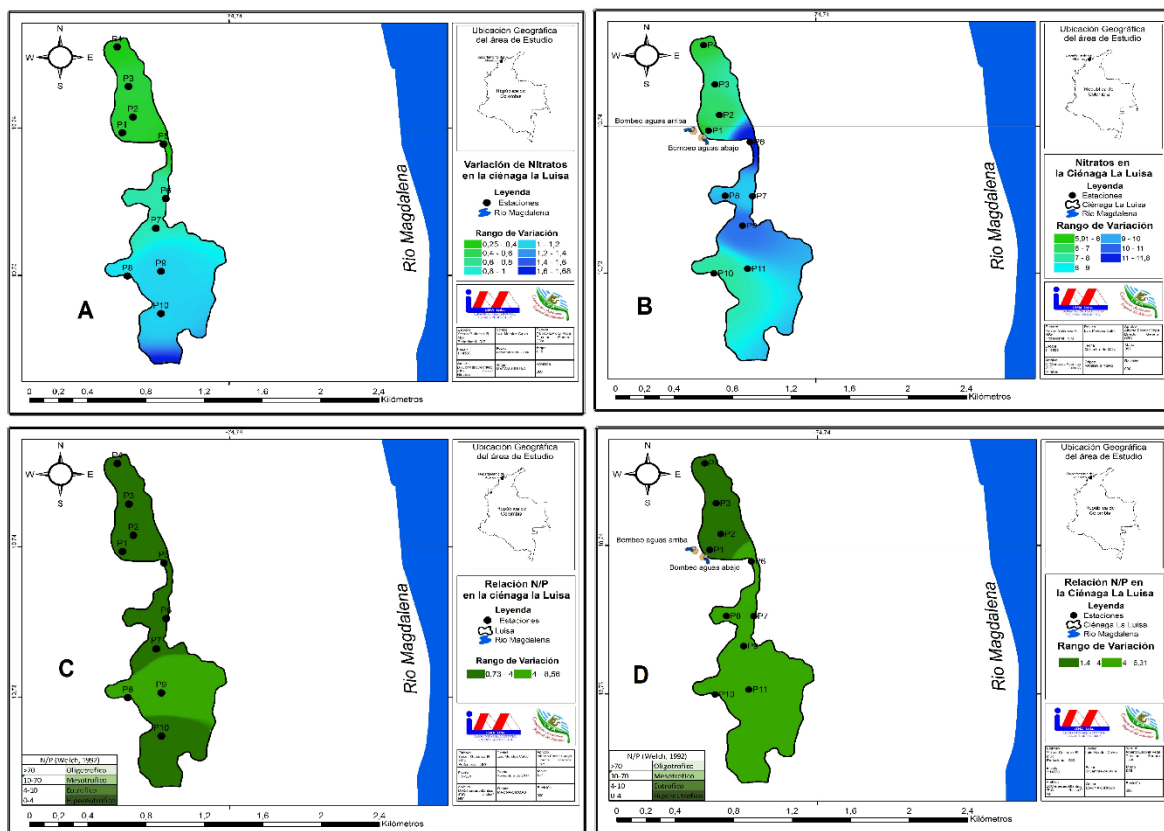


Figura 28. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga La Luisa en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (E).

La tendencia general de los indicadores de eutrofización es a la eutrofia y la hipereutrofia (Tabla 13 y Figura 29), siendo consistentes el índice de Carlson basado en el fósforo total y lo demás indicadores basados en la clorofila "a", aunque las densidades del fitoplancton no fueron tan altas, con excepción del punto P6 en la época de lluvias que registró alrededor de 8660 ind/mL. La distribución espacial es un poco difícil de interpretar cuando se quieren establecer causalidades, debido a las interacciones que se registran asociadas a la actividad biológica principalmente por la competencia entre el fitoplancton y las macrófitas acuáticas. A pesar de estas dificultades, el índice de Carlson basado en la clorofila "a" y la distribución de la densidad del fitoplancton, dejan entrever que hay cierta relación con los sitios de descarga del sistema de bombeo y la escorrentía que llega a la ciénaga desde la parte alta de la población, siendo los puntos P1 y P9 los relacionados respectivamente. En estos sectores se registran evidencias de enriquecimiento y aporte importante de nutrientes.

Tabla 13. Indicadores de contaminación en la Ciénaga La Luisa.

Indicador		Carlson (1980) (TSI)		Aizaki <i>et al.</i> (1981)		Volenweider (1981)	Margalef (1983)
Criterio	Oligotrófico	0-40		0-30		[4.2]	10-100 cel/mL
	Mesotrófico	40-50		30-50		[16.1]	100-1.000 cel/mL
	Eutrófico	50-70		50-80		[42.6]	1.000-1.000.000 cel/mL
	Hipereutrófico	70<TSI<100		>80			
Variable empleada		Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fitoplancton (Cel/mL)
ÉPOCA SECA							
P1		105,5	64,8	9,3	62,7	32,8	527,8
P2		104,6	60,1	10,1	57,4	20,2	687,0
P3		104,6	54,6	10,1	51,3	11,6	416,6
P4		87,1	54,1	25,3	50,8	11,0	647,9
P6		104,5	80,7	10,2	80,3	165,0	500,9
P7		104,6	61,2	10,1	58,6	22,6	367,4
P8		104,6	71,7	10,1	70,3	65,9	623,6
P9		103,8	46,0	10,8	41,8	4,8	731,9
P10		104,6	76,3	10,1	75,4	105,0	507,8
P11		104,5	90,6	10,2	91,3	453,0	646,6
$\bar{X}$		102,8	66,0	11,6	64,0	89,2	565,8
ÉPOCA LLUVIOSA							
P1		115,5	40,8	0,6	36,0	2,8	110,2

Indicador	Carlson (1980) (TSI)		Aizaki <i>et al.</i> (1981)		Volenweider (1981)	Margalef (1983)
P2	116,0	50,2	0,2	46,4	7,4	76,3
P3	111,3	66,2	4,2	64,2	37,7	296,0
P4	121,2	76,0	-4,4	75,1	102,1	46,4
P6	111,2	84,4	4,4	84,4	240,0	8660,0
P7	112,3	39,5	3,4	34,5	2,5	462,5
P8	115,6	78,4	0,5	77,8	130,7	83,0
P9	113,9	62,1	2,0	59,7	24,9	438,3
P10	117,7	87,9	-1,3	88,3	342,5	579,5
P11	121,1	81,4	-4,3	81,1	177,8	472,0
P12	130,6	27,8	-12,6	21,5	0,8	44,8
P13	134,9	63,5	-16,3	61,1	28,5	42,3
$\bar{X}$	118,5	63,2	-2,0	60,8	91,5	942,6

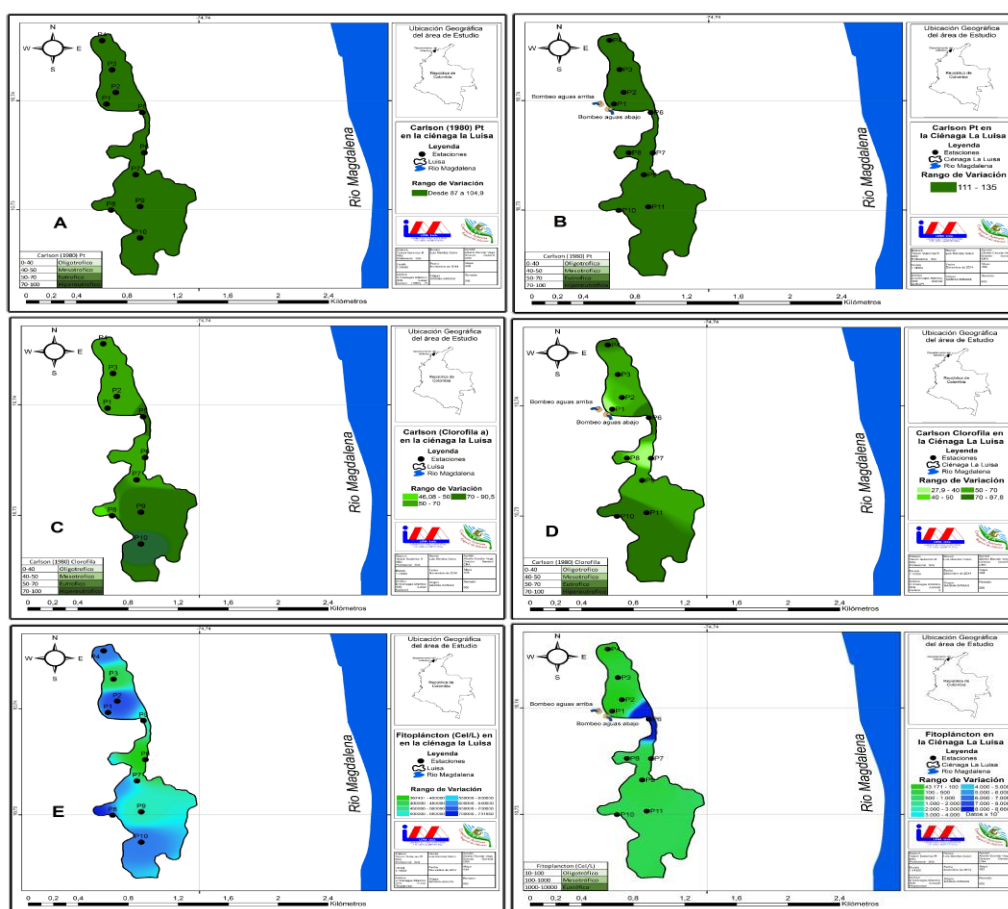


Figura 29. Mapa de variación del índice de Carlson en la Ciénaga La Luisa en la época seca (A-Fósforo total), (C-Clorofila "a"), (E-Fitoplancton) y de lluvias (B- Fósforo total), (D- Clorofila "a") y (F- Fitoplancton).

Índices de contaminación. Los índices de contaminación en la Ciénaga Paraíso muestran que en la época seca, el sistema presentó algún tipo de contaminación, desde la baja (representada con el color verde) hasta la muy alta (representada con el color rojo), los valores del ICOMO, variaron de 0,357 hasta 0,66, con un valor medio de 0,472, que ubica al sistema dentro de la categoría de aguas medianamente contaminadas en la época seca, P1 es el que presenta el valor mayor con 0.66 en la escala, y se encuentra en el rango de aguas altamente contaminadas. En la época de lluvias, el ICOMO varia de aguas sin contaminación a aguas con una contaminación baja, el promedio general fue de 0,227, que ubica al sistema dentro de la categoría de aguas con una baja contaminación. El ICOpH, en la época seca osciló entre 0,021 y 0,976, con un valor medio de 0.402, ubicando al sistema en la categoría de aguas medianamente contaminadas, valores que descienden en la época de lluvias donde el ICOpH ubica al sistema dentro de la categoría de aguas sin contaminación (Tabla 14). En lo que respecta al ICOSUS, varia de aguas con contaminación baja en la época seca a aguas sin contaminación en la época de lluvias. La tendencia de los índices de contaminación en la Ciénaga Paraíso, muestran que el sistema en época seca presentó las peores condiciones, y disminuye en la época de lluvias, probablemente por la dilución de los nutrientes en una mayor columna de agua, donde los procesos físico-químicos y biológicos se equilibran favorablemente para ayudar a la capacidad de recuperación de la ciénaga (Figura 30). No obstante, la recuperación del espejo de agua durante las lluvias se debió a la precipitación directa, con la falta de conexión con el Río Magdalena, que se reflejó en el peor estado posible de los cuerpos de agua adyacentes, ciénagas Larga y Manatí, que se secaron en su totalidad.

Tabla 14. Valores de los índices de contaminación aplicados en la Ciénaga Paraíso.

CIÉNAGA	ESTACIÓN	Época seca			Época de lluvias		
		ICOMO	ICOpH	ICOSus	ICOMO	ICOpH	ICOSus
CIÉNAGA PARAÍSO	P1	0,66	0,225	0,304	0,235	0,021	0,17
	P2	0,495	0,351	0,25	0,241	0,013	0,353
	P3	0,357	0,441	0,244	0,241	0,001	0,155
	P4	0,445	0,021	0,424	0,194	0,005	0,079
	P. A (P5)	0,406	0,976	0,614	*	*	*
$\bar{x}$		0,472	0,402	0,367	0,227	0,01	0,195

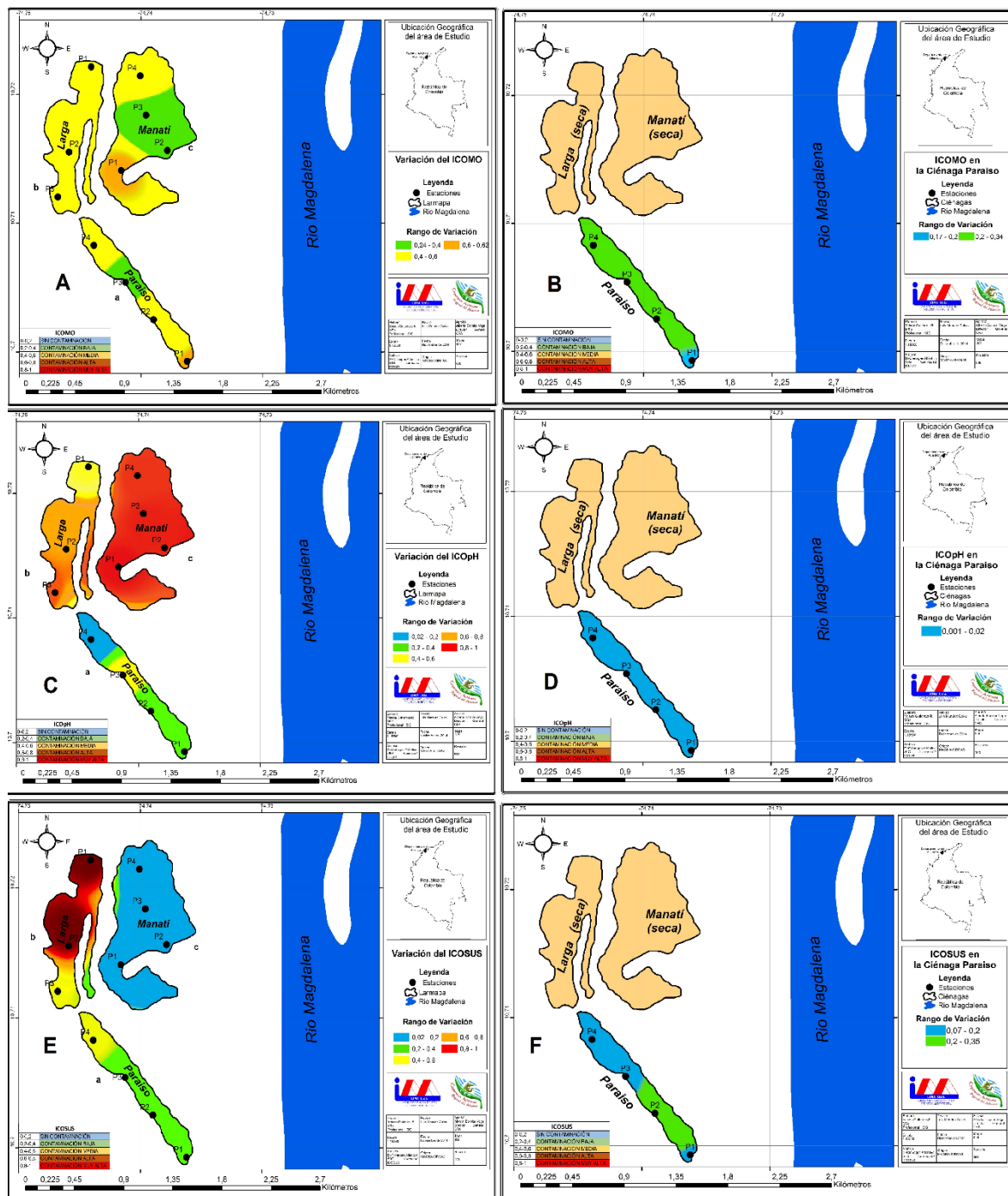


Figura 30. Mapa de variación de los índices de contaminación (A-ICOMO-Sequia), (B-ICOMO-Lluvias), (C-ICOPH-Sequia), (D- ICOPH-Lluvias), (E-ICOSUS-Sequia) y (F- ICOSUS-Lluvias) en la Ciénaga Paraiso.

Los índices de contaminación en la Ciénaga Larga muestran que en el sistema se presenta una contaminación que va desde media hasta muy contaminadas. El ICOMO registró un valor medio de 0.458, que ubica al sistema dentro de la categoría de aguas medianamente contaminadas (Figura 31-A). Por su parte el ICOpH, con un valor medio de 0.714, categoriza al sistema como aguas con contaminación alta, esto debido a los altos valores de pH registrados (Figura 31-B). Aunque las densidades del fitoplancton son moderadas, su presencia y la combinación con algas perfiticas y vegetación sumergida, pueden agotar el CO₂ disuelto en el agua en el proceso de la fotosíntesis aumentando con ello el pH del sistema. Cuando se agota el CO₂ predominan los carbonatos y bicarbonatos tal como lo registran Torres y Pinilla en 2011 para los cuerpos de agua de La Mojana, en los que la productividad es alta y el pH tiende a ser muy básico. De hecho, al comparar la distribución del fitoplancton (densidades) y el ICOpH se puede observar una relación entre estas dos variables, por lo que se infiere que las variaciones del pH son debida a procesos biológicos y no a un tipo de contaminación en particular por vertido directo. Por ultimo el ICOSUS ubica al la Ciénaga Larga en la categoría de aguas muy contaminadas, con un valor medio de 0.806 (Figura 31-C), debido al gran aporte de sólidos suspendidos que superaron en gran medida los 30mg/L, que es el objetivo maximo de calidad establecido por la C.R.A. (Tabla 15).

Tabla 15. Valores de los índices de contaminación aplicados en la Ciénaga Larga.

Época seca				
CIÉNAGA	ESTACIÓN	ICOMO	ICOpH	ICOSus
CIÉNAGA LARGA	P1	0,487	0,475	1
	P2	0,489	0,794	1
	P3	0,398	0,874	0,418
$\bar{x}$		0,458	0,714	0,806

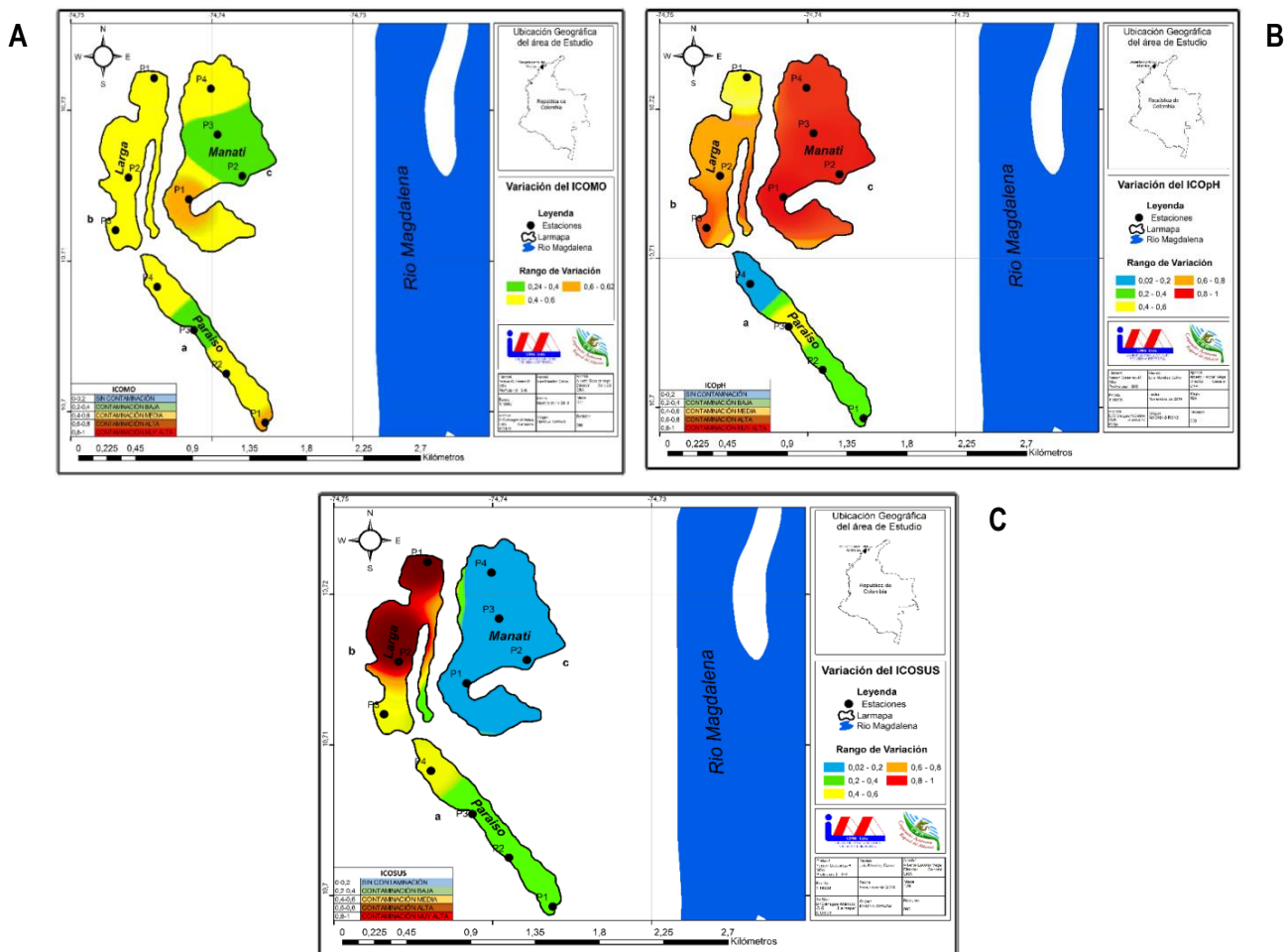


Figura 31. A) Variación del índice de contaminación ICOMO en la Ciénaga Larga (b). B) Variación del índice de contaminación ICOPH en la Ciénaga Larga (b). C) Variación del índice de contaminación ICOSUS en la Ciénaga Larga (b).

Los valores de los índices de contaminación aplicados en la Ciénaga Manatí, categorizan al sistema desde aguas sin contaminación, hasta aguas muy contaminadas. El índice ICOMO, presenta un valor medio de 0.393, que ubica al sistema dentro de aguas medianamente contaminadas (Tabla 16, Figura 32-A) lo que probablemente se asocia a los altos porcentajes de saturación de oxígeno, que en los puntos P1 y P4 presentaron valores por encima de 100%. Debe recordarse, que si bien el oxígeno disuelto es necesario para el desarrollo de los organismos aerobios, un exceso del oxígeno disuelto en combinación con otros gases puede generar inconvenientes para algunos organismos como los peces por embolia gaseosa, además que es un indicador de fluctuaciones drásticas en su contenido

durante el ciclo diario, pudiendo disminuir considerablemente en horas nocturnas y de madrugada a valores bajos cercanos a la anoxia, más cuando hay evidencias de contaminación por materia orgánica. Según el ICOpH, que presenta un valor medio de 0.981, el sistema tiene aguas muy contaminadas (Tabla 16, Figura 32-B) esto por los altos valores de pH en la Ciénaga, producto de los procesos fotosintéticos que modifican el equilibrio de carbonatos en el agua y se asocia al estado hipereutrofico referenciado. Y por último el ICOSUS (Figura 32-C), que presenta un valor medio de 0.055 que ubica al sistema dentro de la categoría de aguas no contaminadas cuyo resultado obedece a que en esta ciénaga los sólidos suspendidos aunque superan el valor máximo de calidad establecido por la C.R.A., no fue alto en lo relativo a otros sistemas y los criterios del indicador de acuerdo con Ramirez et al. (1999).

Tabla 16. Valor de los Índices de contaminación en la Ciénaga Manatí.

CIÉNAGA	ESTACIÓN	Época seca		
		ICOMO	ICOpH	ICOSus
CIÉNAGA MANATÍ	P1	0,611	1	0,076
	P2	0,26	0,99	0,082
	P3	0,249	0,98	0,034
	P4	0,452	0,95	0,028
$\bar{x}$		0,393	0,981	0,055

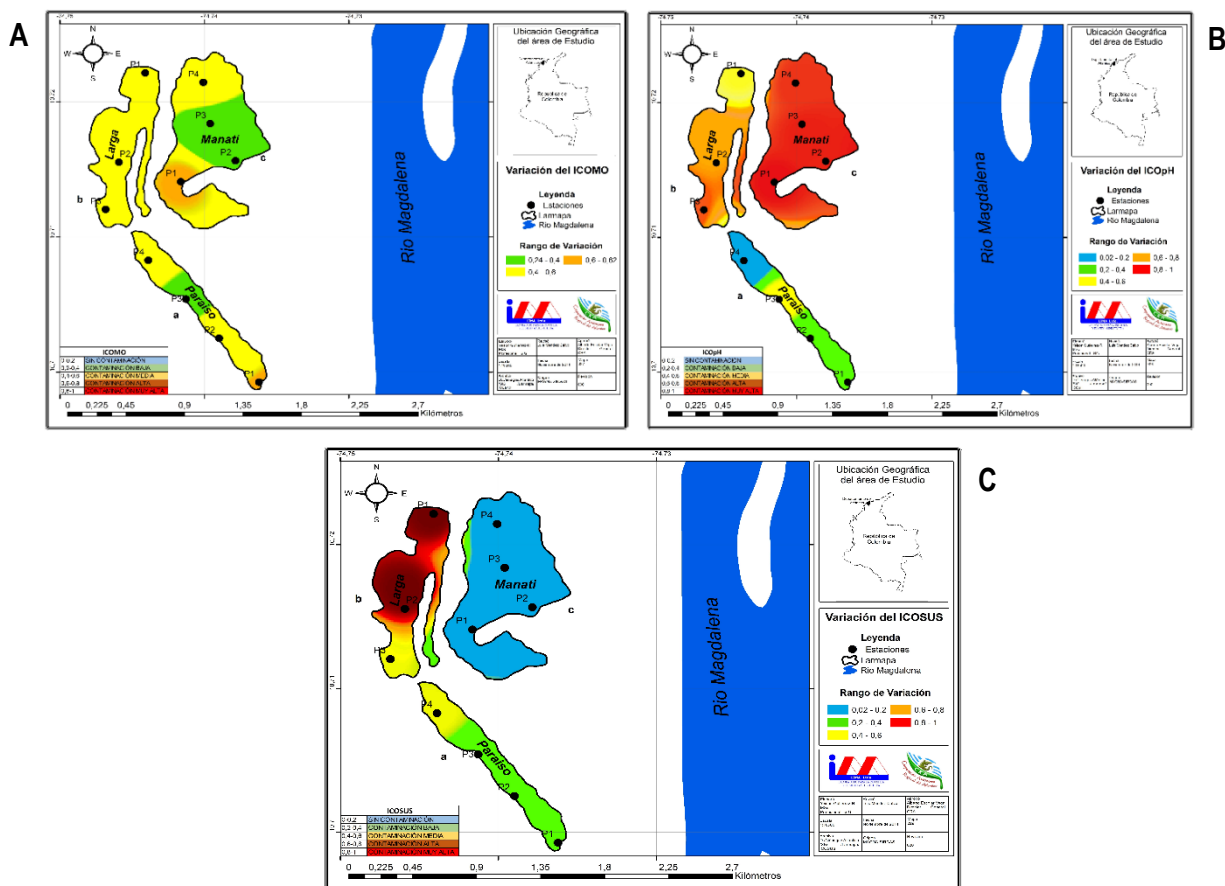


Figura 32. A) Variación del índice de contaminación ICOMO en la Ciénaga Manatí (b). B) Variación del índice de contaminación ICOpH en la Ciénaga Manatí (b). C) Variación del índice de contaminación ICOSUS en la Ciénaga Manatí (b).

Para la ciénaga La Luisa los índices de contaminación aplicados muestran aguas medianamente contaminadas según el ICOMO, que registró un valor promedio en la época seca de 0.345 y 0,28 en la época de lluvia, el ICOpH, varia de aguas medianamente contaminadas en la época seca principalmente por los altos valores de pH en los puntos P7 al P10, a aguas no contaminadas en la época de lluvias, con valores promedio por época de 0.5417 y 0.064 respectivamente (Tabla 17, Figura 33). El ICOSUS varió de aguas medianamente contaminadas en la época seca a altamente contaminadas en la época de lluvias, por el aumento de los sólidos suspendidos en esta época, que pasó en promedio de 0.203 mg/L en la sequia a 0.66 mg/l en época de lluvias. En general se observan mejoras de una época a otra en cuanto al aporte y concentración de materia orgánica, con incidencia positiva sobre los valores de pH, lo cual es ayudado por la dilución debida principalmente por la

precipitación directa, puesto que las entradas de agua desde las ciénagas vecinas fueron inexistentes por falta de conexión con el Río Magdalena y sus bajos niveles. No mejoraron las condiciones en cuanto a la concentración de sólidos suspendidos, tal vez con relación a los efectos de variables como los vientos y la escasa profundidad de la ciénaga.

Tabla 17. Resultados de los valores de algunos indicadores de contaminación (ICO) en la Ciénaga La Luisa.

CIÉNAGA	ESTACIÓN	Época seca			Época de lluvias		
		ICOMO	ICOpH	ICOsus	ICOMO	ICOpH	ICOsus
CIÉNAGA LA LUISA	P1	0,514	0,659	0,092	0,25	0,001	0,019
	P2	0,561	0,628	0,146	0,183	0,002	0,58
	P3	0,16	0,109	0,04	0,268	0,008	0,32
	P4	0,399	0,002	0,142	0,177	0,002	0,16
	P6	0,282	0,015	0,136	0,564	0,006	1
	P7	0,522	0,013	0,153	0,373	0,099	0,161
	P8	0,266	0,996	0,226	0,569	0,739	0,438
	P9	0,238	0,998	0,517	0,624	0,298	0,655
	P10	0,258	0,999	0,236	0,269	0,901	0,52
	P11	0,252	0,998	0,342	0,463	0,407	0,41
	P12	*	*	*	0,512	0,256	0,378
	P13				0,456	0,84	0,955
	$\bar{x}$	0,3452	0,5417	0,203	0,28	0,064	0,666

* No se pudieron reportar datos en este punto debido a las condiciones del sistema.

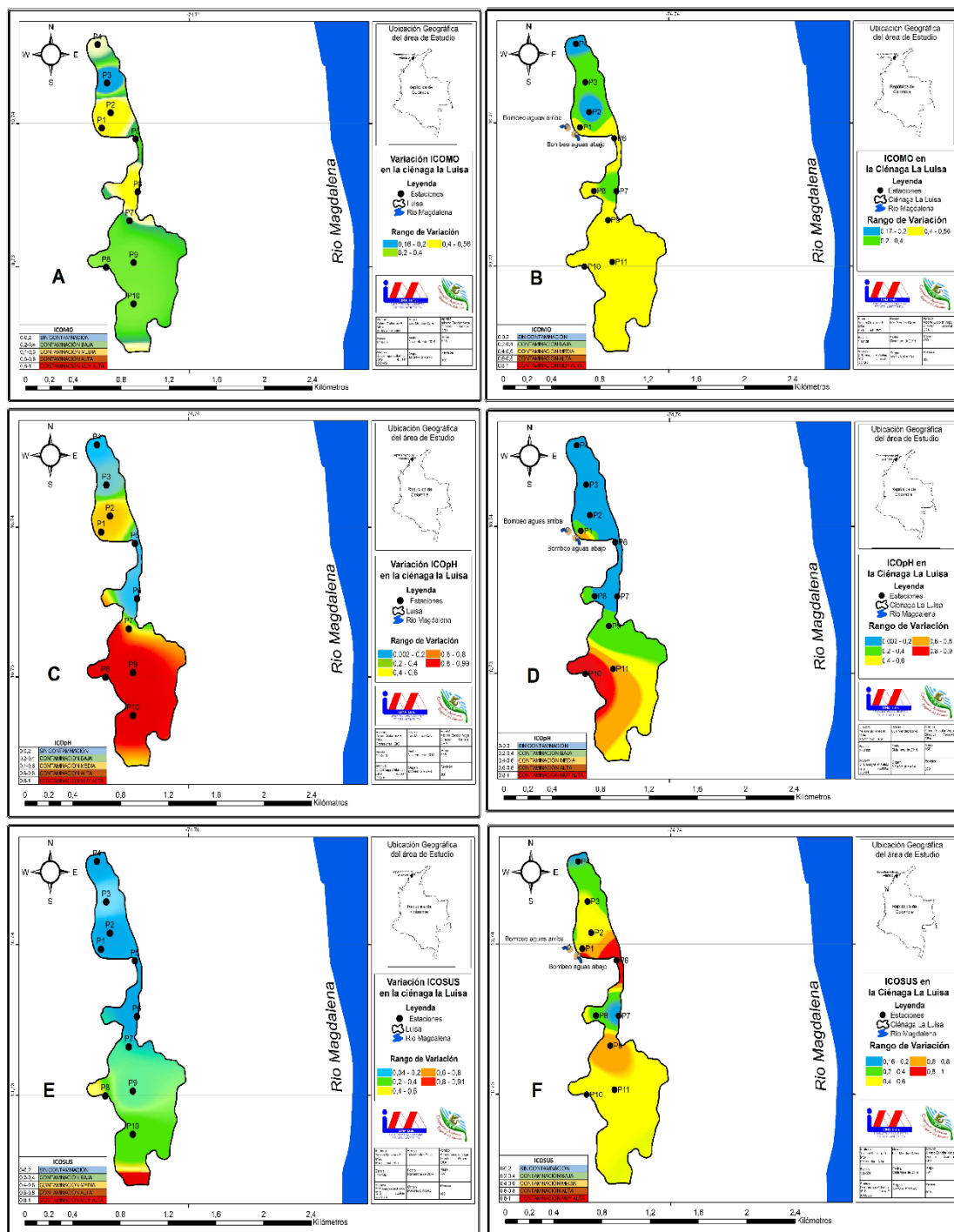


Figura 33. Mapa de variación de los índices de contaminación (A-ICOMO-Sequia), (B-ICOMO-Lluvias), (C-ICOPH-Sequia), (D- ICOPH-Lluvias), (E-ICOSUS-Sequia) y (F- ICOSUS-Lluvias) en la Ciénaga de Santo Tomás.

6.2.2 Características hidrobiológicas.

Perifiton. De las ciénagas que integran en Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela, en la Ciénaga Paraíso se registraron un total de 27 morfoespecies distribuidas en 5 phylum correspondientes a los 2 periodos de monitoreo. En la época seca se reportaron 22 morfoespecies, mientras que en la época de lluvia se reportaron 13 morfoespecies (Tabla 18).

Tabla 18 .Composición y abundancia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga Paraíso en las épocas secas (S) y lluvia (LL).

PHYLUM	MORFOESPECIE	P1		P2		P3		P4	
		S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
Ochrophyta	<i>Navicula pupula</i>	95,49		0,00		21,55		37,38	
	<i>Navicula sp</i>	1026,55	1680,7	859,43	1209,6	387,85	640,5	448,51	913,9
	<i>Eunotia sp1</i>	95,49	203,7	0,00	0,0	43,09	47,4	0,00	0,0
	<i>Eunotia sp2</i>	0,00	0,0	63,66	63,7	64,64	71,2	37,38	96,2
	<i>Pinnularia sp</i>	23,87	50,9	0,00	0,0	43,09	47,4	0,00	0,0
	<i>Synedra sp</i>	0,00	0	63,66	0	0,00	0	18,69	0
	<i>Synedra ulma</i>	0,00	0	0,00	0	21,55	0	0,00	0
	<i>Nitzschia sp</i>	0,00	0,0	95,49	95,5	43,09	47,4	93,44	240,5
	<i>Cymbella sp</i>	0,00	0	63,66	0	0,00	0	0,00	0
Charophyta	<i>Gomphonema sp1</i>	334,22	254,6	286,48	286,5	452,49	498,1	317,69	336,7
	<i>Cosmarium boeckii</i>	0,00	0,0	95,49	95,5	43,09	47,4	0,00	0,0
	<i>Cosmarium sp1</i>	47,75	101,9	31,83	31,8	0,00	0,0	18,69	48,1
	<i>Cosmarium sp2</i>	0,00	0	0,00	0	43,09	0	0,00	0
	<i>Spyrogira ternata</i>	119,37	254,6	254,65	254,6	0,00	0,0	37,38	96,2
Chlorophyta	<i>Ulotrix sp</i>	0,00	0,0	286,48	286,5	280,11	308,4	0,00	0,0
	<i>Selenastrum sp</i>	0,00	0,0	63,66	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
	<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	0	0,00	0	21,55	0	0,00	0
	<i>Dresmodesmus quadricauda</i>	0,00	0,0	63,66	63,7	43,09	47,4	0,00	0,0
	<i>Chlorella sp</i>	0,00	0,0	95,49	95,5	0,00	0,0	37,38	96,2
	<i>Oedogonium sp</i>	47,75	0,0	0,00	0,0	86,19	0,0	0,00	0,0
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria sp</i>	0,00	152,8	0,00	63,7	43,09	47,4	37,38	96,2
	<i>Anabaena sp</i>	0,00	0,0	95,49	95,5	64,64	71,2	0,00	0,0
	<i>Spirulina sp</i>	119,37	254,6	95,49	95,5	0,00	0,0	0,00	0,0
	<i>Lygmbia sp</i>	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	18,69	0,0
Euglenozoa	<i>Euglena viridis</i>	47,75	101,9	63,66	63,7	0,00	0,0	56,06	144,3
	<i>Trachelonoma sp</i>	0,00	0,0	31,83	31,8	21,55	23,7	0,00	0,0
Total Ind/cm²		1957,6		2610,1	1684,2	1723,8	2789,8	1158,6	

En este cuerpo de agua, las Ochrophytas (diatomeas) agruparon el mayor número de morfoespecies con el 37%, seguida por el phylum Chlorophytas con el 26%, mientras que los phyla Charophyta y

Cyanobacteria congregaron el 15% de las morfoespecies. Con un menor número de taxa estuvieron las Euglenozoa constituyendo el 7% (Figura 34).

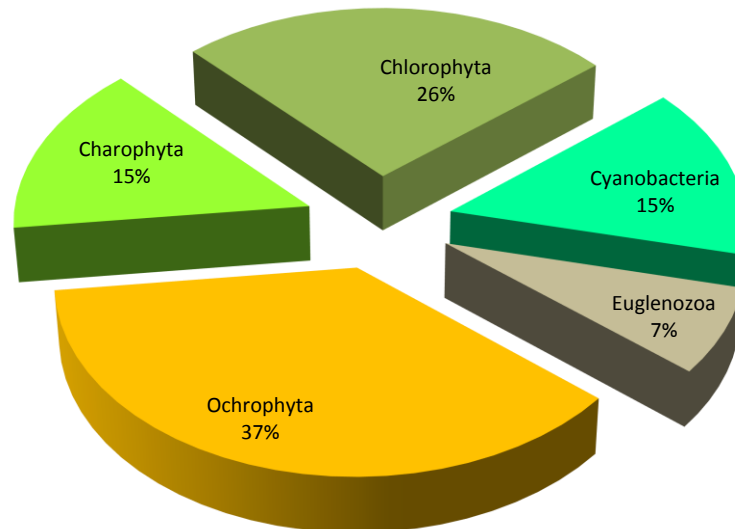


Figura 34. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga Paraíso en la época seca y en la época de lluvia.

En general el phylum Ochrophyta fue el más diverso y abundante en todas las estaciones de muestreo, ya que se encuentran especies de amplia distribución, con elevada biodiversidad, quienes poseen además un ciclo de vida corto y por eso responden rápidamente a las alteraciones ambientales (Round et al. 1990). Durante la época seca el mayor número de morfoespecies se presentaron en P3 con 16 morfoespecies de las cuales el 50% de ellas fueron diatomeas y en P2 con 17 morfoespecies (Figura 35-A); los taxa del phyla Chlorophyta se reportaron en las estaciones P2 y P3 con 4 morfoespecies cada una. En el periodo de lluvia las diatomeas dominaron la riqueza específica en los puntos de muestreo aunque comparado con el anterior monitoreo estas registraron una disminución en su riqueza específica para cada punto de muestreo (Figura 35-B).

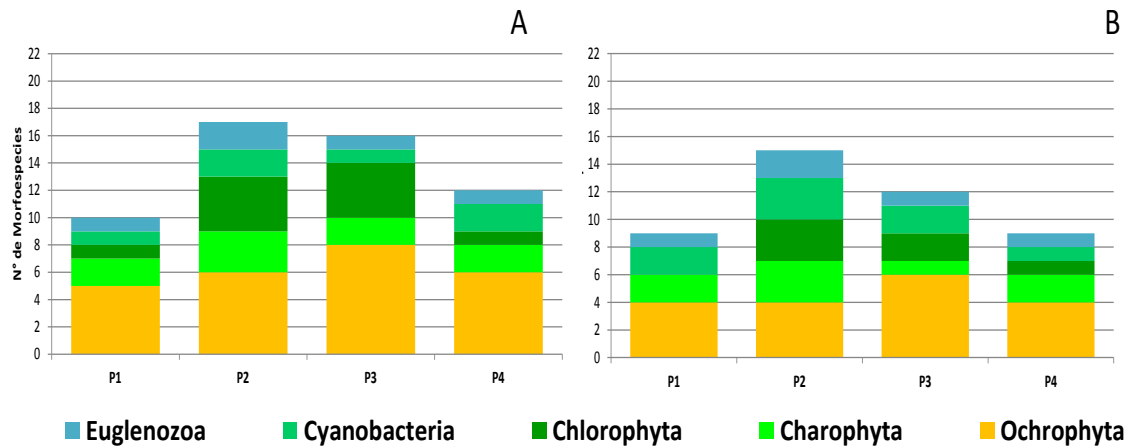


Figura 35. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga Paraíso A: época seca, B: época lluvia.

La densidad perifítica promedio durante la época seca fue de 1862,5 Ind/cm², en el segundo monitoreo (periodo de lluvia) la densidad promedio presentó un incremento con 2691 Ind/cm². Durante la época seca las Ochrophytas aportaron más del 70% en promedio a la abundancia (Figura 36-A) seguida por el phyla de las chlorophyta con el 12,5%; el menor porcentaje de abundancia fue para las Euglenas con el 3% en promedio. Para el periodo de lluvia se registró la misma tendencia en cuanto a los porcentajes de abundancia de los phyla, donde las diatomeas aportaron en promedio el 69,5% (Figura 36-B) seguida por el phyla Chlorophyta con el 9,8% en promedio, el menor porcentaje de abundancia fue para las Euglenas con 3,7%.

La morfoespecie *Navícula* sp es extremadamente común, crece en ambientes oscuros y carentes de CO₂, debido a que posee ciertas sustancias de alto valor energético o fácilmente digeribles (Ramírez, 2000). Esta morfoespecie y *Gomphonema* sp realizaron los mayores aportes a la densidad en los puntos de muestreo de la ciénaga en cada uno de los periodos evaluados, también se destaca la morfoespecie *Spirogyra ternata*.

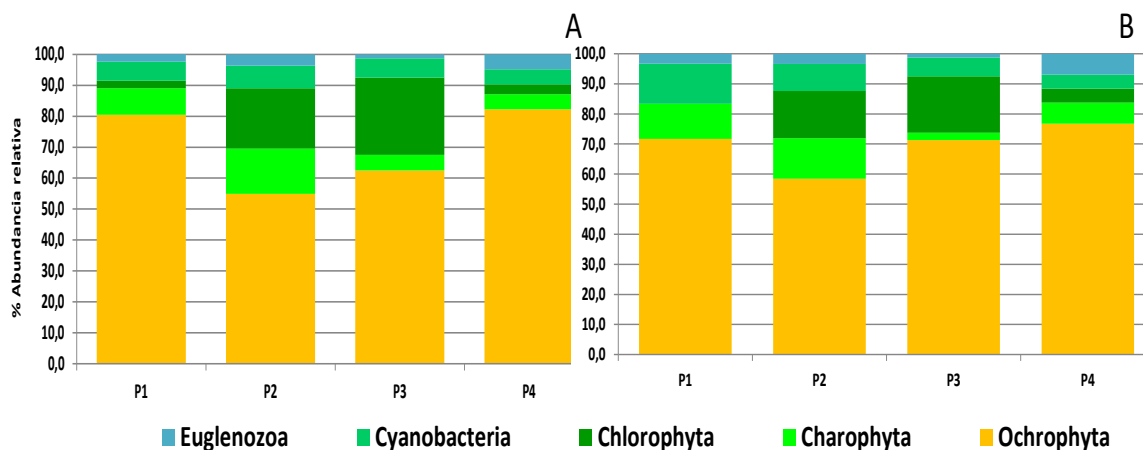


Figura 36. Distribución de la abundancia Ind/cm² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga Paraíso. A: época seca, B: época lluviosa.

En la Figura 37 se muestra que la comunidad perifítica en cada periodo climático. Durante la época seca la similitud en las estaciones de muestreo fue superior al 73%, formandose un grupo con las estaciones P1 y P3 con similitud del 93%, esta afinidad está relacionada con la presencia y proporciones de abundancias de las diatomeas *Gomphonema* sp, *Pinnularia* sp, *Eunotia* sp y la clorofita *Eodogonium* sp. Durante el periodo de lluvias la composición del perifiton fue homogénea en sus estaciones de muestreo, posiblemente estaría relacionada con la entrada de agua a la ciénaga.

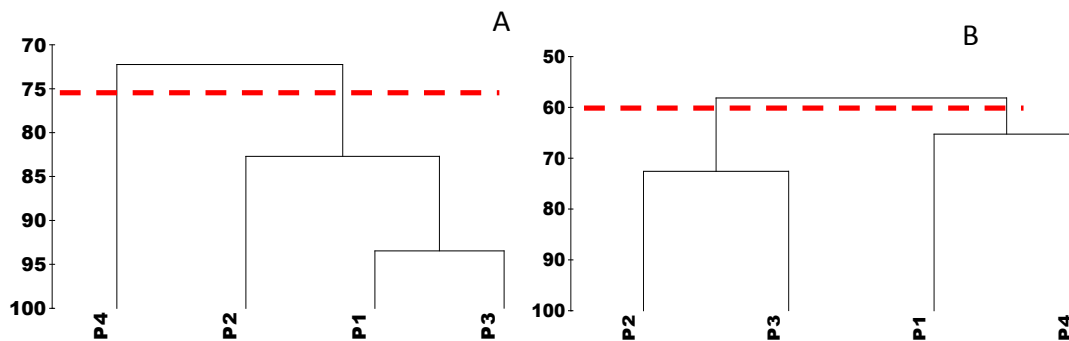


Figura 37. Dendrograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga Paraíso. A: época seca, B: época Lluvia.

En la Tabla 19 se muestran los valores de algunos índices biológicos de la comunidad periférica. La diversidad $H'(\log_e)$ registró en promedio 2 bits. Los valores máximos de diversidad $H'(\log_e)$ se registraron en las estaciones P2 y P3 para cada uno de los periodos monitoreados. En estos puntos de muestreo se registró la mayor riqueza de morfoespecies en especial del phylum de las Chlorophytas y además reportan valores bajos de dominancia para cada uno de los periodos de monitoreo. En general, los valores de los índices evaluados y la composición de su estructura no presentaron variaciones espacio temporales de gran importancia sin embargo se observan cambios notables en las densidades que podrían debidos a la combinación de factores ambientales principalmente los relacionados con su estructura morfológica y la disponibilidad de nutrientes.

Tabla 19. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga Paraíso en los periodos seco y lluvioso.

Estación de muestreo	Taxa (s)		N		Equidad (J')		$H'(\log_e)$		$H'(\log_e 10)$		Dominancia (λ)		Diversidad de Simpson ($1-\lambda$)	
	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
P1	10	9	1957,6	3055,8	0,70	0,72	1,60	1,58	0,70	0,68	0,32	0,33	0,68	0,67
P2	17	15	2610,1	2833,0	0,82	0,76	2,33	2,06	1,01	0,89	0,15	0,22	0,85	0,78
P3	17	12	1723,8	1897,6	0,79	0,75	2,24	1,87	0,97	0,81	0,16	0,22	0,84	0,78
P4	12	9	1158,6	2068,3	0,73	0,80	1,83	1,75	0,79	0,76	0,24	0,25	0,76	0,75

S: Época seca LL: Época Lluvia

De otro lado, el perifiton reportado en la Ciénaga Larga corresponde al periodo de seco, donde aún se encontraba agua almacenada en la ciénaga. En el periodo lluvioso, las bajas precipitaciones después de un periodo seco intenso impidieron flujos de agua a la ciénaga hallándose seca en su totalidad. En total se registraron 19 morfoespecies pertenecientes a los phyla Ochrophyta (diatomeas), Chlorophyta (clorofilas), Cyanobacterias (cianófitas) y Charophytas.

El phylum con mayor representatividad en cuanto al número de morfoespecies fueron las Ochrophytas (50%), seguidas de las Chlorophytas con el (23%), las Cyanobacterias con el 18% y las Charophytas con el 9% (Figura 38).

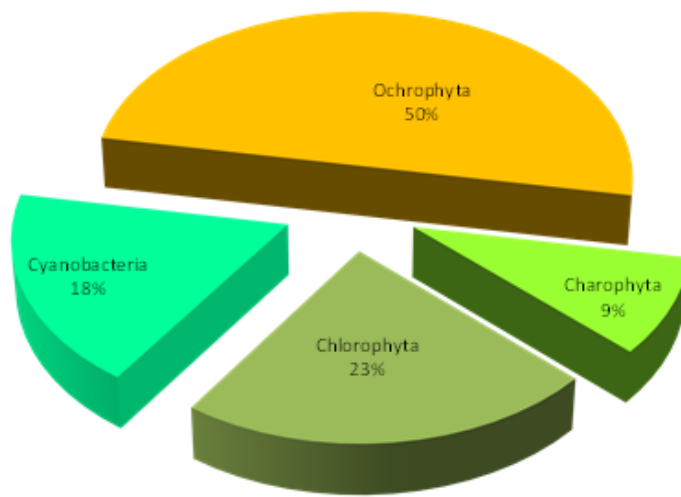


Figura 38. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga Larga.

En la Tabla 20 se presentan la composición y densidades del perifiton en cada uno de los puntos de muestreo en la Ciénaga Larga.

Tabla 20 .Composición y abundancia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga Larga durante el periodo seco de 2014.

Phylum	Morfoespecie	P1	P2	P3
Ochrophyta	<i>Navicula sp</i>	1222,3	2027,8	1260,0
	<i>Eunotia sp1</i>	1375,1	0,0	386,4
	<i>Eunotia sp2</i>	0,0	0,0	134,4
	<i>Pinnularia sp</i>	50,9	218,7	33,6
	<i>Synedra sp</i>	152,8	139,2	184,8
	<i>Synedra ulma</i>	229,2	0,0	0,0
	<i>Nitzschia sp</i>	127,3	99,4	33,6
	<i>Fragilaris sp</i>	76,4	0,0	0,0
	<i>Gomphonema sp1</i>	356,5	159,0	302,4
	<i>Gomphonema sp2</i>	0,0	99,4	0,0
	<i>Melosira sp</i>	101,9	0,0	0,0
Charophyta	<i>Cosmarium boeckii</i>	0,0	39,8	0,0
	<i>Spyrogira ternata</i>	0,0	99,4	0,0
chlorophyta	<i>Pediastrum duplex</i>	0,0	0,0	31,5
	<i>Tetraedron sp</i>	0,0	0,0	15,7
	<i>Dresmodesmus cuadricauda</i>	50,9	0,0	0,0
	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	0,0	159,0	0,0
	<i>Ulotrix sp</i>	0,0	79,5	188,9
Cyanobacteria	<i>Oscillatoria agardhii</i>	0,0	159,0	0,0
	<i>Lyngbya sp</i>	0,0	59,6	0,0

Phylum	Morfoespecie	P1	P2	P3
	<i>Anabaena sp</i>	0,0	675,9	0,0
	<i>Spirulina sp</i>	0,0	39,8	0,0
Total Ind/cm²		3743	4056	2571

En los puntos de muestreo la riqueza del perifiton reportó entre 9 taxa estación P3 y 13 taxa estación P2 (Figura 39); las diatomeas (Ochrophyta) presentaron la mayor riqueza de morfoespecies en cada uno de los puntos de muestreo, donde la estación P1 reportó el mayor número de taxa (9), mientras que los puntos de muestreo P2 y P3 registraron 6 y 7 morfoespecies respectivamente, estando el phylum de las Chlorophytas presente en todos los puntos de muestreo, aunque con una bajas representación. La estación P2 registró la mayor riqueza en la ciénaga con 13 taxa.

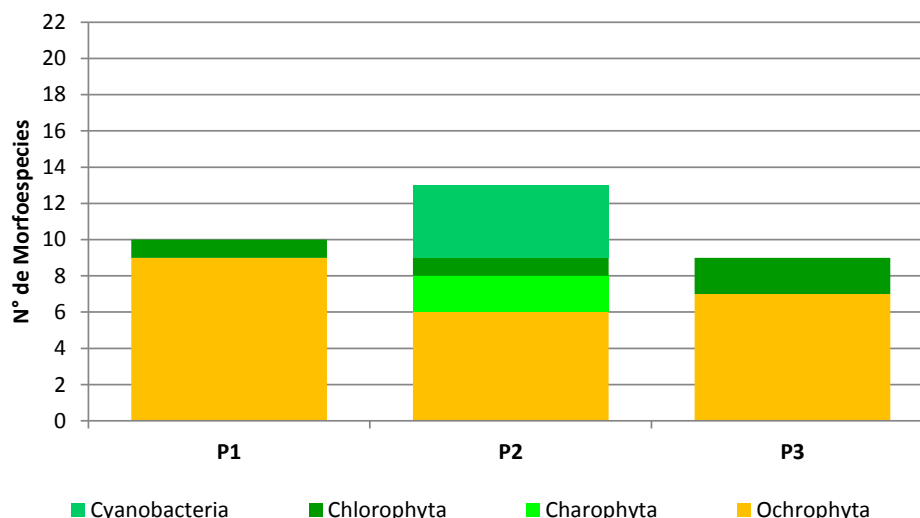


Figura 39. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga Larga.

En casi todas las latitudes, el perifiton de aguas dulces presenta una estructura típica dominada por diatomeas, algas verdes y cianobacterias (Kalff, 2002). Las Ochrophytas fueron el phyla más abundante y de mayor fluctuación en cada estación de muestreo con porcentajes que oscilaron entre el 67,6% en P2 y 98,6% en P1; en la estación P2 las Cyanobacterias realizaron un importante aporte a la abundancia con el 23% mientras que los phylum Charophyta y Chlorophyta presentaron abundancias menores al 10% (Figura 40).

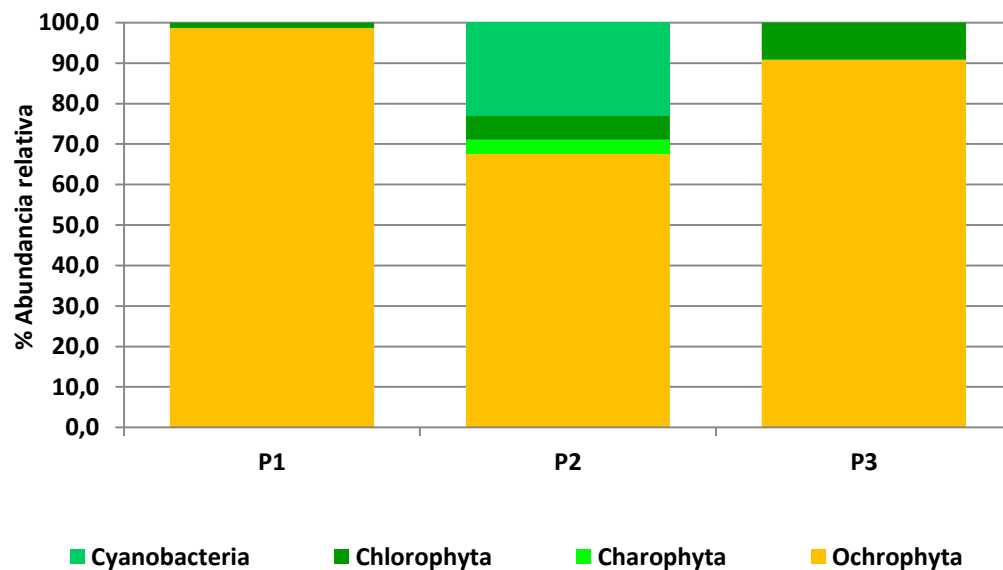


Figura 40. Distribución de la abundancia Ind/cm² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga Larga.

La densidad promedio del perifiton fue de 3456,7 Ind/cm², con valores que oscilaron entre 2571 Ind/cm² en P3 y 4055,6 Ind/cm² en P2. La morfoespecie *Navícula* sp realizó los mayores aportes en las estación P2 y P3 mientras que en P1 la morfoespecie *Eunotia* sp1 aportó la mayor abundancia a la densidad con 1375 Ind/cm².

De acuerdo a los valores de índices ecológicos evaluados muestran que la diversidad $H'(\log_e)$ y Equidad (J') resultaron mayores en P2 que estuvo caracterizada por registrar la mayor riqueza específica y densidad en especial de las morfoespecies *Navicula* sp1 y *Anabaena* sp (Tabla 21).

Tabla 21. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga Larga.

Punto de muestreo	Taxa (s)	N	Equidad (J')	$H'(\log_e)$	$H'(\log_{10})$	Dominancia (λ)	Diversidad de Simpson ($1-\lambda$)
P1	10	3743,3	0,72	1,67	0,72	0,26	0,74
P2	14	4055,6	0,68	1,80	0,78	0,29	0,71
P3	10	2571,2	0,70	1,62	0,70	0,29	0,71

De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación del índice de Bray – Curtis se observan similitudes superiores al 60% con excepción de P2, quien tiene con las demás aproximadamente un 48% de afinidad (Figura 41) esto por registrar morfoespecies del phyla de las Cyanobacterias y

Charophytas además aquí las morfoespecies *Navicula* sp1 y *Anabaena* sp presentaron las mayores densidades con respecto a los demás puntos de muestreo.

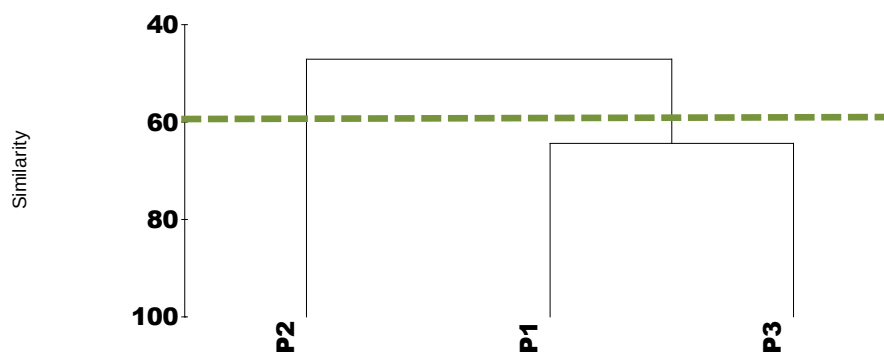


Figura 41. Dendrograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga Larga.

Siguiendo con las ciénagas del complejo, en la Ciénaga Manatí, al igual que en la Ciénaga Larga, solo se logró tomar muestras del periifiton durante el periodo seco ya que durante el periodo de lluvia muestreado (inicio de lluvias) aún no se habían restablecido los flujos de agua que llenan la ciénaga. De este modo, el perifiton estuvo compuesto por 24 morfoespecies distribuido en 5 phyla (Tabla 22), de las cuales el género *Cosmariun* fue el mejor representado con 3 morfoespecies.

Tabla 22 .Composición y abundancia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga Manatí.

Phylum	Morfoespecie	P1	P2	P3	P4
Ochrophyta	<i>Navicula pupula</i>	517,3	241,9	244,3	334,5
	<i>Navicula</i> sp	0,0	432,9	185,3	206,1
	<i>Eunotia</i> sp1	48,3	0,0	67,4	38,6
	<i>Eunotia</i> sp2	0,0	0,0	16,8	5,6
	<i>Gomphonema</i> sp	75,9	50,9	25,3	50,7
Charophyta	<i>Cosmariun boeckii</i>	220,7	50,9	117,9	129,9
	<i>Cosmariun</i> sp1	144,8	114,6	59,0	106,1
	<i>Cosmariun</i> sp2	165,5	0,0	109,5	91,7
	<i>Spyrogira ternata</i>	0,0	50,9	75,8	42,2
Chlorophyta	<i>Coelastrum microporum</i>	0,0	0,0	16,8	5,6
	<i>Selenastrum acrosum</i>	20,7	0,0	0,0	6,9
	<i>Selenastrum</i> sp	34,5	0,0	0,0	11,5
	<i>Tetraedron</i> sp	0,0	0,0	25,3	8,4
	<i>Dresmodesmus cuadricauda</i>	0,0	38,2	42,1	26,8
	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	0,0	76,4	25,3	33,9
	<i>Scenedesmus apiculatus</i>	0,0	50,9	0,0	17,0

Phylum	Morfoespecie	P1	P2	P3	P4
Cyanobacteria	<i>Ulotrix sp</i>	96,6	0,0	101,1	65,9
	<i>Oedogonium oboviformis</i>	0,0	63,7	42,1	35,3
	<i>Oscillatoria sp</i>	89,7	76,4	0,0	55,4
	<i>Lygmbia sp</i>	0,0	25,5	0,0	8,5
	<i>Anabaena sp</i>	462,1	76,4	0,0	179,5
	<i>Spirulina subsalsa</i>	0,0	25,5	42,1	22,5
	<i>Spirulina sp</i>	0,0	0,0	16,8	5,6
Euglenozoa	<i>Euglena viridis</i>	0,0	25,5	0,0	8,5
Total Ind/cm²		3372	1404	1214	1499

De la composición de este grupo hidrobiológico en la Ciénaga Manatí, se obtuvo que las Chlorophytas agruparon la mayor riqueza con el 37% de las morfoespecies seguida de los phyla Ochrophytas y Cyanobacterias agrupando cada una el 21% de las taxa, con un 4% y menor número de morfoespecies para el phyla de las Euglenozoa (Figura 42). Margalef (1983) menciona que estos grupos algales presentan un amplio rango de condiciones ambientales, y que tienen la posibilidad de adaptarse a cambios bruscos de temperatura, humedad y nutrientes.

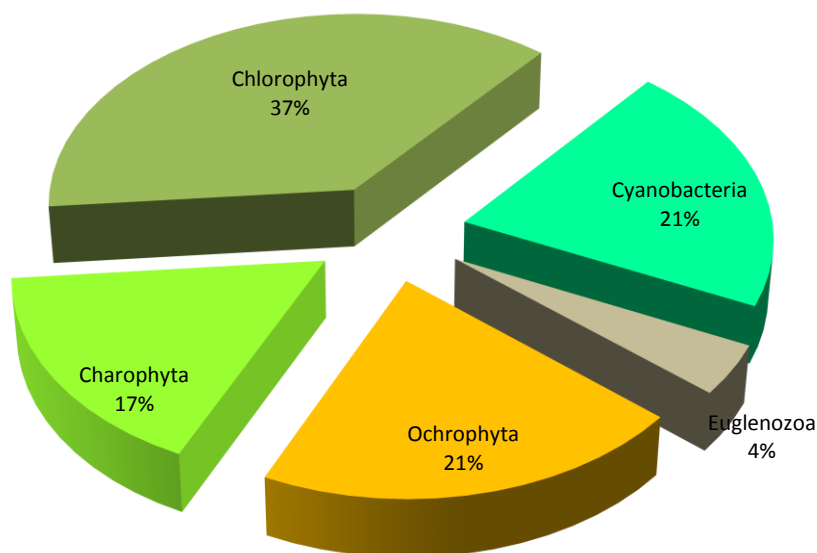


Figura 42. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga Manatí.

De acuerdo a la riqueza específica del perifiton, P4 presentó un número mayor de taxa en la ciénaga con 24 morfoespecies. Las Chlorophytas realizaron el mayor aporte de morfoespecies en cada uno de los puntos de muestreo, en la estación P4 se presentó la mayor riqueza con 24 morfoespecies y

Chlorophyta aportó el mayor con 9 morfoespecies y la estación con menor riqueza fue para P1 con 11 morfoespecies (Figura 43).

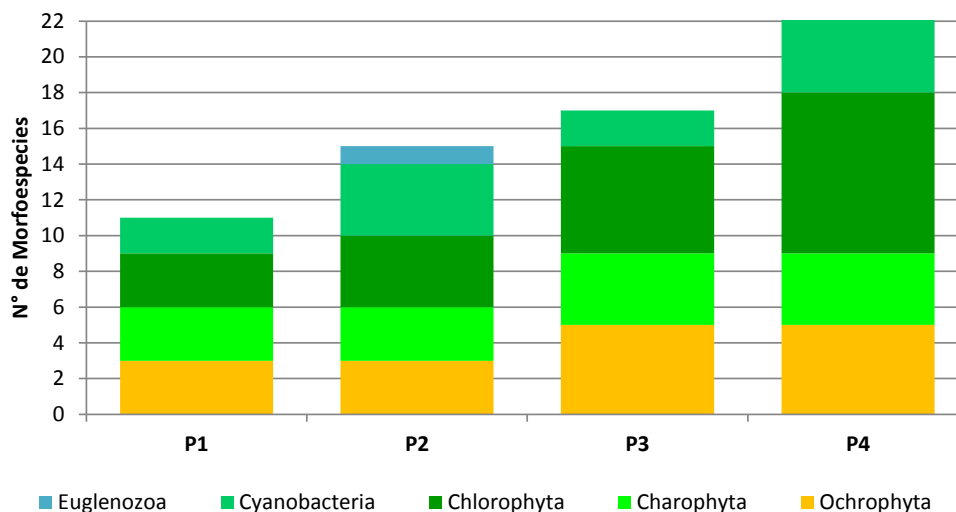


Figura 43. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga Manatí.

En general, las diatomeas (Ochrophytas) fueron las más abundantes en todas las estaciones de muestreo (Figura 44), resultado que es común en estos tipos de sistemas, ya que este phylum contiene especies de amplia distribución, de ciclo de vida corto, por lo cual responden rápidamente a las alteraciones ambientales (Round et al. 1990). La densidad promedio del perifiton en la ciénaga fue de 1496,5 Ind/cm² y densidades entre 1213 Ind/cm² en la estación P3 y 1876 Ind/cm² en P1.

De acuerdo al porcentaje de abundancia las diatomeas reportaron los mayores valores en cada punto de monitoreo, seguida de manera general por las Charophytas con el 24,6%. El mayor aporte en este phylum (Ochrophytas) fue atribuido a las morfoespecies pertenecientes al género *Cosmarium*, mientras que las Cyanobacterias realizaron el mayor aporte a la densidad con el 29,4% en P1 realizado por la morfoespecie *Anabaena* sp. En cuanto a las morfoespecies del género *Navicula*, estas presentaron altas densidades, destacándose *Navicula pupula* en P1 donde la densidad fue de 517,3 Ind/cm² y *Navicula* sp1 en 2 con 433 Ind/cm².

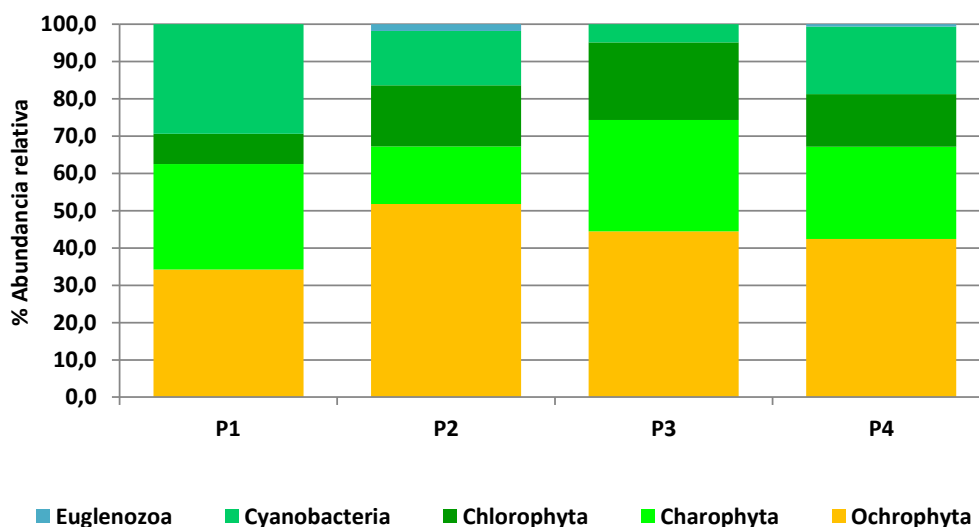


Figura 44. Distribución de la abundancia Ind/cm² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga Manatí.

La comunidad perifítica de la Ciénaga Manatí vista a través de la aplicación de varios índices ecológicos, registraron en promedio una diversidad de 2,35. Las estaciones con mayor diversidad fueron P3 y P4 (Tabla 23) quienes se caracterizaron por presentar un mayor número de taxa y baja dominancia, lo cual podría tener relación con la abundante presencia de macrófitas acuáticas, disponibilidad de luz y calidad del medio acuático. Los puntos de monitoreo P1 y P2 registraron mayores densidades y dominancias (λ) atribuidos principalmente a los valores de abundancia de las morfoespecies *Navicula pupula*, *Navicula* sp y *Anabaena* sp.

Tabla 23. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga Manatí.

Puntos de muestreo	Taxa (s)	N	Equidad (J')	H' (loge)	H' (loge10)	Dominancia (λ)	Diversidad de Simpson ($1-\lambda$)
P1	11	1875,90	0,84	2,01	0,87	0,17	0,83
P2	15	1400,56	0,84	2,29	0,99	0,15	0,85
P3	17	1213,12	0,89	2,51	1,09	0,10	0,9
P4	24	1496,53	0,81	2,58	1,12	0,11	0,89

En la Figura 45 se presenta un análisis de clasificación (índice de Bray – Curtis) basados en la composición y densidades de las morfoespecies del perifiton, el dendograma que representa el grado de similitud muestra que a un nivel de comparación del 50% las estaciones de la ciénaga no presentan jerarquizaciones significativas. Un nivel de comparación del 65% muestra que P1 difiere un poco de

las demás estaciones debido a que en este punto se registró mayor densidad y mayores abundancias de los Phyla Ochrophyta, Cyanobacterias y Charophytas.

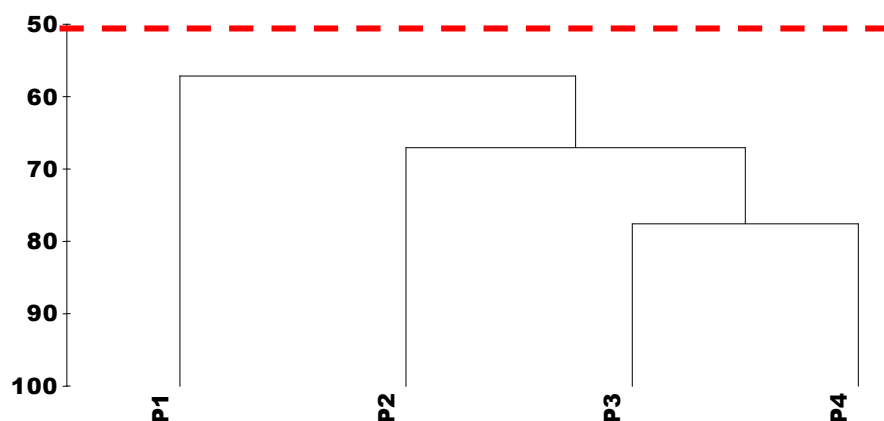


Figura 45. Dendrograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga Manatí.

En tanto, en la Ciénaga La Luisa durante los monitoreos se registraron 42 morfoespecies distribuidas en 5 phyla. Durante el periodo seco se reportaron 24 taxa al igual que el monitoreo en época de lluvia (Tabla 24).

Tabla 24 .Composición y Presencia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga La Luisa en las épocas secas (S) y lluvia (LL).

Phylum	Morfoespecie	Oscillatoria (O.) and related genera (L)																					
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11	
		s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L
Ochrophyta	Navicula sp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x		x
	Eunotia sp1	x		x	x	x						x	x	x	x					x		x	
	Eunotia sp2	x	x	x	x	x								x		x							
	Pinnularia sp						x	x			x		x	x				x				x	
	Gyrosigma sp	x										x	x	x									
	Synedra sp				x	x			x		x	x			x		x					x	
	Nitzschia sp1			x	x				x				x	x	x	x			x		x		x
	Nitzschia sp2		x		x										x								x
	Cymbella sp												x		x								
	Fragilaria sp						x						x				x						
	Diatoma sp																						
		Gomphonema sp1	x		x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x			x			

Phylum	Morfoespecie	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11	
		s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L	s	L
Charophyta	<i>Gomphonema sp2</i>						X							X		X							
	<i>Melosira sp</i>									X		X		X									
	<i>Cosmarium boeckii</i>	X																					
	<i>Cosmarium sp1</i>				X					X		X		X									
	<i>Cosmarium sp2</i>													X									
	<i>Netrium sp1</i>									X													
	<i>Netrium sp2</i>									X						X							
	<i>Spyrogira ternata</i>			X		X				X								X					
Chlorophyta	<i>Chlorella sp</i>			X		X				X													X
	<i>Crucigenia sp</i>																						
	<i>Pediastrum duplex</i>																	X					
	<i>Tetraedron sp</i>			X				X															
	<i>Dresmodesmus cuadricauda</i>	X		X				X	X		X			X	X								
	<i>Scenedesmus apiculatus</i>							X						X									
	<i>Spyrogira ternata</i>							X				X		X									
	<i>Ulotrix sp</i>	X		X	X	X		X	X					X	X								
	<i>Oedogonium sp</i>	X				X	X	X			X			X	X								
Cyanobacteria	<i>Aphanocarpa sp.</i>															X				X			
	<i>Oscillatoria sp 1</i>	X	X	X		X	X	X			X	X		X	X	X		X		X		X	
	<i>Oscillatoria sp 2</i>			X		X								X	X					X		X	
	<i>Lygmbia sp</i>	X			X						X		X	X									
	<i>Spirulina subsalsa</i>						X																
	<i>Spirulina sp</i>	X		X		X						X	X	X	X	X						X	
	<i>Anabaena sp</i>	X		X			X	X										X					
	<i>Nostoc sp</i>															X		X					
	<i>Merismopedia sp</i>													X									
Euglenozoa	<i>Euglena sp</i>	X		X				X				X		X		X				X		X	
	<i>Euglena viridis</i>													X									
	<i>Trachelonoma sp</i>			X		X	X	X						X						X		X	
	<i>Strombomona sp</i>		X		X									X						X			

De manera general las diatomeas Ochrophytas registraron la mayor riqueza en la ciénaga agrupando el 33% de las taxa. Las diatomeas son en muchos casos el componente dominante del perifiton y su contribución a la producción primaria de los ecosistemas acuáticos ha sido frecuentemente subestimada (Sullivan, 1999). Las diatomeas poseen, además, el valor añadido de ser excelentes indicadores ambientales, puesto que se hallan en la totalidad de los sistemas acuáticos, siendo sensibles y respondiendo con rapidez a los cambios ambientales (Fabri & Leclercq 1986, Sabater et al. 1988, Rott 1991, Stevenson & Pan 1999, Sullivan & Currin 2000). Los phyla Cyanobacteria y Chlorophyta agruparon cada uno el 21,5% de las morfoespecies, el menor número de morfoespecies estuvo en los phyla Charophyta 14% y Euglenozoa 10% (Figura 46).

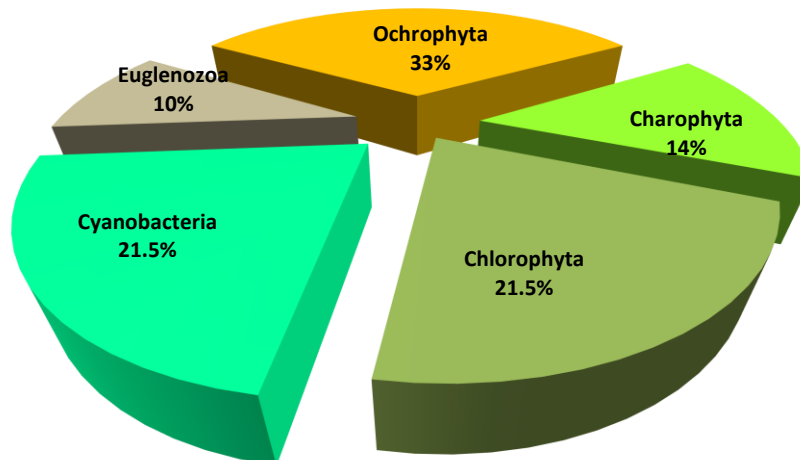


Figura 46. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga La Luisa en la época seca y la época lluviosa.

La riqueza del perifiton durante las épocas de muestreo presentó un igual número de morfoespecies, siendo las diatomeas dominantes y con una mayor presencia de morfoespecies en época seca (12) lo mismo sucedió con el phylum Charophyta que registró 5 morfoespecies. Durante la época de lluvia las diatomeas registraron una menor riqueza al igual que las Charophytas y se observó un aumento de las taxa de los phyla Chlorophytas y Cyanobacterias (Figura 47-A y Figura 47-B). La riqueza del perifiton y presencia de los phylum, probablemente podrían estar relacionados con la disponibilidad de nutrientes y la misma disponibilidad del agua sobre la ciénaga.

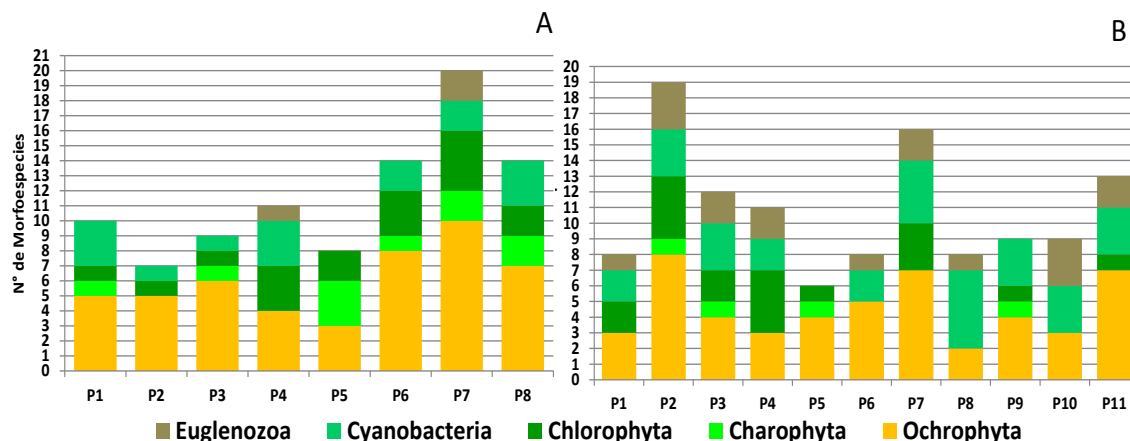


Figura 47. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga La Luisa. A: época seca, B: época lluviosa.

La densidad promedio del perifiton durante la época seca fue de 2860 Ind/cm². Las estaciones presentaron valores de densidad que oscilaron entre 1682,5 Ind/cm² en P3 y 4948 Ind/cm² en P4, de manera general las Ochrophytas (diatomeas) registraron los mayores porcentajes de abundancia en cada uno de los puntos de muestreo que estuvieron en general por encima del 68% (Figura 48-A). En algunos estudios se atribuye el comportamiento de la comunidad de las diatomeas a factores limitantes como el disturbio físico (Biggs & Close, 1989; Biggs & Thomsen, 1995) herbivoría, (Rosemond, 1994; Steinman, 1996), estabilidad del sustrato (Power & Stewart, 1987; Grimm & Fisher, 1989) o la temperatura (Bothwell, 1988; Schiller et al. 2007).

El phylum de las Chlorophyta tuvo su mayor participación en los puntos de muestreo P1, P7 y P8, por su parte, los menores porcentajes de abundancia fueron para los Phyla Charophyta y Euglenozoa. Durante el monitoreo la morfoespecie con mayor participación en la densidad del perifiton fue *Navicula* sp registrando su mayor densidad en los puntos de muestreo P7 y P8 con 1347 Ind/cm² y 1696 Ind/cm² respectivamente; *Eunotia* sp1 presentó sus mayores densidades en P1 con 502 Ind/cm², P2 con 728 Ind/cm² y P7 con 372 Ind/cm², mientras el phylum de las Euglenozoa tuvo presencia en el punto de muestreo P7 y estuvo representada por las morfoespecies *Euglena viridis* con 93 Ind/cm² y *Trachelomona* sp con 46,5 Ind/cm². En la época de lluvia la densidad promedio del perifiton fue de 3065 Ind/cm² siendo mayor que la registrada en la época seca, en tanto que los porcentajes de abundancia relativa de las Ochrophytas registraron valores extremos que oscilaron entre el 12,5% en la estación P10 y 91% en P5; el phylum Cyanobacteria presentó un aumento en las estaciones de muestreo durante esta época con valores de porcentaje entre el 12% del total en P2 y P4 y 77,5% en P10 (Figura 48-B); el phylum Euglenozoa se registró en la mayoría de las estaciones a comparación

de la época seca que solo se registraron en un solo punto de muestreo. La morfoespecie de mayor importancia de acuerdo a su densidad y presencia en estaciones de muestreo fue *Navicula* sp que registró su máximo valor en la estación P9 con 7993 Ind/cm²; *Pinnularia* sp hizo su mayor aporte a la densidad en la estación P9 con 1359,6 Ind/cm² y la morfoespecie *Nitzschia* sp1 en la estación P6 con 1335 Ind/cm². Las Cyanobacterias realizaron un importante aporte a la densidad, en P6 3335,9 Ind/cm² con la morfoespecie *Oscillatoria* sp1 y en P10 de 2250 Ind/cm² por la morfoespecie *Oscillatoria* sp2.

En términos de abundancia durante esta época el proceso de colonización del perifiton en los tallos de macrófitas tuvo una distribución muy similar con algunas apariciones de taxa del phylum de las Euglenozoa en varias estaciones de muestreo. Es muy importante destacar que las macrófitas dejan fuera de competencia por la luz al fitoplancton y al mismo perifiton, porque forman densas capas que reducen o eliminan la entrada de luz a la columna de agua (Burkholder, 2001 y Kalff, 2002).

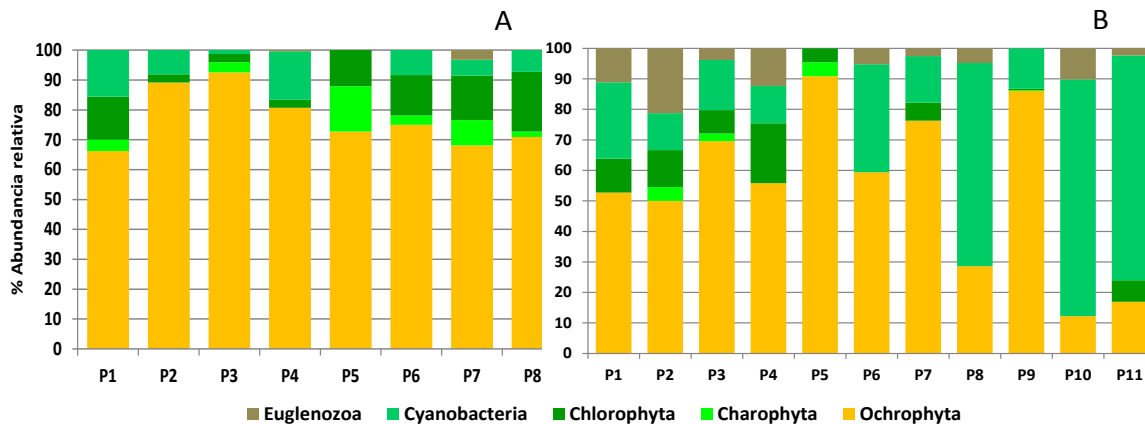


Figura 48. Distribución de la abundancia Ind/cm² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga La Luisa. A: época seca, B: época lluviosa.

De acuerdo a los valores de los índices ecológicos evaluados para la ciénaga la diversidad promedio en la época seca fue de 1,78; la estación P4 presentó un valor de 1,08 que se constituyó en el más bajo; este punto también se caracterizó por registrar la más alta dominancia atribuida a la diatomea *Navicula* sp que reportó una densidad de 3542,6 Ind/cm² y a la Cyanobacteria *Anabaena* sp con una densidad de 636,6 Ind/cm², además en esta estación se presentó la mayor densidad y el valor más bajo de la equidad (Tabla 25).

Durante la época lluviosa la diversidad en promedio fue de 1,62 H log_e, un poco más baja que el anterior periodo. Los valores más bajos de diversidad (0,91) y equidad J' (0,41) se registraron en P9, con una densidad total y dominancia alta, atribuida a las diatomeas *Navicula* sp y *Pinnularia* sp que

reportaron densidades de 7993,4 Ind/cm² y 1359,6 Ind/cm² respectivamente, además de la Cyanobacteria *Oscillatoria* sp1 con una densidad de 1242,4 Ind/cm². La mayor diversidad se registró en la estación P2 donde la comunidad del perifon se caracterizó por registrar baja densidad y dominancia, así como valores altos de equidad y riqueza específica.

Tabla 25. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga La Luisa en época seca y época lluviosa.

Periodo de muestreo	Estación	Taxa ((s)	N	Equidad (J')	H'(loge)	H'(loge10)	Dominancia (λ)	Diversidad de Simpson (1-λ)
Periodo Seco	P1	10	2415,46	0,87	2,00	0,87	0,17	0,83
	P2	7	1682,49	0,82	1,60	0,70	0,26	0,74
	P3	9	1760,84	0,73	1,60	0,70	0,30	0,70
	P4	11	4948,4	0,45	1,08	0,47	0,53	0,47
	P5	8	1733,19	0,76	1,57	0,68	0,30	0,70
	P6	14	2521,01	0,79	2,09	0,91	0,19	0,81
	P7	20	4367,42	0,86	2,56	1,11	0,13	0,87
	P8	12	3454,72	0,70	1,74	0,76	0,28	0,72
Periodo Lluvioso	P1	8	471,79	0,77	1,60	0,69	0,28	0,72
	P2	19	796,65	0,90	2,66	1,15	0,09	0,91
	P3	12	1033,85	0,65	1,62	0,70	0,35	0,65
	P4	11	464,40	0,79	1,90	0,82	0,25	0,75
	P5	6	2293,42	0,67	1,20	0,52	0,44	0,56
	P6	8	10007,64	0,81	1,68	0,73	0,23	0,77
	P7	16	2028,74	0,50	1,39	0,60	0,48	0,52
	P8	8	492,26	0,86	1,79	0,78	0,21	0,79
	P9	9	10970,41	0,41	0,91	0,39	0,56	0,44
	P10	9	1148,61	0,70	1,54	0,67	0,31	0,69
	P11	13	4008,42	0,61	1,55	0,67	0,35	0,65

Mediante el análisis de agrupamiento, teniendo en cuenta la composición y densidades se determinó la asociación entre las estaciones evaluadas para cada periodo de monitoreo. En la Figura 49-A, con un 60% de similitud, se observa la formación de un grupo entre las estaciones P1 y P2 caracterizada por tener composición y densidades muy similares que pueden ser atribuidas a su cercanía dentro de la ciénaga. Otra agrupación la realizaron las estaciones P5 y P8 que poseen porcentajes de abundancia de las Ochrophytas muy similares. Durante el periodo de lluvia el clúster mostró la formación de tres (3) grupos con una similitud superior al 60%, el primer grupo formado por las estaciones P6 y P9 que se caracterizaron por registrar las mayores densidades en la ciénaga y un mayor dominio en la densidad de las morfoespecies *Navicula* sp y *Oscillatoria* sp1, también se observa la formación de un grupo con las estaciones P2, P3 y P10 y otro formado por las estaciones P1, P4 y P10 que se caracterizaron por registrar bajas densidades en la ciénaga (Figura 49-B).

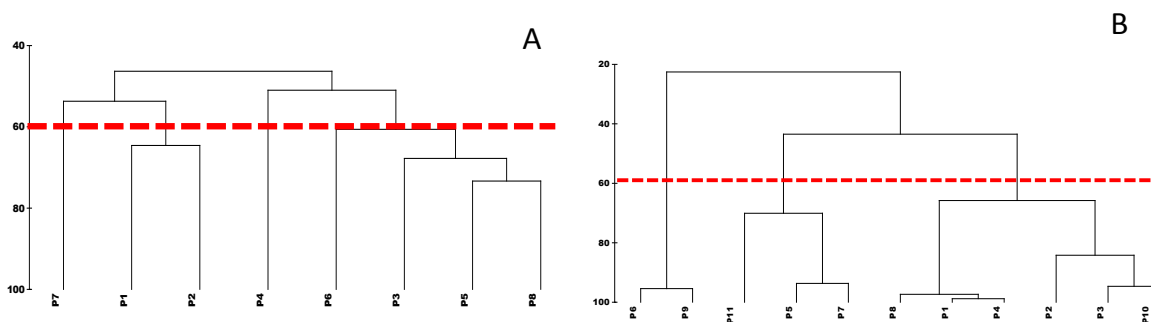


Figura 49. Dendrograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga La Luisa A- época seca, B: época Lluviosa.

Fitoplancton. El fitoplancton en la Ciénaga Paraíso registró un total de 39 morfoespecies distribuidas en seis divisiones, las Chlorophytas (algas verdes) fue el grupo con la mayor riqueza específica dentro de la comunidad aportando el 30% de las taxa; las Cyanobacterias (algas verde azules), Euglenozoa (euglenoides) y Ochrophyta (algas pardas) siguieron en importancia participando cada una con el 20%, finalmente las Cryptophytas y Charophytas (desmicias) contribuyeron cada una con el 5%. La clasificación taxonómica de las morfoespecies registradas se presenta en el Anexo 3.

En la Figura 50 se observa la variación espacio-temporal en la composición fitoplanctonica; en el periodo de sequía se encontró el mayor número de morfoespecies, principalmente clorófitas; mientras en época de lluvias, la riqueza se redujo en más del 60%, siendo las ocrofitas principalmente diatomeas de mayor variedad. Esta disminución en la riqueza es atribuible a la formación reciente de los depósitos de aguas lluvias en cada punto de muestreo tras la desecación de la ciénaga en época de sequia.

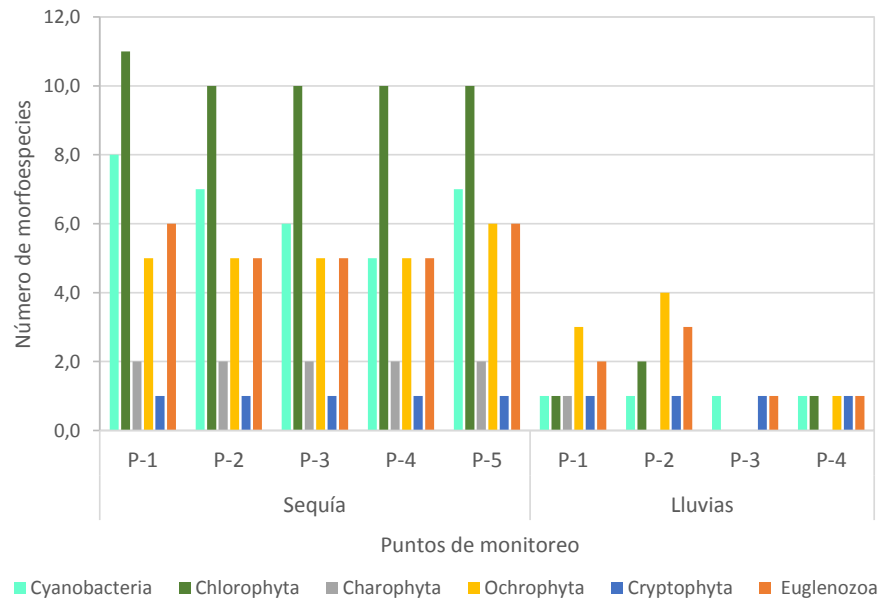


Figura 50. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga Paraíso durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).

La densidad en la ciénaga durante la época de sequía osciló de 146870.0 individuos por litros (Ind/L), en el punto 1 (P-1) a 185437.8 ind/L en el punto tres (P-3) considerando los resultados obtenidos durante el primer día de muestreo; con el transcurso de la sequía el número de individuos en la ciénaga se incrementó a 501561.7 ind/L obtenidos en un punto adicional correspondiente al único sector de la ciénaga con agua (punto cinco P-5), hecho reportado en el 80% de los muestreo efectuados para este periodo (Anexo 4). En la época de lluvia los puntos monitoreados corresponden con pequeños depósitos de aguas no interconectados formados por las precipitaciones por lo que se observó una alta variación en el número de individuos fitoplanctonicos los cuales se incrementaron de 26000 en punto 4 (P-4) a 33294118 Ind/L en P-1.

A partir de las abundancias se puede inferir la caracterización trófica de la ciénaga de acuerdo a los valores de referencia de Margalef (1983) registrados en la Tabla 26 según los cuales, la ciénaga presentó durante la sequia un enriquecimiento orgánico (eutróficación) y en el periodo de lluvias solo P1 y P2 registraron valores ajustables a esta clasificación.

Tabla 26. Clasificación trófica de las aguas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela.

Margalef (1983)	valor referencia (Ind/ml)
Oligotrófico	10 -100
Eutrófico	100-10000
Hipertrófico	>10000

En cuanto a la distribución de las abundancias en las divisiones registradas (Figura 51) en el periodo seco se observa la superioridad numérica de las cianobacterias (Cyanobacterias) o algas verdiazules constituyendo del 40 al 56% de los individuos, representadas por las filamentosas *Pseudanabaena musicola* y *Dolichospermum circinalis* (ex *Anabaena*). La abundancia de las cianobacterias se ve favorecida con los incrementos de temperatura como los que se dan durante la época seca, en donde se registran temperaturas superiores a los 30°C; coincidentes con las del rango óptimo para su desarrollo (Ramírez 2000).

En el monitoreo realizado en el periodo de lluvias las Criptofitas representadas el genero *Cryptomonas* fueron las de mayor relevancia con una densidad relativa superior al 77%, estas microalgas son consideradas uno de los grupos presente universalmente en todas las aguas lénticas de la zona tropical, pero rara vez en alta abundancia (Lewis & Rieh 1982 en Ramírez y compañía 2000) A muchas criptofitas se les asocia con lagos pobres en nutrientes por sus hábitos mixotróficos (Reynolds 2006), pero se pueden desarrollar en pequeños cuerpos de agua meso a eutrófico (Roldan y Ramírez, 2008).

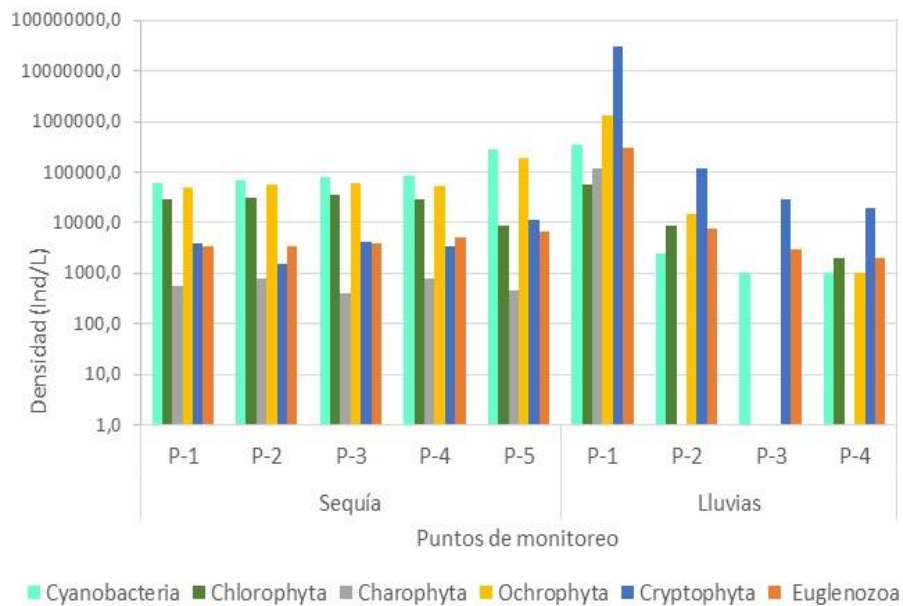


Figura 51. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga Paraíso durante los dos periodos de monitoreo.

Los valores de los índices ecológicos presentaron variaciones significativas entre las dos épocas de monitoreo (Tabla 27), observándose de forma generalizada valores intermedios de diversidad (H') en sequía que contrastan con la baja diversidad en la época de lluvias relacionados con la menor riqueza de especies y un mayor predominio (λ), lo cual es de esperar teniendo en cuenta el grado de desecación que registró la ciénaga, la formación de depósitos someros por las precipitaciones donde proliferan especies pioneras o especies tolerantes como las del genero *Cryptomona* formadoras de quistes de resistencia ante situaciones difíciles y que eclosionan cuando las características medioambientales le son favorables.

Tabla 27. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga Paraíso en los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$)

Punto	Época	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	$\lambda-1$
P-1	Seca	0,71	2,49	1,08	0,13	0,87
	Lluvia	0,16	0,36	0,15	0,88	0,12
P-2	Seca	0,71	2,42	1,05	0,13	0,87
	Lluvia	0,40	0,97	0,42	0,61	0,39
P-3	Sequia	0,72	2,41	1,05	0,13	0,87

Punto	Época	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	$\lambda-1$
P-4	Lluvia	0,40	0,44	0,19	0,78	0,22
	Sequia	0,71	2,37	1,03	0,14	0,86
	Lluvia	0,53	0,85	0,37	0,61	0,39
P-5	Sequia	0,59	2,04	0,88	0,18	0,82

La Figura 52 presenta los dendrogramas de similitud para el fitoplancton durante cada periodo monitoreado; en sequia la ciénaga mostró valores altos de similitud (85%) en el 80% de los puntos muestreado, solo P-5 es separado del grupo por la alta densidad de individuos pues en todas las estaciones la distribución de las abundancias es similar: prevalencia de *Pseudanabaena musicola* y *Dolichospermum circinalis* quienes se caracterizan por la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico (Harper, 1992; Vymazal, 1995). En época de lluvias solo los puntos P-3 y P-4 distinguidos por una baja densidad y riqueza forman un cluster (77% de similitud) compartiendo 60% de las morfoespecies presentes en el último punto.

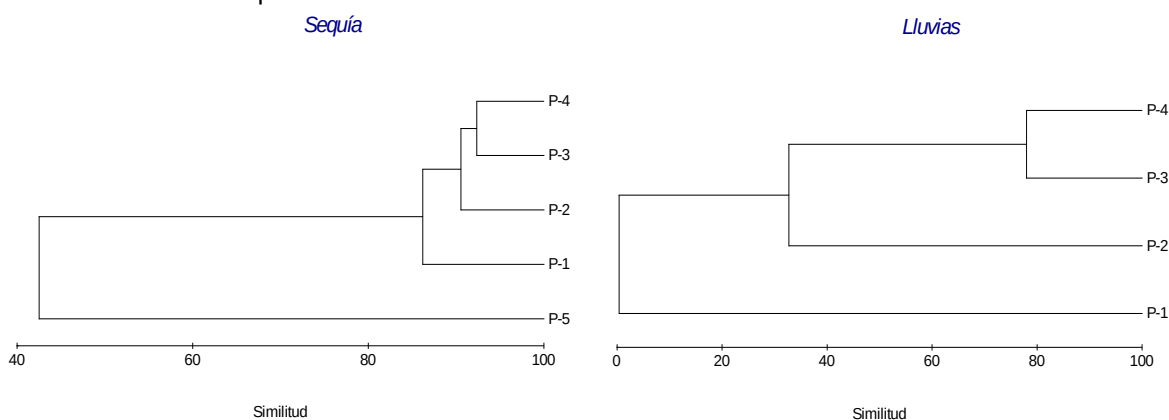


Figura 52. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga Paraíso durante los periodos monitoreados.

Durante el estudio la Ciénaga Manatí registró cambios drásticos en la columna de agua causados por la extrema sequía, llegando a niveles de desecación que no se subsanaron con la época de lluvias, especialmente por la carencia de conexión con su principal subsidiario.

La ciénaga reportó un total de 37 morfoespecies pertenecientes a las divisiones Cyanobacterias (27.0%), Chlorophytas (27.0%), Euglenozoa (16.2%), Ochophytas (13,5%), Charophytas (13,5%) y Cryptophytas (2.7%).

La densidad fitoplanctonica promedio de la ciénaga fue de 86221.8 Ind/L, los valores extremos se dieron en los puntos P-1 y P-4 con 23954,0 Ind/L y 123557.8 Ind/L respectivamente, niveles intermedios se obtuvieron en los puntos P-2 y P-3 (89344.4 y 108030.9 Ind/L) muestreados durante todo el plan de monitoreos para época seca y permiten catalogar al sistema como oligotrófico (Margalef, 1983) pero con tendencia a la eutrofia (Figura 53).

Las cianobacterias aportaron aproximadamente el 50% de los individuos durante el monitoreo; entre ellas se destacan las morfoespecies *Dolichospermum circinalis* (P-2 a P-4) y *Anabaenopsis sp* (P-1) por su riqueza numérica, a nivel trófico estos taxones son comunes en aguas ricas en nutrientes (meso a eutróficas) con condiciones limitantes o no por nitrógeno (Pinilla, 1998; Roldan y Ramírez, 2008) puesto que algunas de sus especies son fijadoras de este elemento (Reynolds 2006); atendiendo a esta bioindicación y al número de individuos cuantificados, el sistema responde a un estado de oligotrofia (Margalef, 1983) pero con tendencia a la eutrofia.

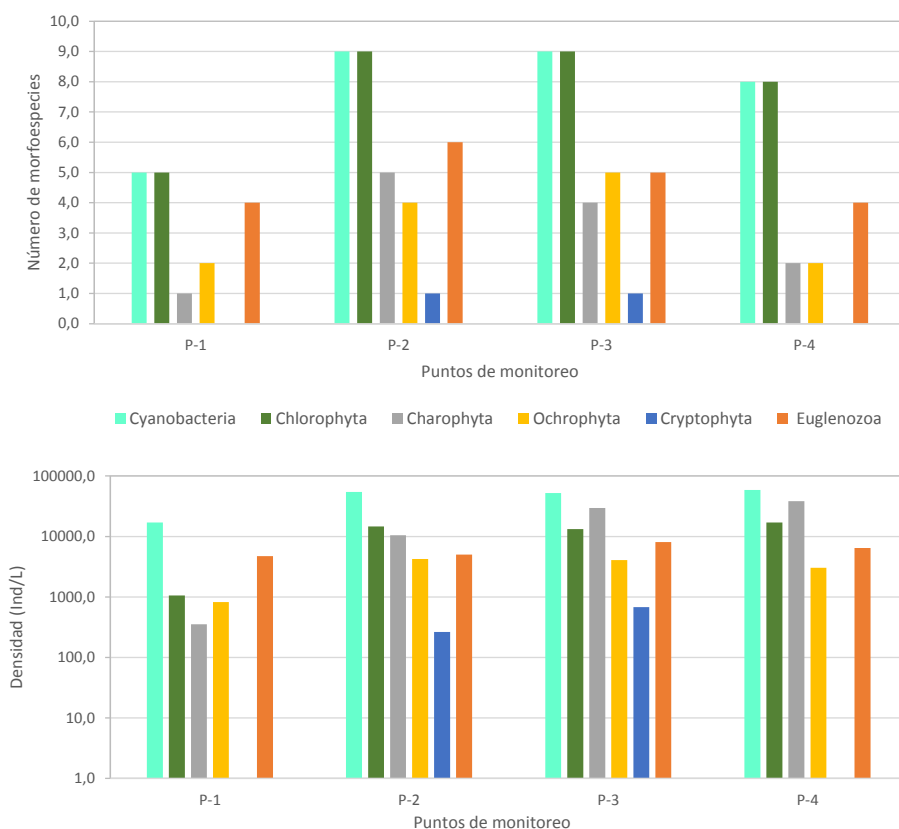


Figura 53. Riqueza y densidad del fitoplancton por punto de monitoreo en la Ciénaga Manatí.

La división Charophytas frecuente en aguas oligotróficas, con pH ácidos, siguió en importancia (20% ind) con el género *Closterium* (Anexos 4) particularmente la especie *Cl. Parvulum* común tanto en ecosistemas andinos como de tierras bajas tropicales de Colombia con una calidad de agua de mesotrófico a eutrófico (Vidal 2010).

Los índices de diversidad de Shannon en la Tabla 28 exhiben valores medios (Roldan y Ramírez, 2008) particularmente los puntos P-2 a P-4, donde la diversidad de Simpson fue alta con valores tendientes a 1, lo cual implica una distribución equitativa de las abundancias y por ende valores de dominancia bajos; este resultado se espera en sistemas propensos a la oligotrofia.

Tabla 28. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga Manatí durante la época de sequía. Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson (λ^{-1})

Punto	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	$\lambda-1$
P-1	0,5	1,4	0,6	0,4	0,6
P-2	0,7	2,6	1,1	0,1	0,9
P-3	0,8	2,7	1,2	0,1	0,9
P-4	0,8	2,4	1,0	0,1	0,9

El dendrograma de la Figura 54, separa la a P-1 reconocida por la menor densidad y el predominio de *Anabaenopsis sp* (61% de los individuos) de los puntos con mayor abundancia y por tanto tendencia a la eutroficación.

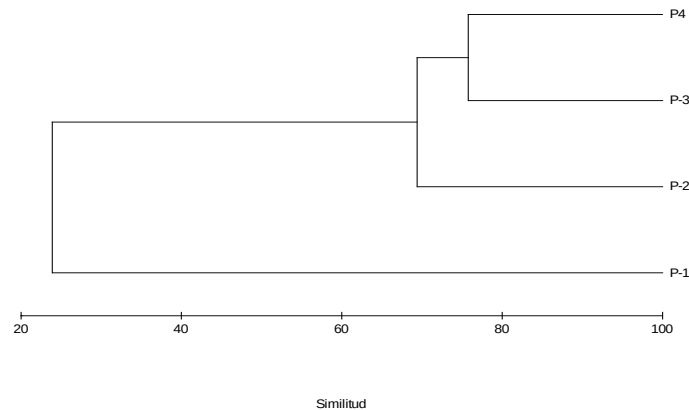


Figura 54. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga Manatí durante la época de sequía.

En la Ciénaga Larga el fitoplancton reportó un total de 54 taxones, las algas verdeazules representaron el 31.5% de las morfoespecies, las algas verdes el 29.6%, las algas pardas 22.2% los euglenoides el 13.0%, finalmente las desmiciasles y criptofitas aportaron cada una el 1.9% del total con un taxón. La densidad registró un promedio de 622671,4 ind/l aportados mayoritariamente por las cianobacterias con el 59.7% de los individuos y las algas pardas 32.6%, las demás divisiones realizaron contribuciones inferiores al 4% de la abundancia.

A nivel espacial, los aportes a la riqueza y abundancia de las diferentes divisiones fitoplanctónicas son similares a las distribuciones generales (Figura 55); el punto de muestreo P-2 se destacó por su riqueza de especies (44) y abundancia de individuos (738521.45 Ind/L) contrastando con P-3 (punto seco el 80% de los muestreo) por el menor número de morfoespecies (31) y abundancia (538248 Ind/L).

En cuanto a morfoespecies, las cianobacterias *Pseudanabaena musicola* (23%), *Dolichospermum circinalis* (10.6%), *Planktothrix sp* (7.6%) y la diatomea *Cyclotella meneghiniana* (19.8%) fueron las más abundantes en los tres puntos de monitoreo. Las cianobacterias han sido reportadas formando asociaciones frecuentes y en alta densidad en sistemas eutroficados (Zalocar de Dimitrovic y Forastier, 2006) y mientras *Cyclotella* por presentar bajos requerimientos nutricionales pueden proliferar en sistemas oligotróficos de donde es característica.

Teniendo en cuenta la bioindicación y la densidad poblacional la ciénaga Larga es un sistema eutrófico, condición que se torna crítica con la desecación de la ciénaga por el bajo nivel de precipitaciones y la falta de conexión con el río principal.

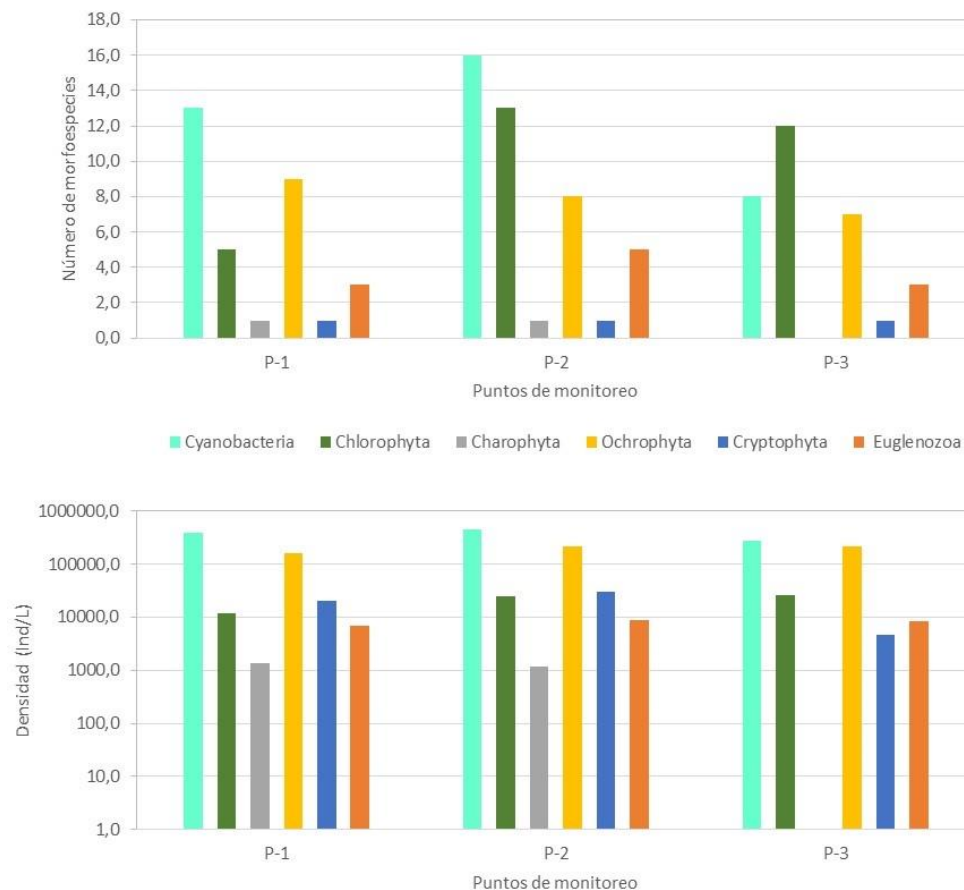


Figura 55. Riqueza y densidad del fitoplancton por punto de monitoreo en la Ciénaga Larga.

Los índices de diversidad (Tabla 29) en las tres estaciones obtuvieron valores similares: la dominancia fue baja, dado que ninguna morfoespecie representó más del 50% de la densidad por tanto los valores de equidad mostraron una tendencia al aumentó al igual que la diversidad, esta última permite considerar al sistema como medianamente diverso o con una contaminación media.

Tabla 29. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga Larga durante la época de sequía. Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson (λ^{-1}).

Punto	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	λ^{-1}
P-1	0,71	2,47	1,07	0,13	0,87
P-2	0,68	2,56	1,11	0,12	0,88
P-3	0,67	2,31	1,00	0,15	0,85

La poca variabilidad en la composición y estructura del fitoplancton se manifiestan en el grado de similitud entre los puntos monitoreados (67.6%) que hacen de el un sistema homogéneo como se observan en la Figura 56.

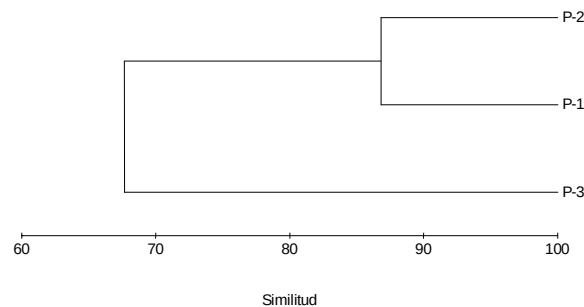


Figura 56. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga Larga durante la época de sequía.

Se encontraron un total de 106 taxones fitoplanctonicos en la ciénaga, las Clorofitas (34.0%), Cianobacterias (20.8%), Ocrofitas (18.9%) y Euglenozoa (17.9%) fueron los grupos de mayor riqueza taxonómica dentro de la comunidad, las Carofitas (6.6%), Criptofitas (0.9%) y Dinofitas (0.9%) hicieron las menores contribuciones. En época de sequia se registró un total de 93 morfoespecies, 36 más que en época de lluvias, al igual que en la distribución general la riqueza se sustentó en las clorofitas mientras en época de lluvias en las cianobacterias (Figura 57) .

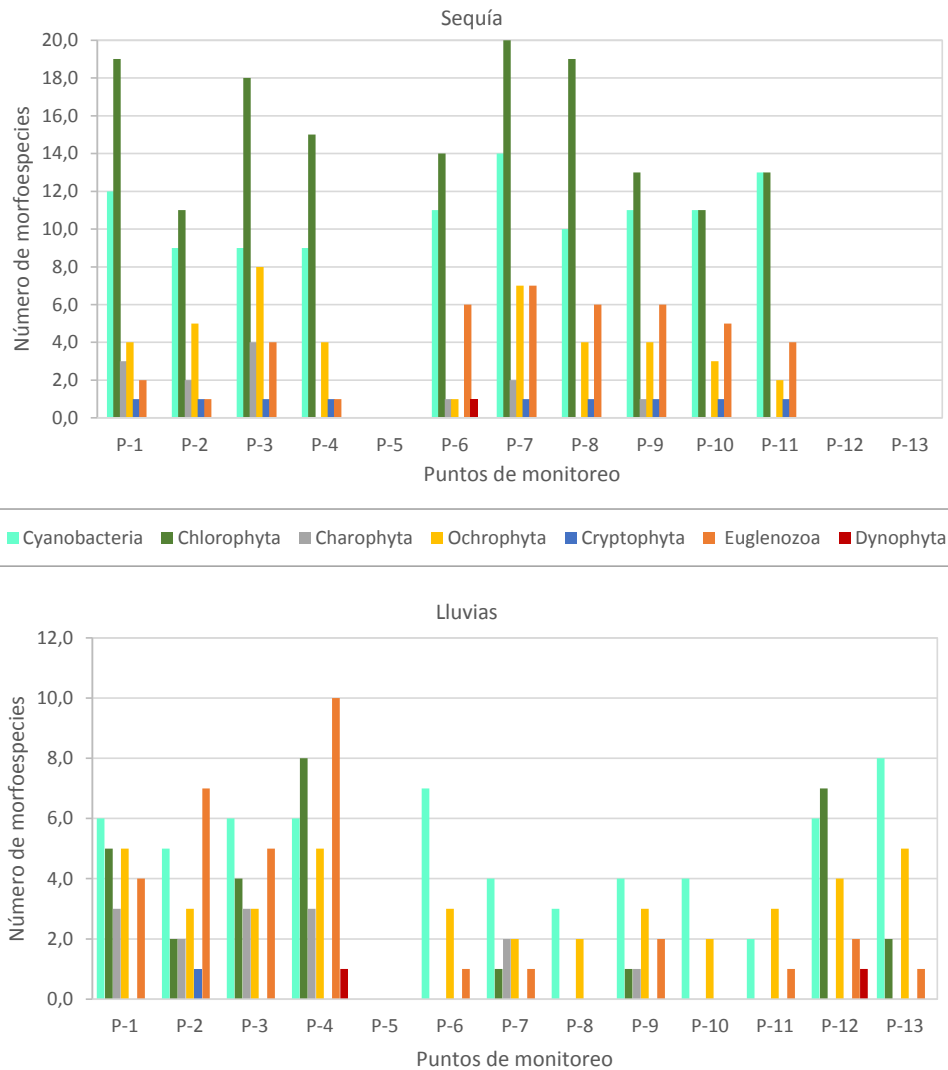


Figura 57. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga de La Luisa durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).

El número de individuos en la ciénaga durante la sequía fue de 565765.7 Ind/L variando de 367431.3 Ind/L en punto 7 (P-7) a 731872.8 Ind/L en punto 9 (P-9) se debe mencionar que las estaciones cercanas a algunas estructuras (P-12 y P13) se encontraron sin agua durante este periodo al igual que P-5 quien permaneció seco durante los dos monitoreos realizados (Figura 58). Los mayores aportes a la abundancia lo realizaron las algas verdeazules con la morfoespecie *Dolichospermum circinalis*, altamente abundante en todas las estaciones, caracterizada por estar presentes en cualquier

época del año y formar floraciones cuando las condiciones se desvían de lo normal como las generadas por una fuerte sequía.

En el periodo de lluvias la densidad reportó los mínimos valores en los puntos ubicados cerca a las estructuras (P-12 y P-13) con 42344 y 44827 Ind/L dado el escaso contenido de agua y y los máximos en P-6 con 8660000 Ind/L; las cianobacterias al igual que en el periodo de sequía fueron las más abundantes y estuvieron representadas por *Microcystis sp* (dominante en el 50% de los puntos muestreados), *Pseudoanabaena sp* y *Planktolymba sp*.

Microcystis es considerada una microalga cosmopolita y tolerante a condiciones ambientales diversas; cuya concentración en superficie y desarrollo de floraciones frecuentemente se asocia a las condiciones generadas durante la época de verano (Reynolds, 1984); por lo que en época de lluvias muestra tendencia a disminuir por efectos de la dilución o por muerte celular. Este último comportamiento parece contrastar con los resultados obtenidos este periodo; por lo que se debe considerar entre otras razones, la rápida estabilización de la columna de agua tras las precipitaciones, el ingreso de nutrientes que incrementa la eutroficación existente, por lo que las poblaciones de especies que soportan grandes disturbios se verían beneficiadas, como el caso esta cianofita, dado sus ventajas morfológicas y fisiológicas (Paerl, 1988; Reynolds, 1987; Reynolds et al. 1981).

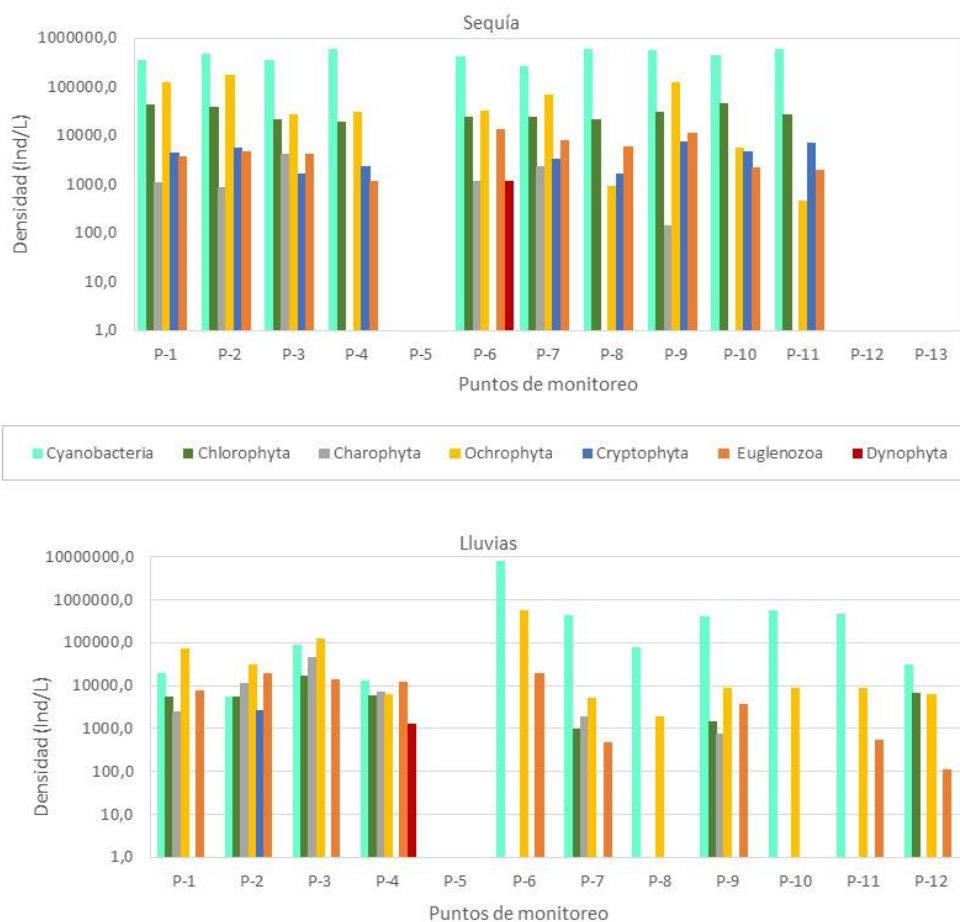


Figura 58. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga de La Luisa durante los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias).

La Ciénaga La Luisa en época seca se caracterizó por un ensamblaje fitoplanctónico con alta riqueza específica, dominancia de magnitud media y baja diversidad (Tabla 30), reportando esta última un promedio de 1.42 bits/Ind propios de aguas muy contaminadas (Ramírez y Roldan 2008) permitiendo describir el sistema como un cuerpo de agua eutroficado, donde solo proliferan morfoespecies con un alto grado de tolerancia a factores ambientales adversos como es el caso cianobacterias.

Durante el monitoreo correspondiente a época de lluvias, los puntos ubicados al norte de la ciénaga (P-1, P-2, P-3, P-4) presentaron mayor número de especies y mejor distribución de las abundancias en las morfoespecies, incrementando así la magnitud del índice de diversidad; estas condiciones,

acompañadas del dominio de las diatomeas son propias de ambientes mesotróficos o medianamente contaminados por nutrientes pudiendo relacionarse con el suministro de agua a través del sistema de bombeo (P-12 y P-13) y de agua lluvia que proporcionaron además del efecto de dilución las características necesarias para cambios en la comunidad o inicios de un proceso sucesional en respuesta a disturbio generado por la falta de agua en los puntos durante gran parte de los muestreos de la época seca.

Entre tanto, los puntos de monitoreo localizados más al sur se caracterizaron por el predominio de *Microcystis* con más del 60% de las abundancias, por eso, los valores del índice de dominancia registraron poca variación con respecto al primer monitoreo, no obstante disminuyeron en diversidad atendiendo a la baja la riqueza de especies. Finalmente el punto P-6 con los máximos valores de densidad exhibió también la máxima equidad.

Tabla 30. Índices ecológicos del fitoplancton en la ciénaga La Luisa durante los dos monitoreos (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson (λ^{-1}).

Punto	Época	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	λ^{-1}
P-1	Sequia	0,40	1,48	0,64	0,40	0,60
	Lluvia	0,67	2,11	0,92	0,23	0,77
P-2	Sequia	0,37	1,25	0,54	0,46	0,54
	Lluvia	0,79	2,35	1,02	0,15	0,85
P-3	Sequia*	0,34	1,30	0,56	0,58	0,42
	Lluvia	0,80	2,44	1,06	0,12	0,88
P-4	Sequia*	0,31	1,07	0,46	0,61	0,39
	Lluvia	0,76	2,67	1,16	0,11	0,89
P-5	Sequia	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
P-6	Sequia*	0,37	1,31	0,57	0,55	0,45
	Lluvia	0,82	1,97	0,86	0,16	0,84
P-7	Sequia	0,47	1,84	0,80	0,34	0,66
	Lluvia	0,40	0,92	0,40	0,48	0,52
P-8	Sequia	0,31	1,16	0,50	0,57	0,43
	Lluvia	0,49	0,78	0,34	0,57	0,43
P-9	Sequia	0,44	1,55	0,67	0,40	0,60
	Lluvia	0,41	0,97	0,42	0,47	0,53
P-10	Sequia	0,34	1,16	0,50	0,59	0,41
	Lluvia	0,41	0,74	0,32	0,53	0,47
P-11	Sequia	0,31	1,07	0,47	0,62	0,38
	Lluvia	0,34	0,62	0,27	0,64	0,36
P-12	Lluvia	0,61	1,70	0,74	0,30	0,70
P-13	Lluvia	0,80	2,39	1,04	0,13	0,87

* Datos correspondientes al primer día de muestreo

En el análisis de clasificación de la época de sequía no fueron incluidos los puntos de monitoreo P-3 al P-6 por razones descritas anteriormente, las pocas diferencias en la composición y estructura del fitoplancton entre puntos monitoreados se proyectan en los resultados del análisis de clasificación de Bray curtis de la Figura 59 que asocia todos los puntos a un nivel de similitud del 55.4% por el dominio generalizado de *Dolichospermum circinalis*; a un nivel comparativo mayor (68.9%) se forman tres grupos: el primero constituido únicamente por el punto P-7 segregado de las demás estaciones por el menor número de individuos, la mayor variabilidad de morfoespecies en otras palabras, el segundo grupo lo integran los puntos P-8, P-10 y P-11 con valores altos de dominancia y el codominio de el genero *Microcystis*; finalmente los puntos P-1, P-2 y P-9 caracterizados por alta concentración de individuos y codominio de *Cyclotella sp*, con más del 15% de la densidad relativa.

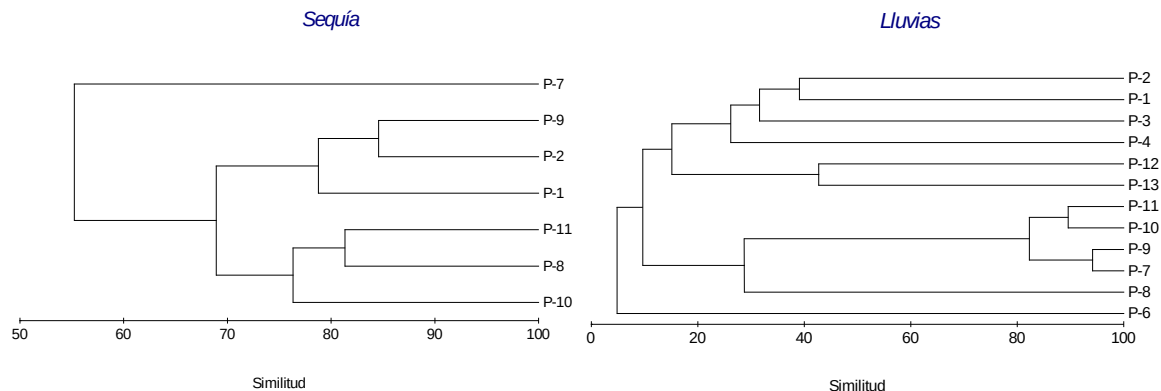


Figura 59. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga La Luisa durante los dos monitoreos.

Para el periodo lluvioso solo las estaciones P-7, P-9, P-10 y P-11, formaron una clara asociación (82.3% de similitud) otorgado por presentar valores de densidad semejantes y por el dominio de *Microcystis sp* y *Pseudoanabaena sp* 93% de la abundancia; cabe destacar a nivel fisicoquímico estos puntos se distinguieron por presentar valores basicos de pH, contenidos altos oxígeno disuelto, y clorofila a condiciones que se ajustan una alta producción fitoplanctonica. Entre tanto, los puntos de monitoreo ubicados en el norte de la ciénaga pese a ubicarse próximos en el dendrograma presentan pocas especies en común y en proporciones similares.

Análisis Comparativo entre las ciénagas que integran el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela. Este análisis solo se realizó para la época seca se realizó por lo que durante el periodo de lluvias las ciénagas Larga y Manatí no evidenciaron una entrada significativa de agua permaneciendo secas.

La Figura 60 representa el análisis de similitud utilizando el método de Bray Curtis en ella se muestra la conformación de un grupo a una comparación del 65,1% integrado por las ciénagas Paraíso y Larga caracterizadas por valores intermedios de diversidad (Tabla 31) y equidad sumado a la prevalencia de la *Pseudanabaena musicola*; cabe señalar que la composición y estructura similar del fitoplancton se da por la interconexión de las ciénagas.

Las ciénagas La Luisa y Manatí fueron las más disimiles por su estado trófico, teniendo en cuenta que La Luisa presentó la menor diversidad del muestreo, abundancia de individuos tolerantes y el descenso en los niveles de equidad se puede considerar la de mayor grado de eutrofización contrario Manatí con el menor grado.

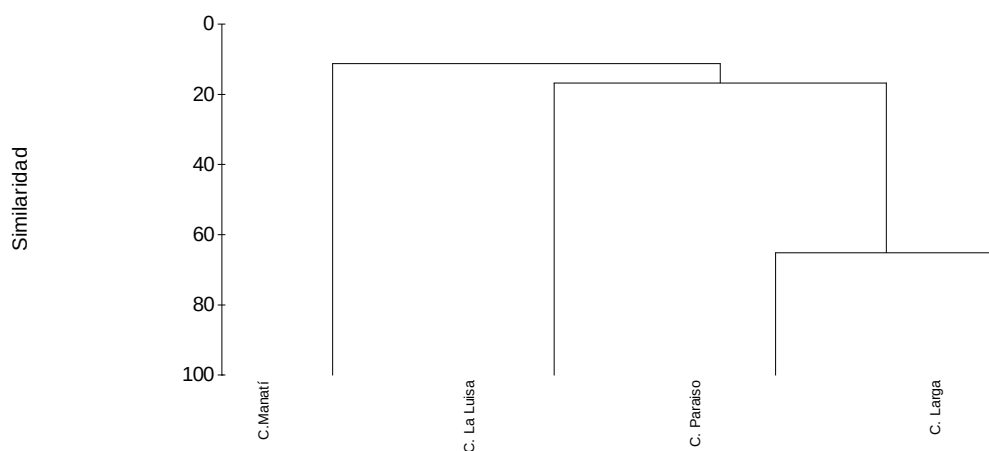


Figura 60. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela.

Tabla 31. Índices ecológicos de las ciénagas del complejo de cenagoso de Palmar de Varela. Equidad (J'), Shannon y Winner (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpsom (λ^{-1})

Ciénagas	Taxas	Ind/L	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	λ^{-1}
C. Paraíso	34	234461,0	0,60	2,10	0,91	0,16	0,83

Ciénagas	Taxas	Ind/L	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	$\lambda-1$
C.Manatí	37	86221,83	0,75	2,69	1,17	0,10	0,89
C. Larga	54	622671	0,642	2,56	1,11	0,12	0,878
C. La Luisa	93	565766,4342	0,33	1,49	0,64	0,49	0,50

Zooplankton. Considerando ambas épocas de muestreo (época seca y época de lluvia) en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela, la constitución del zooplankton se estructuró de la siguiente manera: un total de 64 morfoespecies distribuidas en 23 familias, 6 órdenes, 4 clases y 2 phylla (Tabla 32).

Tabla 32. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de zooplankton encontradas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela (Ciénagas de Paraíso, Larga, La Luisa y Manatí) en los periodos de ausencia y presencia de lluvias.

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Rotífera	Monogonta	Ploima	Brachionidae	Brachionus	<i>Brachionus angularis</i>
					<i>Brachionus bidentata</i>
					<i>Brachionus budapestinensis</i>
					<i>Brachionus calyciflorus</i>
					<i>Brachionus caudatus</i>
					<i>Brachionus falcatus falcatus</i>
					<i>Brachionus havanaensis</i>
					<i>Brachionus plicatilis</i>
					<i>Brachionus quadridentatus</i>
					<i>Brachionus urceolaris</i>
					<i>Brachionus variabilis</i>
				Keratella	<i>Keratella americana</i>
					<i>Keratella cochlearis</i>
					<i>Keratella lenzi</i>
					<i>Keratella tropica</i>
			Euchlanidae	Beauchampiella	<i>Beauchampiella eudactylota</i>
				Euchlanis	<i>Euchlanis dilatata</i>
					<i>Euchlanis sp</i>
			Lepadellidae	Lepadella	<i>Lepadella patella</i>
					<i>Lepadella sp</i>
			Mytilinidae	Mytilina	<i>Mytilina bisulcata</i>

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Proalidae		<i>Mytilina</i> sp
				Proales	<i>Proales</i> sp
				Proalinopsis	<i>Proalinopsis</i> sp
			Synchaetidae	Polyarthra	<i>Polyarthra dolichoptera</i>
					<i>Polyarthra vulgaris</i>
			Epiphanidae	Epiphanes	<i>Polyarthra remata</i>
					<i>Epiphanes</i> sp
			Asplanchnidae	Asplanchna	<i>Asplanchna silvestri</i>
					<i>Asplanchna</i> sp
				Asplanchnopus	<i>Asplanchnopus</i> sp
			Gastropodidae	Gastropus	<i>Gastropus</i> sp
			Trichotriidae	Trichotria	<i>Trichotria</i> sp
			Trichocercidae	Trichocerca	<i>Trichocerca</i> sp
			Lecanidae	Lecane	<i>Lecane papuana</i>
					<i>Lecane luna</i>
					<i>Lecane lunaris</i>
					<i>Lecane bulla</i>
					<i>Lecane hamata</i>
					<i>Lecane hastata</i>
					<i>Lecane stichaea</i>
					<i>Lecane cornuta</i>
					<i>Lecane leontina</i>
					<i>Lecane quadridentata</i>
					<i>Lecane</i> sp
			Notommatidae	Cephalodella	<i>Cephalodella</i> sp
			Filinidae	Filinia	<i>Filinia terminalis</i>
					<i>Filinia longiseta</i>
					<i>Filinia opoliensis</i>
			Testudinellidae	Pompholix	<i>Pompholix</i> sp
				Testudinella	<i>Testudinella patina patina</i>
			Moinidae	Moina	<i>Moina micrura</i>
			Chydoridae	Alona	<i>Alona</i> sp
				Chydorus	<i>Chydorus</i> sp
Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Macrotrichidae	Macrothrix	<i>Macrothrix</i> sp
			Sididae	Diaphanosoma	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>
					<i>Diaphanosoma</i> sp
			Daphniidae	Ceriodaphnia	<i>Ceriodaphnia cornuta</i> cf <i>rigaudi</i>

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
					<i>Ceriodaphnia reticulata</i>
					<i>Ceriodaphnia sp</i>
	Calanoida	Diaptomidae	Notodiaptomus		<i>Notodiaptomus maracaibensis</i>
Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	Mesocyclops		<i>Mesocyclops brasiliensis</i>
		-----	-----		Nauplio indeterminado
Ostracoda	Metacopina	-----	-----		Ostrácodo indeterminado

En la Ciénaga La Luisa se registró una abundancia de 6583.21 Ind/L de los cuales 3856.41 Ind/L corresponden al periodo seco y 2726,80 Individuos/Litro se registraron en época de lluvias. La clase Monogononta (Phylum Rotífera) es quien domina la riqueza en los dos periodos de muestreo por encima del 70% (75.56% para la época seca y 76.32% para el periodo con lluvias) agrupando un total de 34 morfoespecies en ambos periodos de muestreo, mientras que los Artrópodos (Cladóceros, Copépodos y Ostrácodos) contribuyen a la riqueza con 11 taxas y una abundancia total de 1092.49 Individuos/Litro, representados en su mayoría por copépodos en estado nauplio.

En el muestreo realizado en el periodo de sequía, los puntos de muestreo P5, Sistema de Bombeo Aguas Arriba (P12) y Sistema de Bombeo Aguas Abajo (P13) se reportaron secos. En este periodo la abundancia para el zooplancton fue de 3856.41 Ind/L, siendo los rotíferos los que aportaron los mayores valores en riqueza con un porcentaje del 73.91% en su mayoría representados por las familias Brachionidae y Lecanidae, y para la abundancia se registraron 2013.56 Ind/L, donde *Brachionus calyciflorus* domina con más de 50% de los individuos registrados (1163.74 Ind/L) (Tabla 33).

Tabla 33. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga La Luisa durante la época de sequía.

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)												
	12 de junio de 2014												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
<i>Brachionus angularis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	6,68	4,74	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Brachionus bidentata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Brachionus budapestinensis</i>	0,00	1,08	0,00	0,00	Seco	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Brachionus calyciflorus</i>	22,54	57,24	9,90	0,00	Seco	146,96	0,00	3,56	20,16	60,18	843,20	Seco	Seco
<i>Brachionus caudatus</i>	6,44	2,70	1,10	0,00	Seco	3,34	7,90	65,86	87,36	77,88	40,80	Seco	Seco
<i>Brachionus falcatus falcatus</i>	3,22	8,64	0,00	0,00	Seco	26,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Brachionus havanaensis</i>	12,88	9,72	3,30	0,00	Seco	6,68	6,32	10,68	13,44	95,58	88,40	Seco	Seco

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)												
	12 de junio de 2014												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
<i>Brachionus plicatilis</i>	0,00	0,54	0,00	0,00	Seco	3,34	1,58	0,00	0,00	15,93	13,60	Seco	Seco
<i>Brachionus variabilis</i>	3,22	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Keratella americana</i>	0,00	3,24	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Keratella cochlearis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Keratella lenzi</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	3,56	0,00	14,16	0,00	Seco	Seco
<i>Keratella tropica</i>	3,22	9,72	4,40	0,00	Seco	23,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Euchlanis dilatata</i>	0,00	0,00	0,00	1,06	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Euchlanis sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	1,58	0,00	0,00	0,00	6,80	Seco	Seco
<i>Lepadella sp</i>	3,22	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	3,16	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Proales sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Polyarthra vulgaris</i>	6,44	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Polyarthra remata</i>	6,44	1,08	2,20	0,00	Seco	0,00	0,00	3,56	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Epiphanes sp</i>	9,66	20,52	9,90	2,12	Seco	56,78	0,00	1,78	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Asplanchna sp</i>	0,00	0,00	0,00	1,06	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Asplanchnopus sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Gastropus sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Trichotria sp</i>	0,00	0,00	0,00	1,06	Seco	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Trichocerca sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	10,62	13,60	Seco	Seco
<i>Lecane bulla</i>	0,00	0,00	8,80	5,30	Seco	6,68	3,16	1,78	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Lecane leontina</i>	0,00	0,00	3,30	1,06	Seco	6,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Lecane luna</i>	0,00	0,54	0,00	0,00	Seco	0,00	4,74	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Lecane lunaris</i>	0,00	0,00	26,40	1,06	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Filinia terminalis</i>	12,88	11,88	0,00	0,00	Seco	20,04	42,66	8,90	30,24	132,75	0,00	Seco	Seco
<i>Filinia longiseta</i>	22,54	11,88	6,60	0,00	Seco	3,34	12,64	7,12	0,00	14,16	0,00	Seco	Seco
<i>Filinia opoliensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Hexarthra sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Testudinella patina patina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Moina micrura</i>	57,96	7,02	0,00	5,30	Seco	30,06	50,56	17,80	107,52	102,66	13,60	Seco	Seco
<i>Chydorus sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	15,93	6,80	Seco	Seco
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	74,06	8,10	3,30	1,06	Seco	50,10	12,64	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Diaphanosoma sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	11,06	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Ceriodaphnia comuta cf rigaudi</i>	41,86	1,62	2,20	0,00	Seco	13,36	48,98	7,12	0,00	17,70	0,00	Seco	Seco
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	0,00	5,94	3,30	6,36	Seco	43,42	0,00	3,56	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Ceriodaphnia sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	8,90	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)												
	12 de junio de 2014												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
<i>Macrothrix</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Notodiaptomus maracaibensis</i>	9,66	5,40	0,00	1,06	Seco	26,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	Seco
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	9,66	8,64	9,90	0,00	Seco	126,92	30,02	21,36	73,92	76,11	74,80	Seco	Seco
Nauplio indeterminado	38,64	25,92	37,40	2,12	Seco	50,10	67,94	35,60	20,16	102,66	190,40	Seco	Seco
Ostrácodo indeterminado	12,88	0,00	9,90	1,06	Seco	20,04	7,90	8,90	60,48	14,16	13,60	Seco	Seco
TOTAL (Ind/L)	357,42	201,42	141,90	29,68	Seco	684,70	317,58	210,04	413,28	750,48	1305,60	Seco	Seco

Durante el periodo de lluvias, las estructuras hidráulicas permanecieron sin funcionar debido a que el nivel del Río Magdalena no había alcanzado su cota máxima y a que las compuertas (Paraíso y Caño Tigre) por las cuales el río vierte el exceso de agua a las ciénagas de Palmar de Varela no se encontraban en funcionamiento, con excepción del sistema de bombeo del Municipio de Palmar de Varela, ubicado en la Ciénaga La Luisa.

En los puntos de muestreo Sistema de Bombeo Aguas Arriba (P12) y Sistema de Bombeo Aguas Abajo (P13), se registró para toda la ciénaga (incluyendo a los puntos P12 y a P13) una abundancia de 2726.80 Ind/L, con contribuciones en su mayoría de la clase Monogononta (Phylum Rotífera) registrando una riqueza del 76.32% (29 morfoespecies) donde la mayoría del aporte lo hacen las familias Brachionidae y Lecanidae, destacándose *Brachionus calyciflorus* con una densidad de 1137.74 Ind/L (Tabla 34).

Tabla 34. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga La Luisa en el periodo lluvioso.

Morfoespecie	Total (Individuos/Litro)												
	2014-10-30					2014-10-29					2014-11-05		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
<i>Brachionus angularis</i>	0,00	2,92	0,00	67,98	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,32
<i>Brachionus bidentata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Brachionus budapestinensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,48
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	45,22	264,48	68,16	135,88	624,00	0,00	0,00
<i>Brachionus caudatus</i>	0,93	0,00	0,00	107,12	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	55,68
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,00	0,00	0,00	4,12	Seco	0,00	0,00	2,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Brachionus patulus</i>	0,00	1,46	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Brachionus plicatilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	5,32	2,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Brachionus variabilis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,96

Morfoespecie	Total (Individuos/Litro)												
	2014-10-30					2014-10-29					2014-11-05		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
<i>Beauchampiella eudactylota</i>	0,93	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,12	3,48
<i>Lepadella patella</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	2,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepadella sp</i>	0,93	2,92	0,00	0,00	Seco	2,07	0,00	1,16	0,00	0,00	0,00	6,08	0,00
<i>Cephalodella sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Mytilina bisulcata</i>	0,93	2,92	1,20	0,00	Seco	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00
<i>Proales sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	2,66	0,00	0,00	0,00	0,00	3,04	0,00
<i>Proalínopsis sp</i>	4,65	4,38	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Polyarthra vulgaris</i>	0,00	4,38	0,00	4,12	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Asplanchna sp</i>	6,51	2,92	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,64	17,40
<i>Lecane papuana</i>	0,93	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lecane luna</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	2,66	0,00	0,00	0,00	0,00	3,04	3,48
<i>Lecane bulla</i>	10,23	13,14	2,41	0,00	Seco	0,69	10,64	4,64	0,95	1,58	0,00	7,60	17,40
<i>Lecane hastata</i>	0,00	0,00	3,61	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lecane stichaea</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,08	3,48
<i>Lecane cornuta</i>	19,53	0,00	1,20	2,06	Seco	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lecane leontina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00
<i>Filinia terminalis</i>	0,00	5,84	1,20	109,18	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	145,36	13,00	0,00	0,00
<i>Filinia longiseta</i>	0,00	8,76	0,00	98,88	Seco	0,00	2,66	122,96	16,09	60,04	70,20	0,00	0,00
<i>Pompholyx sp</i>	0,00	0,00	0,00	12,36	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Testudinella patina patina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,52	0,00
<i>Moina micrura</i>	2,79	0,00	0,00	14,42	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,48
<i>Alona sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,60	0,00
<i>Macrothrix sp</i>	0,00	0,00	1,20	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56	3,48
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0,00	1,46	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceriodaphnia cornuta cf rigaudi</i>	0,00	27,74	0,00	47,38	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	0,93	2,92	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	0,93	4,38	2,41	18,54	Seco	0,69	5,32	2,32	2,84	18,96	0,00	9,12	10,44
Nauplio indeterminado	21,39	40,88	12,04	67,98	Seco	2,77	5,32	11,60	7,57	1,58	15,60	6,08	10,44
Ostrácodo indeterminado	0,93	1,46	0,00	6,18	Seco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,48
TOTAL (Ind/L)	72,54	128,48	25,28	560,32	Seco	11,07	82,46	411,80	95,61	363,40	722,80	79,04	174,00

Con relación a la riqueza y abundancia de morfoespecies halladas en la Ciénaga La Luisa, los Rotíferos (Clase Monogonta) son el grupo más diverso entre en los puntos de muestreo, observándose que este grupo es dominante en la ciénaga y en cada punto de muestreo, con excepción de P3 donde

la clase Branchiopoda sobresale en términos de riqueza, pero la abundancia los máximos aportes los hace la clase Maxillopoda. Tanto los Cladóceros (Clase Branchiopoda), Copépodos (Clase Maxillopoda) y Ostrácodos (Clase Ostrácoda) son grupos en los cuales su representatividad es menor a la que registran los Rotíferos tanto en riqueza como en densidad. Cabe destacar que de estos tres grupos del Phylum Arthropoda son los Maxillopodos quienes aportan el mayor porcentaje de densidad en la Ciénaga La Luisa en la época de lluviosa, no obstante en la época seca los Cladóceros (Clase Branchiopoda) hacen el mayor aporte con 935.00 Ind/L.

En general todos los puntos de muestreos tuvieron un patrón marcado en ambos periodos de muestreo debido que en casi todos predominó la Clase Monogononta sobre los demás grupos del zooplancton, específicamente por el aporte significativo en densidad de *Brachionus calyciflorus* y *Filinia terminalis*, con excepción de algunos puntos de muestreo donde predominó la Clase Branchiopoda en términos de riqueza en el punto P3 (Periodo de lluvias) y de las contribuciones de *Moina micrura* a la abundancia zooplantónica en los puntos P1 y P2 durante el periodo de ausencia de lluvias registrando altas densidades coincidiendo con el contexto ambiental particular del sector en el tiempo de muestreo, entre los cuales se encuentran, ser puntos cercanos al sistema de bombeo de aguas servidas del municipio de Palmar de Varela, la presencia de Hidrófitas en el punto P3 en la época de presencia de lluvias, y en P1 la tonalidad verde oscura y la turbiedad del agua generaron un ambiente propicio para el desarrollo de esta especie lo cual explica el predominio de estos cladóceros sobre los demás grupos de la comunidad zooplantónica en estos puntos específicos; también permite deducir que es un cuerpo de agua con características eutróficas dado que *Moina micrura* es un organismo planctónico de aguas poco mineralizadas y cálidas y por su sensibilidad a la luz se desarrolla en ambientes turbios, ya sea por arcilla o por eutrofia (Gauthier, 1954, en Alonso, 1996), además las especies de la clase Branchiopoda que son de mayor tamaño pueden verse favorecidas cuando hay hidrófitas, dado que encuentran refugio entre sus estructuras, además, la composición se diversifica en lo que se refiere a aquellas especies litorales que se alimentan del perifiton (algas bentónicas) (Burgos, 2010).

Por su parte la abundancia aportada por *Mesocyclops brasiliensis* (Clase Maxillopoda) corrobora lo manifestado, porque esta especie que puede asumir el papel ecológico de varias especies del zooplancton y como cita Margalef (1983), una especie de copépodo, a medida que va desarrollándose y sobretodo en estadios larvarios (nauplio) actúan como microfiltradores pasivos, siendo su alimentación en el contexto de los sistemas acuáticos continentales similar a la de rotíferos y pequeños cladóceros, las especies de copépodos son pequeñas en este sistema abundando el estado de nauplio, y por lo tanto también es un organismo que permite inferir que la Ciénaga La Luisa presenta condiciones de eutrofización debido al superioridad tanto en riqueza como en la abundancia de organismos microfiltradores (*Brachionus calyciflorus*, *Filinia terminalis*, *Moina micrura*, *Mesocyclops brasiliensis*, sobretodo en estado de nauplio, entre otros organismos), pues, una densidad de estas

características generalmente indica un desequilibrio en los niveles tróficos, propios de estos sistemas (Figura 61).

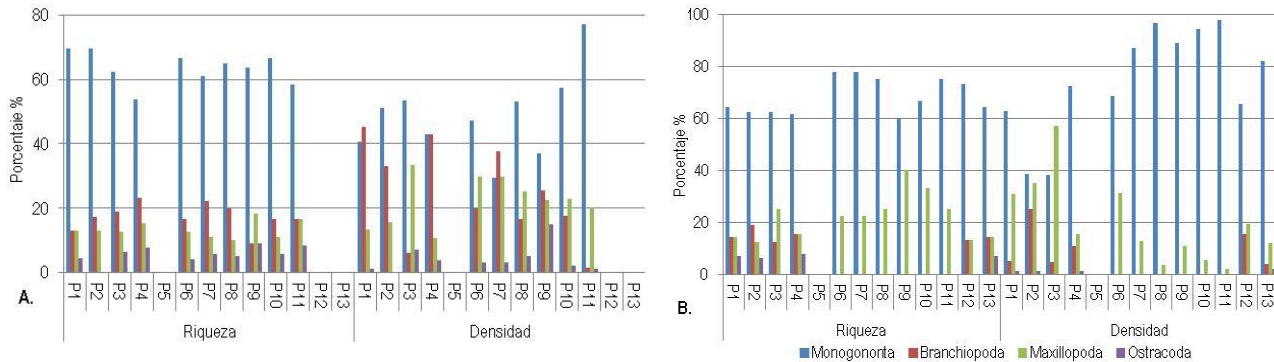


Figura 61. Riqueza y densidad relativa de los grupos zooplancónicos encontrados en la Ciénaga La Luisa durante los periodos de ausencia de lluvias (A.) y presencia de lluvias (B.).

El dendrograma de similitud procedente del índice Bray-Curtis muestra la formación de dos grupos tanto para la época de sequía como para el periodo de presencia de lluvias, el primero está conformado por los puntos de muestreos P7, P8, P9, P10 Y P11 de la Ciénaga La Luisa mostrando una semejanza en lo que concierne a la abundancia y riqueza específica a un nivel del 50% de sensibilidad evidenciándose este comportamiento para ambos periodos de muestreo lo cual puede explicarse porque geográficamente se encuentran cercanos entre sí (Sector sur de la ciénaga) existiendo una evidente conectividad entre estos puntos de muestreo (Figura 62). A este misma medida de comparación se nota que los puntos de monitoreo P1 y P2 forman un segundo clúster en la época de ausencia de lluvias pero que perdura hasta el periodo lluvioso, gracias a que en estos puntos de muestreo se encuentran atributos compartidos como lo son las abundancias aportadas por cuatro morfoespecies (*Brachionus calyciflorus*, *Filinia terminalis*, *Moina micrura* y *Mesocyclops braslianus*) y por registrar 19 morfoespecies comunes para ambos sitios en el periodo de sequía y 6 morfoespecies en el periodo lluviosos, cabe resaltar que P6 presenta características similares a estos puntos mostrando una afinidad por encima del 55%. En el periodo de sequía no se tomaron muestras en los puntos P12 y P13 (Sistema de bombeo de Palmar de Varela), pero en el monitoreo correspondiente a la época de lluvias si se tomaron registros, formando en el dendrograma un racimo con los puntos P1 y P2 a un nivel de sensibilidad del 40%, mostrando similitud tanto en la riqueza como en la abundancia de algunos organismos.

En relación a la diversidad, las zonas más disimiles fueron los puntos de muestreo P3 y P4 en el monitoreo realizado para la época de ausencia de lluvias, lo que puede atribuirse a que son los puntos de monitoreo que están más al norte muy cerca al punto de interconectividad con la Ciénaga de Santo Tomás, quedando distantes de las descargas que hace el sistema de bombeo de aguas servidas en P13 y P12.

Dado que los atributos analizados en ellos manifiestan de modo general se puede decir que al parecer la ciénaga se porta como un conjunto de pequeños sistemas que a medida que avanza la fuerte sequía, que incluso domino en el tiempo de lluvias, tienden a separarse y a prácticamente no existir conectividad entre todos los puntos de este sistema. Otro factor que favoreció este comportamiento fue que las estructuras que permiten la entrada de agua desde el río hasta el complejo de ciénagas no están funcionando y por lo tanto el sistema de estructuras hidráulicas que interconectan el conjunto de ciénagas no fluyan agua por entre ellos impidiendo la entrada natural y el desarrollo de los ciclos hídricos naturales de la ciénaga y el complejo en general, sobre todo para el periodo lluvioso.

Estas diferencias que se exponen en el dendrograma corresponden también a factores como la presencia de macrófitas en puntos de la ciénaga que no permiten la navegabilidad y la recirculación hídrica, también la fuerte sequía que se presentó en ausencia de lluvias se extendió hasta la época de lluvias y también fue un factor que permitió crear en la ciénaga dos subsistemas con altos niveles de independencia de acuerdo al grado de conectividad entre sus zonas de monitoreo cercanas entre sí.

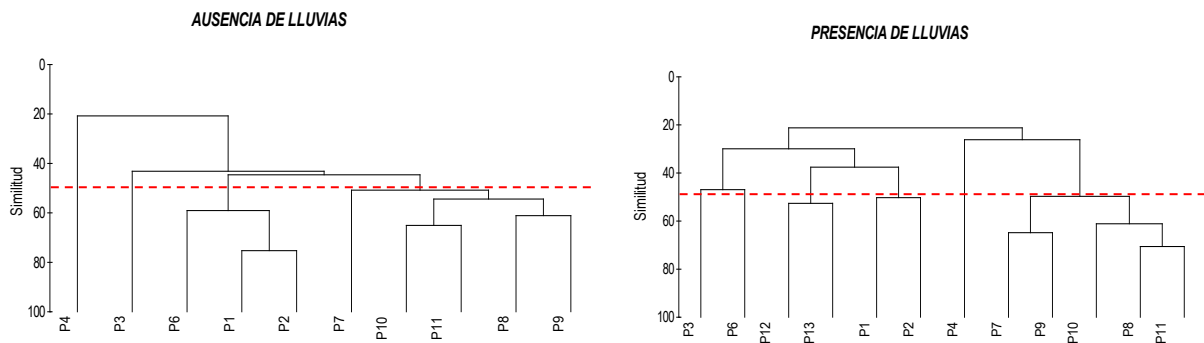


Figura 62. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray Curtis para el zooplancton las épocas de ausencia de lluvias y presencia de lluvias en la Ciénaga La Luisa en 2014.

En el periodo de ausencia de lluvias, los índices ecológicos que describen al zooplancton en la Ciénaga La Luisa registran un ensamblaje que presentó un valor promedio de diversidad Shannon-Wiener de $(H' \log_e) = 2.164$, sin embargo, con un nivel riqueza medio, muestra una equidad comprendida entre valores medios y altos entre las abundancias relativas de las especies con $J = 0.53$

– 0.89 (Tabla 35). Esto denota una menor competencia interespecífica entre los componentes y mayor disponibilidad de recursos variados para el desarrollo equitativo de diversas formas zooplanctónicas, manifestándose en un mayor equilibrio ecológico pues son múltiples las vías para el desplazamiento de energía. Hay que tener en cuenta que *Brachionus calyciflorus* contribuye con 1163.74 Ind/L, más de 50% de la abundancia. En el periodo de lluvias los índices ecológicos muestran un acople presentando un valor promedio en la diversidad Shannon – Winner ($H' \log_e$)= 1.64, siendo un valor bajo, sustentado en los bajos valores de riqueza, sin embargo la equidad se muestra con valores relativamente altos por encima de 0.60 bits, con excepción del punto P8 presentando un nivel de equidad bajo ($J' = 0.43$), indicando que las entidades no son igualmente abundantes porque *Brachionus angularis* aporta más de la mitad de la densidad (264.48 Ind/L), ajustándose a los valores de dominancia.

Tabla 35. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga La Luisa para los periodos de ausencia y presencia de lluvias.

Monitoreo		Taxas	Densidad (Ind/L)	J'	H' (loge)	H' (log10)	λ	1-λ
Periodo	Punto							
Ausencia de lluvias	P1	23,00	652,61	0,68	2,14	0,93	0,15	0,85
	P2	23,00	811,11	0,62	1,94	0,84	0,20	0,80
	P3	16,00	141,90	0,85	2,35	1,02	0,13	0,87
	P4	13,00	29,68	0,89	2,27	0,99	0,13	0,90
	P6	24,00	683,70	0,80	2,56	1,11	0,11	0,89
	P7	18,00	163,73	0,82	2,38	1,03	0,12	0,88
	P8	20,00	112,66	0,80	2,40	1,04	0,14	0,87
	P9	11,00	210,27	0,80	1,91	0,83	0,17	0,83
	P10	18,00	390,70	0,82	2,38	1,03	0,11	0,89
	P11	12,00	660,05	0,53	1,31	0,57	0,44	0,56
Presencia de lluvias	P1	14,00	72,54	0,74	1,95	0,85	0,19	0,81
	P2	16,00	128,48	0,79	2,18	0,95	0,17	0,83
	P3	8,00	25,27	0,80	1,66	0,72	0,27	0,73
	P4	13,00	560,32	0,82	2,10	0,91	0,14	0,86
	P6	9,00	11,05	0,92	2,01	0,87	0,16	0,84
	P7	9,00	82,46	0,71	1,57	0,68	0,33	0,67
	P8	8,00	411,80	0,43	0,90	0,39	0,50	0,50
	P9	5,00	95,61	0,55	0,89	0,39	0,54	0,46
	P10	6,00	363,40	0,69	1,23	0,54	0,33	0,67
	P11	4,00	722,80	0,37	0,51	0,22	0,76	0,24
	P12	15,00	79,04	0,93	2,53	1,10	0,09	0,91

Monitoreo Periodo	Punto	Taxas	Densidad (Ind/L)	J'	H' (loge)	H' (log10)	λ	1- λ
	P13	14,00	174,00	0,81	2,15	0,93	0,17	0,83

En el caso de la Ciénaga Paraíso se registró un total de 5752.35 Individuos/Litro, de los cuales 788.94 Individuos/Litro son el promedio resultante de los datos consignados desde el segundo día de muestreo hasta el quinto día en P5 durante el periodo de sequía, siendo este un nuevo punto para el monitoreo. Esta situación se originó a partir del segundo día de monitoreo a causa de encontrar los puntos establecidos para el monitoreo estuvieran sin agua debido a la extrema sequía que se vivió en ese momento marcada aún más con el fenómeno climático que predominaba en la región. No obstante, la densidad total sin la suma del promedio es igual a 4963.41 Individuos/Litro. Es de resaltar que el P5 es un punto que se ubica en coordenadas diferentes a las de los otros puntos de monitoreo resultando una muestra representativa para todo el sistema debido que a tan pequeño tamaño del espejo de agua era suficiente una muestra para todo el sistema en ese momento.

Durante el periodo de lluvias la Ciénaga Paraíso solo contaba con charcos de agua aislados en los que P5 se reportó como seco y en los demás puntos se encontró agua estancada producto de las lluvias que cayeron durante el tiempo de muestreo, debido que las compuertas que regulan la entrada y salida de agua desde el Río Magdalena al Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela y viceversa no están funcionando, impidiendo que el ciclo hidrológico no se realizara con normalidad.

Al confrontar las densidades de ambos periodos de muestreo se nota una diferencia amplia entre los valores registrados para el zooplancton, comportamiento resultante como consecuencia de la disminución del espejo de agua de la Ciénaga Paraíso a causa de varios factores como la extensa sequía que se vivió en el tiempo de muestreo perdurando hasta la época de lluvias provocando que el índice de pluviosidad bajara, además el deterioro de las estructuras hidráulicas cercanas a este espejo de agua impiden que estén abiertas y permitan el paso del agua proveniente del Río Magdalena hacia el complejo cenagoso (Tabla 36).

Tabla 36. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga Paraíso, en las épocas de ausencia y presencias de lluvias.

Morfoespecie	Total (Individuos/Litro)									
	Ausencia de lluvias					Presencia de lluvias				
	P1	P2	P3	P4	*P5	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Brachionus angularis</i>	19,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Brachionus caudatus</i>	336,00	929,87	305,00	140,22	0,00	0,00	39,10	0,00	0,00	Seco

Morfoespecie	Total (Individuos/Litro)									
	Ausencia de lluvias					Presencia de lluvias				
	P1	P2	P3	P4	*P5	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Brachionus plicatilis</i>	8,40	178,93	21,35	17,90	391,97	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Brachionus quadridentatus</i>	0,00	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Brachionus urceolaris</i>	0,00	0,00	0,00	5,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Keratella tropica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	101,20	0,00	0,00	Seco
<i>Polyarthra vulgaris</i>	5,60	2,93	0,00	23,87	0,00	0,00	0,00	0,00	12,50	Seco
<i>Polyarthra remata</i>	0,00	49,87	18,30	8,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Epiphanes</i> sp	0,00	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Trichocerca</i> sp	5,60	29,33	0,00	5,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Lecane bulla</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	2,30	0,00	0,00	Seco
<i>Lecane hastata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,60	0,00	0,00	Seco
<i>Lecane leontina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	0,00	0,00	Seco
<i>Lecane luna</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	0,00	0,00	Seco
<i>Lecane lunaris</i>	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Cephalodella</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Filinia terminalis</i>	36,40	187,73	88,45	113,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Filinia longiseta</i>	0,00	32,27	0,00	20,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Testudinella patina patina</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,10	37,50	0,00	Seco
<i>Alona</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,90	0,00	0,00	Seco
<i>Moina micrura</i>	0,00	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Ceriodaphnia cornuta cf rigaudi</i>	0,00	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	11,20	58,67	137,25	59,67	83,47	0,00	34,50	0,00	0,00	Seco
Nauplio indeterminado	308,00	709,87	320,25	244,63	312,67	0,00	115,00	12,50	12,50	Seco
Ostrácodo indeterminado	33,60	14,67	18,30	23,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seco
Total (Ind/L)	767,20	2194,13	908,90	677,22	788,94	16,67	324,30	50,00	25,00	Seco

*Corresponde a valores promediados de cuatro días.

De acuerdo al análisis de la contribución a la riqueza, se observa que tanto para el periodo de sequía como en la época de lluvias la Clase Monogononta es el grupo dominante con una representatividad, la cual oscila entre el 50% y el 100% entre los puntos de monitoreo, seguidos por los Copépodos Cyclopoides (Maxillopoda). En el tiempo de sequía los ostrácodos contribuyen a la riqueza y a la abundancia de la comunidad zooplanctónica y las especies y morfoespecies de la clase Branchiopoda solo aparecieron en P4, mientras en el periodo de lluvias solo aparece en P2 la especie *Alona* sp (Clase Branchiopoda) en cambio que los ostrácodos no hacen aportes a la comunidad zooplanctónica.

En la época de sequía la densidad del zooplancton está marcada por la dominancia de pocas especies y morfoespecies como *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus plicatilis* y *Filinia terminalis*. En el periodo lluvioso los mayores registros de la abundancia se presentaron en P2 en donde las máximas contribuciones las hacen *Keratella tropica*; por su parte *Mesocyclops brasiliensis* hace aportes significativos para la abundancia tanto en el periodo de sequía como en la época de lluvias siendo su contribución superior al de las morfoespecies mencionadas anteriormente con 2035.42 Ind/L. El aporte significativo de estas especies y morfoespecies en el sistema y sobretodo la presencia abundante de *Mesocyclops brasiliensis* los cuales se ven favorecidos por las condiciones hidrobiológicas de este sector, en donde la escasa profundidad, la elevada tasa de nutrientes y la turbiedad condicionan un ambiente propicio para su desarrollo, lo cual permite presumir que este cuerpo de agua se encuentra bajo condiciones eutróficas gracias a que estos organismos son típicos de ambientes perturbados desde el punto de vista trófico, es decir que son organismos que por su pequeño tamaño se ven favorecidos ante la alta densidad fitoplanctónica y como bien define Margalef (1983) ante un nivel trófico elevado, la densidad fitoplanctónica aumenta y está constituida principalmente por especies de pequeño tamaño, lo que se traduce a la vez en una comunidad de zooplancton en la que predominan pequeñas tallas con hábito microfiltrador, como lo son las especies y morfoespecies registradas (Figura 63).

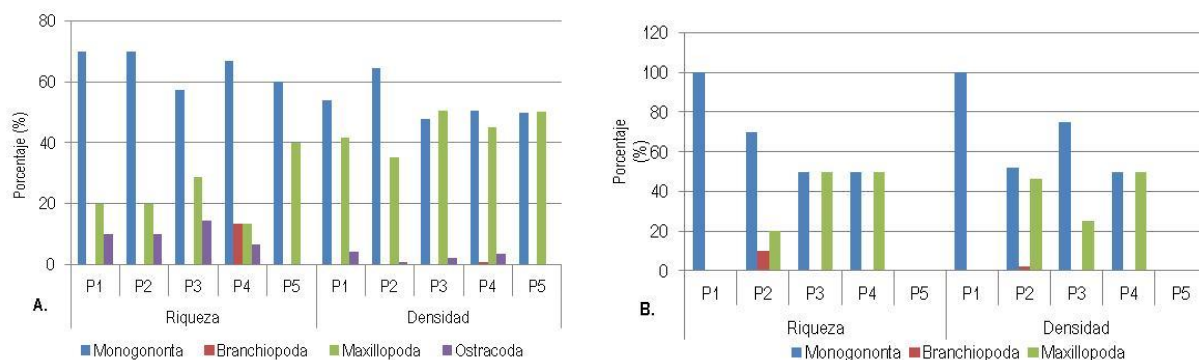


Figura 63. Riqueza y densidad relativa de los grupos zooplanctónicos encontrados en la Ciénaga Paraíso durante los periodos: A) Ausencia de lluvias, y B) presencia de lluvias.

Para la comparación de la composición y las abundancias en los periodos de ausencia de lluvias y presencia de lluvias a través del análisis de similitud de Bray-Curtis se tuvieron en cuenta los cuatro puntos monitoreados el primer día de campo con el día muestreado en el fase de lluvias, de esta manera los dendrogramas corroboran lo manifestado anteriormente explicando que en el tiempo de sequía (Ausencia de lluvias) la ciénaga se comporta como un sistema uniforme con pocas variaciones entre las composiciones y abundancias de los organismos que integran el zooplancton, gracias a que

esta es una ciénaga de magnitudes pequeñas. No obstante, el dendrograma explica que a medida que avanza el tiempo las diferencias entre los puntos monitoreados estos difieren entre sí a un 50% de sensibilidad. Estas diferencias se fundamentan en las respuestas que esta comunidad puede tener frente a condiciones ambientales particulares, indicando en este caso que cada sector difiere del otro en la calidad del agua y los tensores que las afectan. Las diferencias se acentúan en estos sistemas debido a la extrema sequía y la interrupción del flujo normal, creando charcas aisladas de condiciones disímiles incluyendo aspectos físicos como extensión y profundidad, además de los cambios más sustanciales como la interrupción del flujo interno de la ciénaga, condicionando a que cada punto de muestreo tenga aguas de bajo recambio y estancadas comportándose como sistemas lenticos independientes como muestra el dendrograma de la Figura 64.

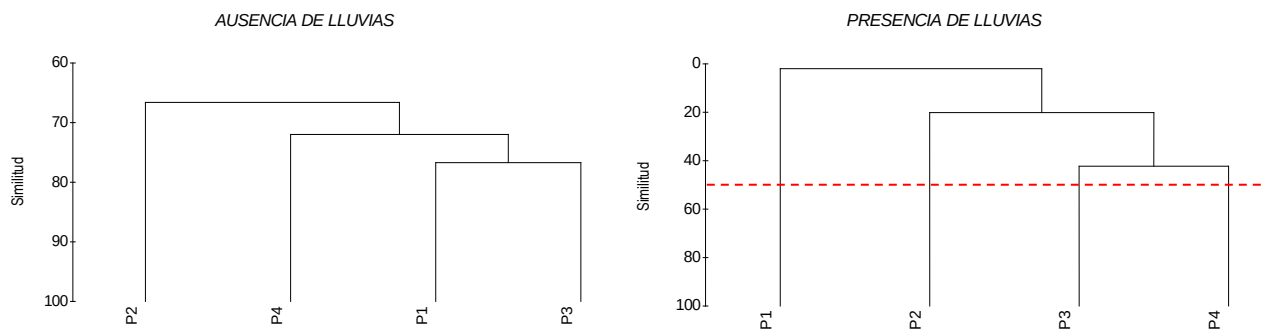


Figura 64. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray Curtis para las épocas de ausencia de lluvias y presencia de lluvias en la Ciénaga Paraíso.

La estructura general del zooplancton vista a través de los índices ecológicos (Tabla 37) para el periodo seco, presenta un acople de poca riqueza y valores bajos de diversidad $H'(\log_e)$, con diferencias espaciales en la estructura, gracias a las variaciones de los valores de los índices en cada estación, lo que constituye cierta evidencia de las diferencias espaciales en la calidad del agua, que puede darse por vertidos, dirección del viento, hidrodinámica de la ciénaga, etc. La baja diversidad está relacionada con la escasa riqueza, así como con la distribución de las abundancias relativas ya que se estimaron valores relativamente bajos de dominancia ($\lambda = 0.21 - 0.42$), lo que parece ser una estructura propia de sistemas eutroficados. Este comportamiento se acentúa más en la época de lluvias presentándose un ensamblaje de poca riqueza y los valores aún más bajos de diversidad $H'(\log_e)$, viéndose reflejados en los valores de dominancia, y equidad, siendo evidente el detrimento en la dinámica de la comunidad zooplanctónica, producto de la intensa sequía y de la interrupción de la entrada procedente de Río Magdalena por deterioro de las estructuras hidráulicas en el espejo de agua.

Tabla 37. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga Paraíso para los periodos de ausencia y presencia de lluvias.

Monitoreo	Periodo	Punto	Taxas	Densidad (Ind/L)	J'	H' (loge)	H' (log10)	λ	1- λ
Ausencia de lluvias		P1	10,00	767,20	0,57	1,31	0,57	0,36	0,64
		P2	10,00	2194,14	0,65	1,49	0,65	0,30	0,70
		P3	7,00	908,90	0,77	1,49	0,65	0,27	0,73
		P4	15,00	677,22	0,70	1,88	0,82	0,21	0,79
		P5	5,00	788,94	0,60	0,96	0,42	0,42	0,59
Presencia de lluvias		P1	1,00	16,67	-	0,00	0,00	1,00	0,00
		P2	10,00	324,30	0,70	1,62	0,70	0,25	0,75
		P3	2,00	50,00	0,81	0,56	0,24	0,63	0,38
		P4	2,00	25,00	1,00	0,69	0,30	0,50	0,50

En el caso de las Ciénagas Manatí y Larga, solo se tienen registros de la época de sequía debido a que en el periodo de lluvias estos cuerpos de agua se encontraban secos. Puntualmente en la Ciénaga Manatí se registró un total de 32 especies y morfoespecies, y una abundancia promedio de 969.5 Ind/L, siendo una de las abundancias más bajas con respecto a las demás ciénagas que conforman el complejo cenagoso. P2 y P3 son los puntos de monitoreo donde se reportan los mayores registros de riqueza con 20 y 21 especies y morfoespecies respectivamente, al igual que las mayores abundancias con 404.19 Ind/L para P2 y 359.66 Ind/L para P3. Estos puntos de monitoreo siempre mantuvieron agua durante el periodo de muestreo realizado en la época de sequía, ya que presentaban profundidades de hasta 80 cm mientras que para P1 y P4 los registros corresponden al primer día de muestreo, dado que desde el segundo día de monitoreo estos se encontraban secos gracias a la poca profundidad que tenían, influenciado por la fuerte sequía y las altas temperaturas que se vivía en ese momento.

Los organismos más abundantes en este sistema son los Rotíferos de los géneros *Lecane* (*Lecane lunaris*) y *Brachionus* (*Brachionus plicatilis*, *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus caudatus*) (Tabla 38), siendo los representantes de este último género muy frecuentes en aguas eutrofizadas debido a su resistencia a los altos valores de pH (Roldán y Ramírez, 2008). También en situaciones de máximo confinamiento y en aguas muy eutróficas se pueden producir episodios de hipertrofia, debidos al exceso de acumulación de materia orgánica, con sobresaturación de oxígeno durante el día y anoxias nocturnas. Bajo estas condiciones se encuentran densas poblaciones de rotíferos del género *Brachionus* que toleran largos periodos de anoxia (Esparcia et al. 1989 en Quintana et al. 2004).

Tabla 38. Densidad (Individuos/Litro) del zooplankton registrado en la Ciénaga Manatí, en la época de ausencia de lluvias.

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)			
	P1	P2	P3	P4
<i>Brachionus angularis</i>	9,76	0,00	0,00	0,00
<i>Brachionus bidentata</i>	0,00	10,47	1,94	0,00
<i>Brachionus calyciflorus</i>	69,54	0,70	1,09	6,96
<i>Brachionus caudatus</i>	3,66	57,07	0,36	1,16
<i>Brachionus plicatilis</i>	17,08	106,40	179,72	11,60
<i>Brachionus variabilis</i>	0,00	24,88	1,26	0,00
<i>Lepadella patella</i>	0,00	0,00	1,45	2,32
<i>Mytilina</i> sp	0,00	2,03	0,00	0,00
<i>Polyarthra vulgaris</i>	2,44	0,00	0,00	0,00
<i>Epiphanes</i> sp	0,00	0,70	0,00	0,00
<i>Asplanchna silvestri</i>	0,00	1,48	0,33	0,00
<i>Trichocerca</i> sp	0,00	0,00	0,36	2,32
<i>Lecane papuana</i>	2,44	0,00	0,00	0,00
<i>Lecane luna</i>	4,88	0,00	1,34	0,00
<i>Lecane lunaris</i>	8,54	137,64	51,45	1,16
<i>Lecane bulla</i>	1,22	4,44	4,83	0,00
<i>Lecane hastata</i>	0,00	4,44	0,00	0,00
<i>Lecane cornuta</i>	0,00	3,44	0,00	0,00
<i>Lecane leontina</i>	0,00	2,96	0,00	0,00
<i>Lecane quadridentata</i>	0,00	0,70	0,00	0,00
<i>Euchlanis</i> sp	0,00	3,54	0,00	0,00
<i>Filinia terminalis</i>	18,30	0,00	1,02	3,48
<i>Filinia longiseta</i>	0,00	0,00	3,20	0,00
<i>Moina micrura</i>	3,66	0,00	4,51	0,00
<i>Chydorus</i> sp	0,00	0,35	14,65	2,32
<i>Macrothrix</i> sp	0,00	0,00	14,30	0,00
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0,00	1,48	0,00	0,00
<i>Diaphanosoma</i> sp	0,00	0,00	0,36	0,00
<i>Ceriodaphnia cornuta cf rigaudi</i>	0,00	0,00	1,98	0,00
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	0,00	16,99	12,75	0,00
Nauplio indeterminado	6,10	22,45	60,51	25,52
Ostrácodo indeterminado	1,22	2,03	2,25	0,00
TOTAL (Ind/L)	148,84	404,19	359,66	56,84

Haciendo referencia a la riqueza y abundancia de especies encontradas, se puede observar en la Figura 65 que el grupo de los Rotíferos fue es más diverso entre los puntos de muestreo, compartiendo mas del 60% del total de las especies encontradas en el sistema. Sin embargo en lo que concierne a las densidades se aprecia que en el punto P4 los Copépodos tienen un porcentaje similar al de los rotíferos, aunque la abundancia total de este punto sea bajo (56.84 Ind/L). En general el muestreo manifiesta un comportamiento constante expresando semejanzas en las proporciones hablando en términos de composición y densidad entre los puntos de muestreo, debido a que la ciénaga es un cuerpo de agua pequeño y los puntos de muestreo están cercanos entre sí; además la fuerte influencia del tiempo seco hace que el espejo de agua disminuya aún más en su extensión, perdurando solo dos estaciones en la primera fase de muestreo.

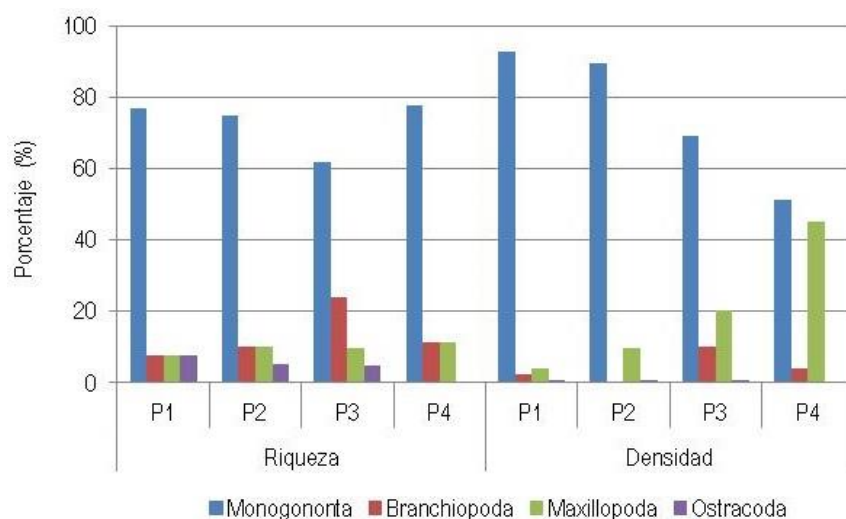


Figura 65. Riqueza y densidad relativa de los grupos zooplanktónicos encontrados en la Ciénaga Manatí durante el periodo de ausencia de lluvias.

El dendrograma de similitud de Bray-Curtis para la comparación de la composición y las abundancias en el periodo de ausencia de lluvias manifiesta por encima del 50% de afinidad se forma una agrupación entre los puntos P2 y P3 (Figura 66), lo cual se explica por cercanía de los puntos entre sí, y por las cantidades en riqueza y densidad anteriormente explicando, sin embargo si se baja el nivel de comparación al 40%, se forma otro conjunto entre P1 y P4, siendo estas zonas de monitoreo las que se contabilizaron bajos porcentajes en riqueza y en abundancia. En general la ciénaga presenta cierta similitud entre sus cuatro zonas de muestreo a un grado de sensibilidad del 30% al reportar las especies dominantes en el sistema en todos los puntos de muestreo como es el caso de

los rotíferos del genero *Brachionus*, organismos euríticos y propios de sistemas eutroficados (Burgos, 2010).

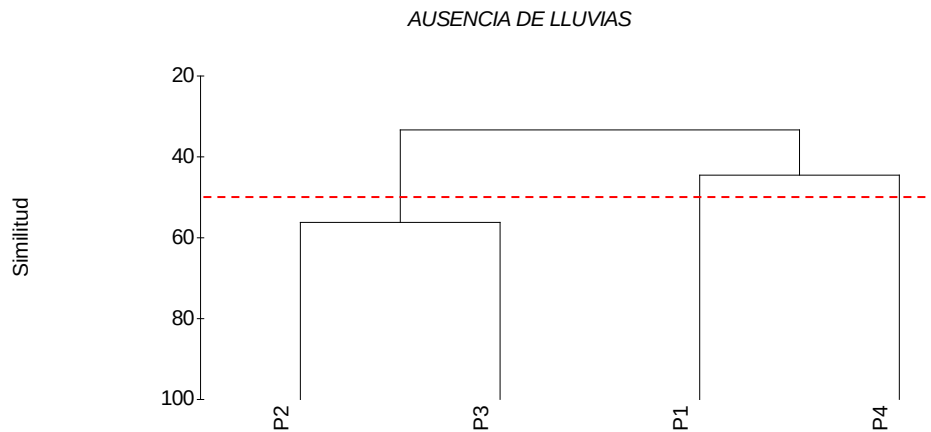


Figura 66. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray Curtis en la época de ausencia de lluvias en la Ciénaga Manatí.

La población zooplanctónica de la Ciénaga Manatí presentó un valor promedio de diversidad según el índice de Shannon-Wiener de H' ($\log_e$) = 1.77, el cual puede ser considerado como bajo. De manera general se aprecia que los valores de equidad oscilan entre 0.55 bits y 0.76 bits notándose poca diferencia entre estaciones lo cual indica que las condiciones e hidrodinámica de la ciénaga contribuyen de manera equitativa a la diversidad y riqueza de especies registradas. No obstante la diferencia en la abundancia de organismos de cada grupo en los puntos de muestreo P1 y P4, son producto no solo de las capacidades de tolerancia propia de cada especie para sobrevivir en ambientes perturbados, sino también de la influencia de factores físicos que modelaron la comunidad zooplanctónica como la poca profundidad y la sequía extrema (Tabla 39).

Tabla 39. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga Manatí durante el periodo de ausencia de lluvias.

Punto de muestreo	Taxas	Densidad (Ind/L)	J'	H' ($\log_e$)	H' ($\log_{10}$)	λ	$1-\lambda$
P1	13,00	148,84	0,72	1,84	0,80	0,26	0,74
P2	20,00	404,19	0,64	1,91	0,83	0,22	0,78
P3	21,00	359,66	0,55	1,67	0,72	0,30	0,70
P4	9,00	56,84	0,76	1,66	0,72	0,27	0,73

De otro lado en la Ciénaga Larga se reportaron 19 especies y morfoespecies en los tres puntos de muestreo con una abundancia promedio que supera los 1800 Ind/L, gracias a la contribución por encima de los 100 Ind/L de especies como *Brachionus angularis*, *Brachionus bidentata*, *Brachionus caudatus*, *Filinia terminalis*, *Mesocyclops brasiliensis* y los nauplios de copépodos, siendo estos últimos los más abundantes con 494.82 Ind/L. Los mayores registros de riqueza se obtuvieron en P1 con 15 morfoespecies, pero en el punto P3 se registró la mayor abundancia con 1677.60 Ind/L.

Esta ciénaga se caracterizó por la presencia dominante de la familia Brachionidae específicamente de *Brachionus angularis*, *Brachionus bidentata*, *Brachionus caudatus*, con densidades que superaron los 500 Ind/L en conjunto para estas especies, las cuales se desarrollan abundantemente en niveles tróficos altos por su alta tolerancia a fluctuaciones de diversos factores y perturbaciones ambientales (Burgos, 2010), de la misma forma para los copépodos son abundantes sobre todo los nauplios de copépodos cyclopoides se reportaron densidades similares; y por otra parte la presencia de *Filinia terminalis* con números representativos (383.90Ind/L) permite deducir que los niveles eutróficos de este sistema son elevados porque dominan las especies con hábitos microfiltradores típico de ambientes con altas perturbaciones en sus niveles tróficos que coinciden con los elevados valores de la biomasa fitoplanctónica (Tabla 40).

Tabla 40. Densidad (Individuos/Litro) del zooplancton registrado en la Ciénaga Larga, en la época de ausencia de lluvias.

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)		
	P1	P2	P3
<i>Brachionus angularis</i>	0,00	6,80	149,43
<i>Brachionus bidentata</i>	0,00	2,27	126,87
<i>Brachionus calyciflorus</i>	3,00	14,73	0,00
<i>Brachionus caudatus</i>	2,81	7,93	363,30
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,00	1,70	0,00
<i>Brachionus plicatilis</i>	1,64	4,81	0,00
<i>Brachionus urceolaris</i>	0,41	0,00	0,00
<i>Polyarthra vulgaris</i>	3,41	1,70	74,97
<i>Lecane bulla</i>	0,41	1,70	0,00
<i>Lecane lunaris</i>	1,26	0,00	0,00
<i>Lecane sp</i>	0,62	0,00	0,00
<i>Filinia terminalis</i>	10,54	50,43	322,93
<i>Filinia longiseta</i>	1,24	13,60	69,20
<i>Moina micrura</i>	7,87	2,12	28,83
<i>Macrothrix sp</i>	0,83	0,00	0,00

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)		
	P1	P2	P3
<i>Notodiaptomus maracaibensis</i>	0,00	0,85	34,60
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	13,05	27,46	74,97
Nauplio indeterminado	9,54	81,61	403,67
Ostrácodo indeterminado	6,71	8,42	28,83
Total (Ind/L)	63,34	226,13	1677,60

El muestreo en general manifiesta un comportamiento constante expresando semejanzas en términos de riqueza y densidad entre los puntos de muestreo donde siempre dominaron los rotíferos (Clase Monogonta) con 76.27%, y en términos de composición su representatividad siempre fue superior a los otros grupos (clases: Branchiopoda, Maxillopoda y Ostracoda) en todos los puntos de muestreo. Con respecto a la densidad en P2 los copépodos hacen el mayor aporte con el 48.61% sobre el 46.73% de la abundancia de los rotíferos, siendo abundancias muy similares (Figura 67).

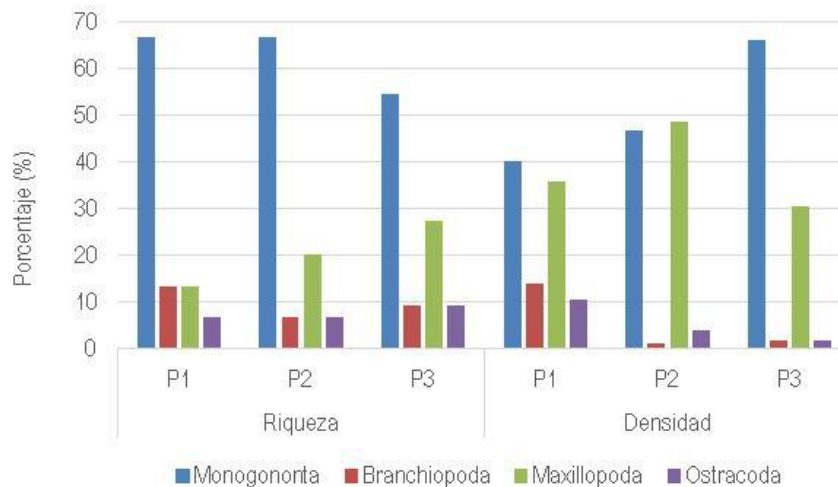


Figura 67. Riqueza y densidad relativa de los grupos zooplanctónicos encontrados en la Ciénaga Larga durante el periodo de ausencia de lluvias.

En el índice de similitud resultó un dendrograma que muestra un clúster que incluye a P1 y P2 quedando excluido P3, al tomar un nivel de comparación del 50% (Figura 68). Estas diferencias en la composición y abundancias se basan en las respuestas que estos organismos pueden tener ante condiciones ambientales exclusivas, indicando en este caso que cada sector difiere del otro en diversos factores que describen la calidad del agua. Las diferencias se acentúan gracias a la extrema sequía incidiendo en aspectos físicos como extensión y profundidad, además de los cambios más

sustanciales como la interconexión de las zonas monitoreadas del sistema cambiando las condiciones normales de este.

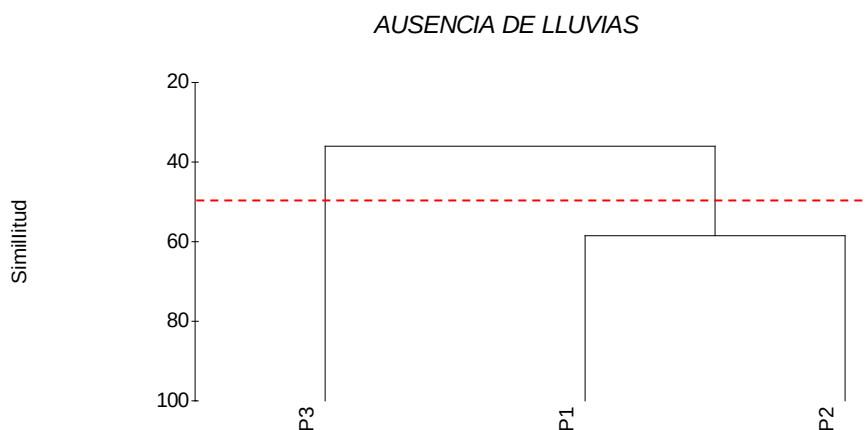


Figura 68. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray Curtis en la época de ausencia de lluvias en la Ciénaga Larga.

Los índices ecológicos relacionan la composición y abundancia relativa de los componentes para determinar aspectos de la estructura de la comunidad, también demuestran las diferencias en las características entre P1, P2 y P3 de la Ciénaga Larga (Tabla 41).

Las relaciones espaciales no son las mismas en cada sector de monitoreo; por ejemplo, en P1 y P2 la densidad fue baja, en contraste con P3 donde la densidad registrada fue mayor, no obstante la riqueza específica es menor al de P1 y P2. En cuanto a la diversidad, esta fue intermedia ($H' \log e = 2,08$) y la equidad (J') oscila entre 0.72 (P2) y 0.85 (P3), concordando con la presencia de *Brachionus angularis*, *Brachionus bidentata*, *Brachionus caudatus*, *Filinia terminalis*, *Mesocyclops brasiliensis* y nauplios de copépodos en todas las zonas monitoreadas, coincidiendo con los bajos valores de dominancia en el sistema, ajustándose a las capacidades de tolerancia propia de cada especie para sobrevivir en ambientes eutrofizados.

Tabla 41. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga Larga durante el periodo de ausencia de lluvias.

Puntos de muestreo	Taxas	Densidad (Ind/L)	J'	$H'(\log e)$	$H'(\log 10)$	λ	$1-\lambda$
P1	15	63,34	0,84	2,26	0,98	0,13	0,87
P2	15	226,13	0,72	1,95	0,85	0,21	0,79
P3	11	1677,60	0,85	2,03	0,88	0,16	0,84

Macrófitas. Las macrófitas en los dos periodos de monitoreo estuvieron constituidas por 20 morfoespecies pertenecientes a 16 géneros, 12 familias, 11 órdenes y 1 clase (Tabla 42).

Tabla 42. Clasificación Taxonómica de las morfoespecies registradas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela durante dos monitoreos realizados en 2014 (época seca y de lluvias).

División	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	Eichhornia	<i>Eichhornia azurea</i>
					<i>Eichhornia crassipes</i>
		Myrtales	Onagraceae	Ludwigia	<i>Ludwigia erecta</i>
					<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>
		Alismatales	Araceae	Pistia	<i>Pistia stratiotes</i>
				Lemna	<i>Lemna minor</i>
		Nymphaeales	Nymphaeaceae	Nymphaea	<i>Nymphaea sp</i>
		Caryophyllales	Polygonaceae	Polygonum	<i>Polygonum punctatum</i>
		Polypodiopsida	Salviniales	Salvinia	<i>Salvinia auriculata</i>
				Azorea	<i>Azorea sp</i>
		Zingiberales	Marantaceae	Thalia	<i>Thalia geniculata</i>
		Lamiales	Lentibulariaceae	Utricularia	<i>Utricularia foliosa</i>
		Solanales	Convolvulaceae	Ipomea	<i>Ipomea sp</i>
		Fabales	Fabaceae	Mimosa	<i>Mimosa pigra</i>
				Neptunia	<i>Neptunia prostrata</i>
		Poales	Cyperaceae	Cyperus	<i>Cyperus sp</i>
				Hymenachne	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
			Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum sp</i>
					<i>Paspalum repens</i>

Entre los órdenes registrados, a nivel general, Poales representó el orden con mayor riqueza (22.2% de las morfoespecies), así mismo, tuvieron una representación importante Commelinales, Myrtales, Alismatales y Fabales cada uno con el 11.1%. Por su parte, los demás órdenes representaron individualmente el 5.56% de las morfoespecies (Figura 69-A).

Del mismo modo, en las dos épocas este orden obtuvo las mayores representaciones con el 25% y el 23.5% de la riqueza respectivamente (Figura 69-B y Figura 69-C). Este, es un gran orden de plantas con flores, e incluye las familias que incluyen Pastos, Bromelias, y Juncias.

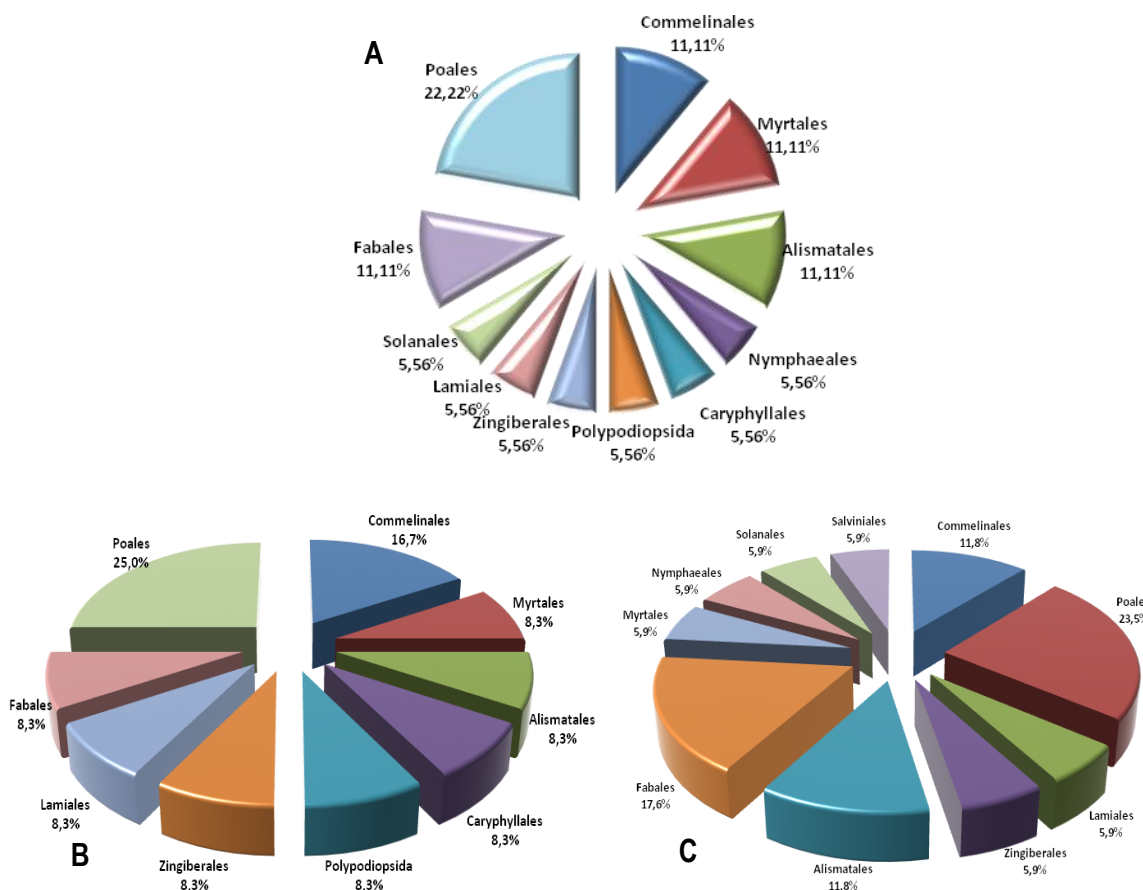


Figura 69. Riqueza de los órdenes de macrófitas registradas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela en dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.

El porcentaje de cobertura de la comunidad de macrófitas en la Ciénaga La Luisa estuvo dominado por la morfoespecie *Eichhornia crassipes* con valores que oscilaron entre 82.30% para el periodo seco y de 78.72% en la época acompañada por lluvias, siendo esta especie la dominante en todo el complejo registrando valores de cobertura total para las demás ciénaga desde un 57% en la Ciénaga Larga, hasta 87% en la Ciénaga Paraíso (Tabla 43).

Sumando los porcentajes de cobertura total de *Eichhornia azurea*, a los registrados por *E. crassipes* se obtienen valores de cobertura de más del 55% de estas macrófitas en la mayoría de las ciénagas, las cuales pertenecen a la familia Pontederiaceae, originaria de América del sur; se caracterizan por ser plantas flotantes de raíces sumergidas y por encontrarse distribuidas prácticamente por todo el mundo; ofrecen refugio y protección para los peces y sus raíces sirven de soporte para el desarrollo del perifiton que sirve de alimento, principalmente a peces. Habitualmente, como lo describe Pinilla (2000), *Eichhornia crassipes* es una especie habitante de aguas tranquilas y asociada a cuerpos de agua eutrofizados.

Tabla 43. Porcentajes promedio de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en la el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela en las épocas de sequía y lluvia de 2014.

Morfoespecie	Ciénaga							
	Manatí		La Luisa		Larga		Paraíso	
	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia
<i>Eichhornia azurea</i>	3,80	Seco	4,20	0,40	29,00	Seco	4,27	4,60
<i>Eichhornia crassipes</i>	56,20	Seco	82,30	78,72	47,00	Seco	86,66	53,60
<i>Ludwigia erecta</i>	0,00	Seco	0,50	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	1,00	Seco	6,60	0,48	0,00	Seco	1,87	3,00
<i>Pistia stratiotes</i>	0,00	Seco	0,40	1,20	1,30	Seco	0,00	0,00
<i>Lemna minor</i>	0,00	Seco	0,00	0,56	0,00	Seco	1,33	0,00
<i>Nymphaea sp</i>	0,00	Seco	0,00	0,80	0,00	Seco	0,00	0,00
<i>Polygonum punctatum</i>	0,00	Seco	0,00	0,00	1,30	Seco	0,00	0,00
<i>Salvinia auriculata</i>	0,60	Seco	0,40	0,88	0,00	Seco	0,00	0,40
<i>Azolea sp</i>	28,00	Seco	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	0,00
<i>Thalia geniculata</i>	0,00	Seco	0,00	0,56	0,00	Seco	0,00	4,00
<i>Utricularia foliosa</i>	10,00	Seco	0,00	2,00	6,70	Seco	5,07	0,00
<i>Ipomea sp</i>	0,00	Seco	1,30	2,56	0,00	Seco	0,00	8,00
<i>Mimosa pigra</i>	0,00	Seco	2,50	1,52	0,00	Seco	0,00	0,00
<i>Mimosa pudica</i>	0,00	Seco	0,40	1,52	0,00	Seco	0,00	5,40
<i>Neptunia prostrata</i>	0,00	Seco	0,00	0,00	0,00	Seco	0,00	9,60
<i>Cyperus sp</i>	0,40	Seco	1,40	4,48	4,00	Seco	0,80	7,40
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	0,00	Seco	0,00	0,00	8,70	Seco	0,00	4,00
<i>Paspalum sp</i>	0,00	Seco	0,00	4,00	2,00	Seco	0,00	0,00
<i>Paspalum repens</i>	0,00	Seco	0,00	0,32	0,00	Seco	0,00	0,00

Morfoespecie	Ciénaga							
	Manatí		La Luisa		Larga		Paraíso	
	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia
	100,00	Seco	100,00	100,00	100,00	Seco	100,00	100,00

La comunidad de macrófitas del Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela en ambos periodos de monitoreo se encontraba altamente dominada por una especie, *E. crassipes*, lo que conllevó al registro de bajos valores de riqueza, diversidad y equidad en las ciénagas (Tabla 44).

La productividad de las macrófitas acuáticas en el trópico es continua; sin embargo es influida por la época de lluvia y sequía. Este fenómeno es más evidente en los cuerpos de agua de zonas bajas que están sujetos a fuertes fluctuaciones de nivel a causa de la variación estacional (Menezes 1984).

La densidad de población de macrófitas acuáticas esta en relación con el área del litoral, sus condiciones topográficas y el estado de eutrofización del agua (Roldan y Ramírez 2008), explicando la dominancia de *E. crassipes* sobre el espejo de agua de las diferentes ciénagas que forman el Complejo, lo cual permite inferir que el estado ambiental de estos ecosistemas es de eutrofización, producto de la alta presión que ejercen las poblaciones cercanas, así como la influencia de la intensa época seca que se estaba viviendo.

Tabla 44. Índices ecológicos para la cobertura de macrófitas registradas en el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela en las épocas de sequía y lluvia de 2014.

Periodo de muestreo	Ciénaga	Índices ecológicos			
		S	J'	H (Log10)	λ
Sequía	Larga	8,00	0,69	0,62	0,32
	La Luisa	10,00	0,34	0,34	0,68
	Manatí	7,00	0,58	0,49	0,41
	Paraíso	6,00	0,32	0,25	0,76
Lluvioso	Larga	Seco	Seco	Seco	Seco
	La Luisa	15,00	0,37	0,44	0,63
	Manatí	Seco	Seco	Seco	Seco
	Paraíso	10,00	0,71	0,71	0,32

S = Riqueza; d = Riqueza de Margalef; J' = Equidad; H' = Diversidad de Shannon; λ = Dominancia de Simpson.

Gracias al escaso volumen de agua en ambos periodos de monitoreo, la cobertura de macrófitas en las ciénagas del complejo de Palmar de Varela fue elevada. El porcentaje de cobertura de las

macrófitas en la Ciénagas en promedio fue del 34.38%, 28.42%, 38.30% y 42.72% en Paraíso, Manatí, Larga y La Luisa respectivamente. Estos lechos de macrófitas tienen importancia dado a su capacidad para absorber grandes cantidades de nutrientes y sustancias tóxicas. Los procesos físicos, químicos y biológicos que se presentan en los lechos contribuyen a mejorar la calidad del agua (Prystay 1998), aunque en algunos casos el crecimiento acelerado impide la circulación normal de agua, la navegabilidad en estos cuerpos, realizar faenas de pesca, así como la dificultad de oxigenación del espejo de agua (CRA, UNIATLÁNTICO Y FP21, 2012). También en estas mismas ciénagas las cianobacterias fueron identificadas en coberturas del 3%, 20.92%, 5.9% y 5.54% (Figuras 70 y 71).

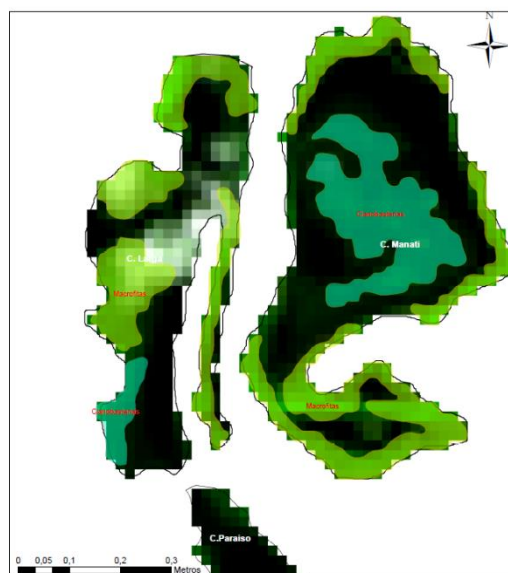


Figura 70. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la época seca de 2014 en las ciénagas del complejo de Palmar de Varela (Paraíso, Larga, Manatí y La Luisa).

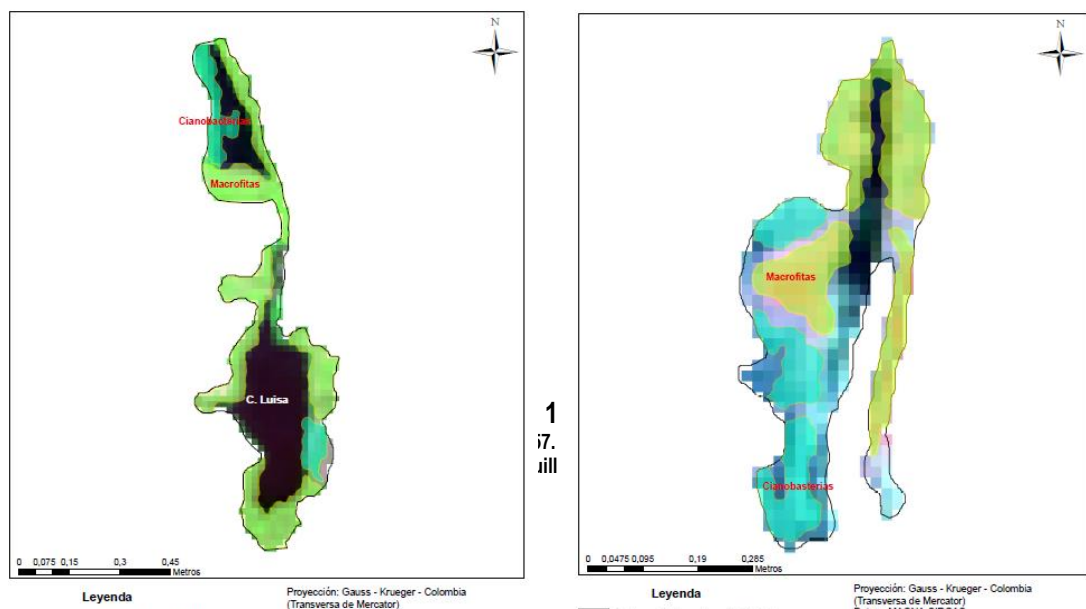


Figura 71. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la época lluviosa de 2014 en las ciénagas del complejo de Palmar de Varela (Paraíso, Larga, Manatí y La Luisa).

Macroinvertebrados bentónicos. En la Ciénaga Paraíso, se registró un total de 47 individuos, distribuidos taxonómicamente 11 morfoespecies, en igual número de géneros y familias, 10 órdenes, 4 clases y 3 phylla (Tabla 45).

Hay que tener en cuenta que los resultados presentados solo corresponden a la época seca, debido a que en la época de lluvias no se obtuvieron organismos de las muestras.

Tabla 45. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga Paraíso.

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca	Época lluviosa
P1	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	6	0
	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	5	0
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	5	0
	Hemiptera	Corixidae	<i>Corixa</i>	1	0
P2	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	7	0
		Anodontitinae	<i>Anodontites</i>	1	0
	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	2	0
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	6	0
P3	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	9	0
P4	Mesogastropoda	Ampullaridae	<i>Marisa</i>	1	0
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	4	0

Los moluscos, fueron los que registraron la mayor abundancia, principalmente el orden Unionoida con un 55% del total de individuos, representado principalmente por el género *Polymesoda*. Seguido a estos se encuentran los insectos, con el orden Díptera (26%), principalmente representado con el género *Chironomus* y el tercer grupo con mayor abundancia fue el de los oligoquetos, representado por el género *Tubifex*, perteneciente al orden Haplotaxida que registró un 15% del total de individuos colectados (Figura 72).

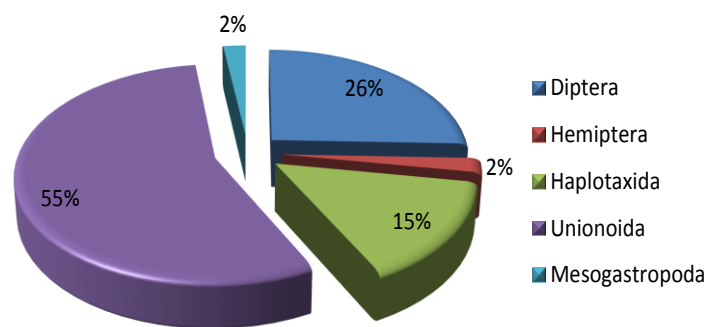


Figura 72. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga Paraíso.

La morfoespecie más representativa fue *Polymesoda* sp, perteneciente a la familia Corbiculidae, familia en de la cual existen otras morfoespecies ampliamente estudiadas como *Corbicula fluminea*

(Darrigran, 2002; Mansur et al. 2004; Suriani et al. 2007; Sousa et al. 2008) y que principalmente se caracterizan por un crecimiento demográfico rápido, temprana madurez sexual, y un ciclo de vida corto; características que le proporcionan un elevado potencial de invasión, por lo que es capaz de colonizar hábitats con diversos regímenes hídricos y diferentes condiciones fisicoquímicas. Además, se ha demostrado que su introducción en algunos hábitats naturales ha provocado grandes trastornos a las comunidades biológicas, contribuyendo a la reducción de la diversidad en ecosistemas acuáticos continentales.

Chironomus sp fue la morfoespecie más representativa de los insectos. Esta se caracteriza por habitar en fangos, arena, y fondos con abundante materia orgánica en descomposición, por lo cual es indicador de aguas mesoeutróficas (Roldan, 1996).

Así mismo, el género *Tubifex* registro la tercera mayor abundancia, este organismo que vive a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea, que sobrevive en cuerpos de agua contaminados con materia orgánica y aguas negras, y que se constituyen en indicadores de contaminación acuática crítica (Roldan y Ramírez, 2008).

En cuanto a la riqueza, en la Ciénaga Paraíso, la mayor riqueza y abundancia se registró en los puntos 1 y 2, con 4 morfoespecies cada uno y 17 y 16 individuos respectivamente (Tabla 46), las especies más representativas en estos dos puntos fueron *Polimesoda* sp, y *Chironomus* sp, probablemente por la abundante materia orgánica que se presenta en estos.

Tabla 46. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo en la Ciénaga Paraíso.

Puntos de Muestreo	Riqueza	Abundancia
P1	4	17
P2	4	16
P3	1	9
P4	2	5

Los macroinvertebrados bentónicos más representativos en la Ciénaga Paraíso son especies tolerantes a condiciones fisicoquímicas agredes, por lo que su dominancia se correlaciona con algunos valores de parámetros fisicoquímicos encontrados, como es el caso de la conductividad, materia orgánica y sólidos suspendidos, que son factores limitantes para el desarrollo de muchas especies. Según Roldan (2008), la cantidad de oxígeno disuelto, el grado de acidez o basicidad (pH), la

temperatura, la cantidad de iones disueltos (conductividad) son a menudo los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos. Dichos parámetros a menudo varían fácilmente por efectos de la contaminación industrial y doméstica.

Los macroinvertebrados son esenciales en las corrientes de agua para completar el ciclo de nutrientes porque consumen y transforman la materia orgánica. Los chironomidos se caracterizan por ser desmenuzadores, que transforman la materia orgánica gruesa presente mediante la masticación y producción fecal en materia orgánica fina, la cual será aprovechada por organismos que antes de este proceso se les era inasequibles (Merritt y Cummins, 1996; Graca, 2001 y Gallo, 2003).

Del mismo modo, para la Ciénaga Larga los resultados presentados son solo de la época seca, debido a que en la época de lluvias no se pudieron obtener muestras para su análisis. Se registró un total de 17 individuos, distribuidos en 4 géneros, 3 familias, 3 órdenes y 3 clases (Tabla 47).

La riqueza y abundancia en esta ciénaga es muy pobre, probablemente por las condiciones fisicoquímicas descritas anteriormente para esta, donde se encuentran parámetros muy elevados como la conductividad y sólidos suspendidos, que restringen el establecimiento de los macroinvertebrados bentónicos, a unos cuantos grupos. En este caso los moluscos, principalmente con los géneros *Marisa* y *Polymesoda*, que son conocidos por asociarse a situaciones de altos detritos, pero requieren pH básicos que les permiten establecerse y proliferar formando sus conchas, condiciones presentes en esta ciénaga.

Otro de los géneros encontrados fue *Tubifex*, caracterizado por habitar en aguas muy contaminadas con poca concentración de oxígeno disuelto y abundante materia orgánica.

Tabla 47. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga Larga.

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca
P2	Mesogastroopoda	Ampullaridae	<i>Marisa</i>	2
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	2
	Mesogastroopoda	Ampullaridae	<i>Marisa cuernarutis</i>	1
P3	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	8
	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	4

En tanto, en la Ciénaga Manatí se registró un total de 41 individuos distribuidos en 4 órdenes, 5 familias y 5 géneros, los moluscos registraron el mayor número de géneros, pero son los dípteros el orden donde se registró el mayor número de individuos.

El género *Chironomus* fue el registró la mayor dominancia. Este se caracteriza por habitar ambientes que presentan abundante materia orgánica y bajos valores de oxígeno (Tabla 48).

Tabla 48. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga Manatí.

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca
P1	Mesogastropoda	Ampullaridae	<i>Marisa</i>	1
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>	1
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	5
		Unionoida	<i>Hyriidae</i>	3
P2	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	25
P3	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	6

Los dípteros registraron la mayor abundancia, con un porcentaje de 61% (Figura 73). Estos constituyen uno de los órdenes de insectos más complejos; son de tipo holometábolos y su ciclo de vida es muy variable (dependiendo de las especies), siendo este de semanas en unos y hasta de cerca de un año en otros. Las hembras ovipositan bajo la superficie del agua, adheridas a rocas o vegetación flotante. La mayoría de las especies tienen de tres a cuatro, instares larvales. Se sabe que en Simuliidae, duran en este estado ocho días y en la Tipulidae, hasta un año. Las larvas no poseen patas torácicas. El cuerpo es blando, formado por tres segmentos torácicos y nueve abdominales. Están cubiertos de cerdas, espinas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan a la locomoción y adhesión al sustrato. La coloración es amarillenta, blanca o negra. Se les encuentra en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, depósitos de agua en las brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos y aún en las costas marinas (Roldan, 1996).

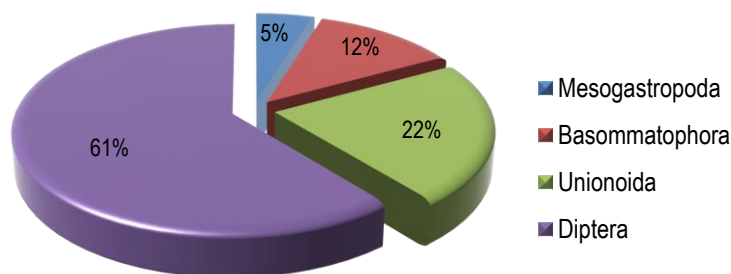


Figura 73. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga Manatí.

En esta ciénaga, P2 fue la estación que registró el mayor número de individuos, seguido de P1 con 10 y P3 con 6 (Tabla 49). La abundancia y riqueza en la Ciénaga Manatí fueron bajas debido a los procesos de eutrofización y descargas de aguas residuales, por lo que el establecimiento de la fauna béntica está restringida a especies tolerantes a condiciones de contaminación, como es el caso de los chironomidos, especialmente en P2.

Tabla 49. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo en la Ciénaga Manatí.

Puntos de muestreo	Riqueza	Abundancia
P1	4	10
P2	1	25
P3	1	6

Otro lado, en la Ciénaga La Luisa se registró un total de 556 individuos, agrupados dentro 16 géneros, y 8 ordenes. En la época seca se registró un total de 156 individuos, mientras que en la época de lluvias, se registró un total de 387 individuos (Tabla 50).

Tabla 50. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga La Luisa.

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca	Época lluviosa
P1	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	5	2
	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	0	4
	Mesogastropoda	Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>	0	1
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	1	0
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	1	0
P2	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	10	24

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca	Época lluviosa
P3	Diptera	Chironomidae	<i>Tanyponidae</i>	1	0
		Ampullaridae	<i>Marisa</i>	0	1
	Mesogastroopoda		<i>Pomacea</i>	0	2
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>	0	48
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	2	8
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	4	0
P4	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	3	0
	Hemiptera	Vellidae	-----	0	1
	Mesogastroopoda	Ampullaridae	<i>Pomacea</i>	1	1
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>	0	14
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Hydrobiosidae</i>	0	2
	Unionoida	Hyriidae	<i>Gyraulus</i>	4	22
P6	Basommatophora	Planorbidae	<i>Polymesoda</i>	8	0
	Mesogastroopoda	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	1	0
		Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	1	0
	Unionoida	Hyriidae	<i>Litoridina</i>	0	4
	Diptera	Chironomidae	<i>Hydrobiosidae</i>	0	3
	Unionoida	Hyriidae	<i>Pomacea</i>	1	0
P7	Basommatophora	Planorbidae	<i>Polymesoda</i>	3	7
	Unionoida	Hyriidae	<i>Chironomus</i>	0	1
	Mesogastroopoda	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	25	0
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>	0	21
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Hydrobiosidae</i>	0	17
	Unionoida	Hyriidae	<i>Pomacea</i>	0	7
P8	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	0	9
	Unionoida	Hyriidae	<i>Limnaea</i>	0	2
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Polymesoda</i>	1	0
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>	0	37
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Hydrobiosidae</i>	0	4
	Unionoida	Hyriidae	<i>Pomacea</i>	0	2
P9	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	0	19
	Diptera	Chironomidae	<i>Tanyponidae</i>	0	21
		Chironomidae	<i>Chironomus</i>	15	4
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>	1	3
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	7	2
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Hydrobiosidae</i>	0	17
P10	Basommatophora	Planorbidae	<i>Litoridina</i>	0	18
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Gyraulus</i>	0	2
		Ancylidae	<i>Ferrisia</i>	0	1
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	39	0
	Hemiptera	Pleidae	<i>Tanyponidae</i>	17	0
	Odonata	Libellulidae	<i>Paraplea</i>	0	1
P11	Basommatophora	Planorbidae	<i>Notonecta</i>	0	1
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Erothrodiplex</i>	0	1
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Acanthagrion</i>	0	1
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	0	2
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Hydrobiosidae</i>	0	12
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Hydrobiosidae</i>	0	12

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca	Época lluviosa
P12	Unionoida Ephemeroptera	Hyriidae Polymitarcyidae	<i>Litoridina</i>	2	21
			<i>Polymesoda</i>	2	4
			<i>Campsurus</i>	1	0
	Mesogastropoda	Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>	0	5
			<i>Hydrobiosidae</i>	0	2
P13	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	0	1
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>	0	3
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	0	2

En cuanto a la composición de los órdenes, en la época seca los dípteros registraron la mayor abundancia, con un 65% de los individuos colectados, los cuales son tolerantes a altos grados de contaminación, probablemente por altos valores de pH y conductividad en esta época, como resultado de procesos como la eutrofización que modifica el establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Por su parte, en la época de lluvias, en su mayoría los registros pertenecían a los moluscos, quienes tienen su mayor representación en la ciénaga con los órdenes Mesogastropoda y Basommatophora (Figura 74).

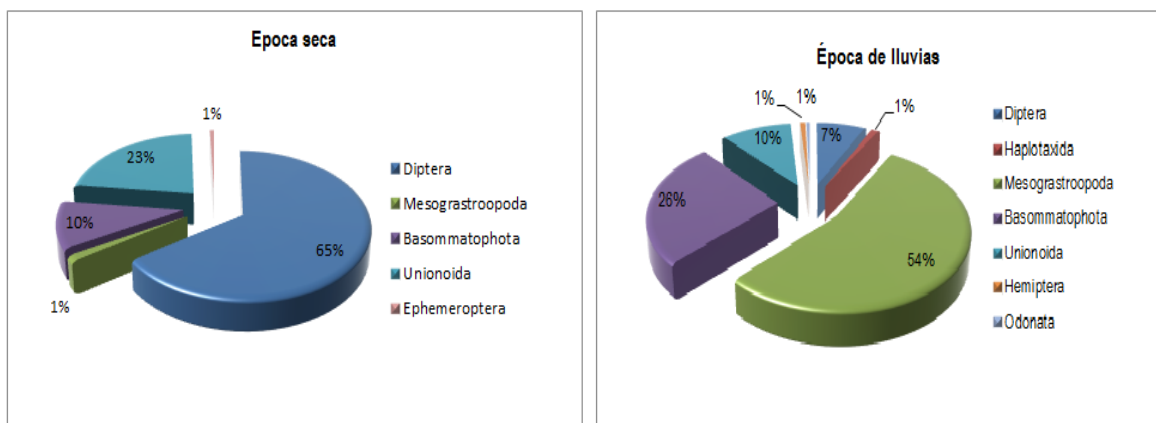


Figura 74. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga La Luisa.

En la Ciénaga La Luisa, en época seca P11 fue el que registró el mayor número de individuos principalmente de los géneros del orden díptera. En tanto que en la época de lluvias, se registró un mayor número de individuos en P2 y un mayor número de géneros (representados principalmente por moluscos) en P11 (Tabla 51).

Tabla 51. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo y épocas.

Punto de Muestreo	Época seca		Época de lluvias	
	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia
P1	3	7	3	7
P2	3	13	6	96
P3	2	7	-	-
P4	3	13	5	40
P6	4	6	4	15
P7	2	26	5	56
P8	-	-	4	62
P9	3	23	4	30
P10	-	-	4	38
P11	5	61	8	43
P12	-	-	3	8
P13	-	-	2	5

La mayor representación a nivel de géneros fue de los moluscos, especialmente Polimesoda y Gyraulus, quienes fueron los que registraron la mayor distribución (Tabla 52). Los moluscos fueron los más representativos en la época de lluvias. Esto refleja en particular, que los moluscos son los mayores contribuyentes a la riqueza en el sedimento, y estarían incrementando sus poblaciones en el período de aguas altas, lo cual sugiere que algunos géneros de moluscos podrían estar utilizando a las macrófitas como sala-cunas durante el vaciado del sistema (Gutiérrez y Borja 1996).

Tabla 52. Distribución de géneros en la época seca y de lluvias en la Ciénaga La Luisa.

Género	Distribución por puntos		Total
	Época seca	Época de lluvias	E. Seca-E. lluvias
<i>Acanthagrion</i>		1	
<i>Campsurus</i>	1		
<i>Chironomus</i>	4	3	5
<i>Erothrodiplox</i>		1	1
<i>Ferrisia</i>		1	1
<i>Gyraulus</i>	5	8	11
<i>Hydrobiosidae</i>		8	8
<i>Litoridina</i>	2	10	10

Género	Distribución por puntos		Total
	Época seca	Época de lluvias	E. Seca-E. lluvias
<i>Lymnaea</i>	1	1	2
<i>Marisa</i>		1	1
<i>Notonecta</i>		1	1
<i>Paraplea</i>		1	1
<i>Polymesoda</i>	8	5	9
<i>Pomacea</i>	2	4	5
<i>Tanyponidae</i>	2	1	3
<i>Tubifex</i>		1	1

Ictiofauna. En el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela, se capturaron un total de 956 individuos pertenecientes a ocho (8) especies, cuatro (4) familias distribuidas en tres (3) ordenes. Estos datos corresponden al monitoreo durante el periodo seco, ya que para el periodo de lluvia en el complejo presentó pérdida total del espejo del agua en las ciénagas Manatí y Larga, para el resto de ciénagas presentaron niveles bajos de agua y taponamiento por parte de la vegetación acuática en especial de la especie *Eichhornia crassipes* (tarura) impidiendo la posibilidad de captura de la fauna ictica, además se presume afectación de esta comunidad por condiciones adversas con efectos graves sobre su presencia en estos sistemas; de hecho, en los días precedentes al muestreo de la época de lluvias se registraron mortalidades masivas de peces en Ciénaga Luisa.

Ciénaga Paraíso. En esta ciénaga fueron capturados 188 individuos durante los días de monitoreo, solo en el punto P1 y fueron identificadas tres especies pertenecientes a 2 órdenes y dos familias (Tabla 53). La distribución espacial estuvo sesgada por la efectividad de los artes de pesca empleados debido a la abundancia de la vegetación macrófita, aunque en otros casos la pesca fue inexistente, debido a la escasa profundidad y probablemente condiciones adversas además de la intensa predación por parte de aves principalmente.

Tabla 53. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Paraíso.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-1	P-2	P-3	P-4
CHARACIFORMES	Characidae	<i>Roeboides dayi</i>	22	0	0	0
PERCIFORMES	Cichlidae	<i>Andinoacara pulcher</i>	103	0	0	0
		<i>Caquetaia kraussii</i>	63	0	0	0

Cichlidae fue el orden más representativo, agrupando dos ciclidos *A. pulcher* y *C. kraussii* que también fueron las que contribuyeron en mayor medida a la biomasa (Figura 75). Estas especies con frecuencia se les encuentra asociadas a aguas eutrofizadas, contaminadas, con materia orgánica y mineralizadas de acuerdo con Ramírez y Viña (1998). La preferencia de estas especies por este tipo de condiciones permite su dominancia en ambientes sometidos a condiciones de eutrofización y adversas como las registradas para la ciénaga Paraíso, donde además de la fuerte mineralización, se dan evidencias de contaminación por materia orgánica, producto del desecamiento derivado de las condiciones hidrodinámicas del sistema y las anomalías climáticas que trascendieron los períodos de monitoreo.

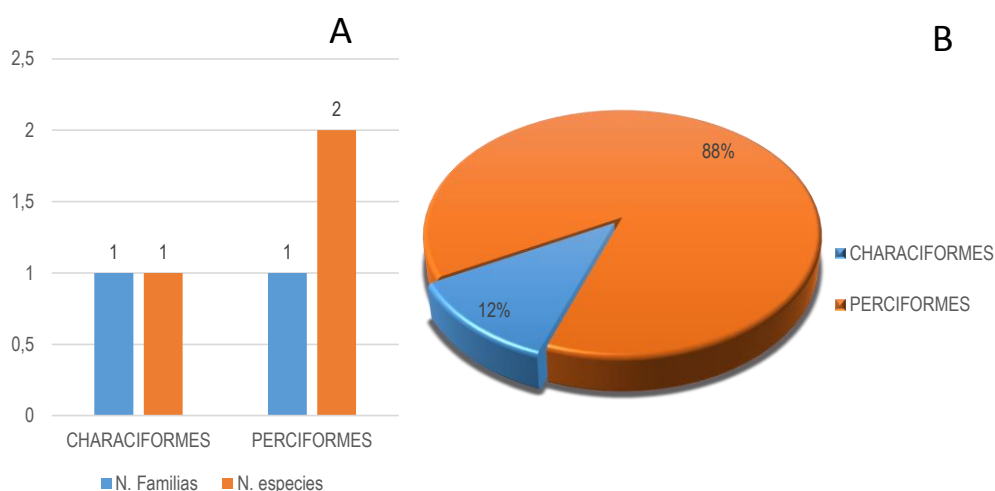


Figura 75. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden en la Ciénaga Paraíso.

Los aportes mayoritarios al número y biomasa de *A. pulcher* dan evidencia de su resistencia a las condiciones adversas del medio (Figura 76), probablemente por su capacidad de resistir fisiológicamente y tal vez emprender conductas reproductivas exitosas. Esta especie además se caracteriza por ser muy territorialista y es una fuerte competidora por espacio y recursos que encuentra en la vegetación macrófita de distribución y cobertura abundante en la ciénaga.

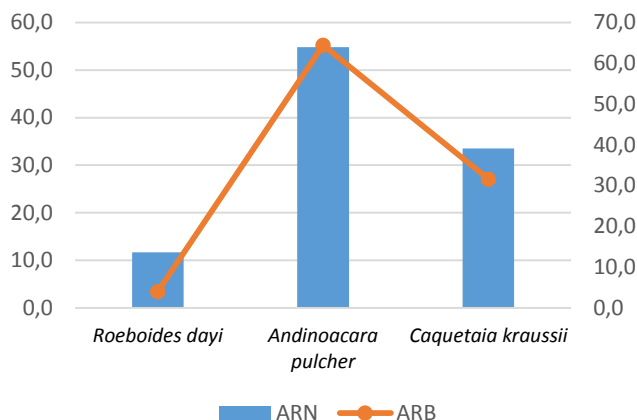


Figura 76. Distribución de los porcentajes de abundancia (ARN) y biomasa (ARB) para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga Paraíso.

Los índices ecológicos muestran un ensamblaje pobre, de muy baja diversidad H' . La escasa riqueza evidenciada se debe en buena medida a las condiciones adversas del medio durante los dos periodos de estudio (Tabla 54). Esta condición, hacia el detrimento de este componente biológico, ya ha sido referenciado anteriormente en estudios sobre el estado de los cuerpos de agua del departamento del Atlántico (C.R.A., 2007), debido inicialmente a la falta de conectividad del complejo de ciénagas con el río por modificación de su hidrodinámica. Este aspecto se acentuó durante la sequía extendida y los bajos niveles del río en el periodo de monitoreo. Tal situación deja disminuida la capacidad de recuperación del sistema y de esta comunidad biológica en particular, pues muchos de sus componentes requieren de la conectividad con los sistemas vecinos, particularmente la asociación entre el río y su plano inundable. Los ciclidos encontrados por su parte, no requieren de los recambios con el río, porque no realizan migraciones reproductivas, además tienen iteroparidad anual, es decir que pueden madurar y reproducirse más de una vez al año.

Tabla 54. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga Paraíso.

S	N	J'	H' (loge)	H' (log10)	λ	1- λ
3	188	0,862	0,947	0,411	0,426	0,574

Ciénaga Larga: Solo se produjeron capturas en el punto P1, por razones similares a lo sucedido en la Ciénaga Paraíso y en las demás ciénagas del complejo. Se capturaron 193 individuos de cinco (5)

especies pertenecientes a 2 órdenes y tres familias. Ninguna de las especies encontradas se encuentran registradas en alguna categoría de amenaza a nivel nacional (Tabla 55).

Tabla 55. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Larga.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-1
CHARACIFORMES	Curimatidae	<i>Cyphocharax magdalenae</i>	7
	Characidae	<i>Hyphessobrycon proteus</i>	3
		<i>Roeboides dayi</i>	24
PERCIFORMES	Cichlidae	<i>Andinoacara pulcher</i>	135
		<i>Caquetaia kraussii</i>	24

De los órdenes registrados, Characiformes fue el más representativo en número de especies, aunque el orden Perciformes fue el que tuvo asociado las especies más abundantes, que hasta ahora muestran ser dominantes en el sistema, *A. pulcher* y *C. kraussii* (Figura 77). Se destaca del conjunto que las especies encontradas en su mayoría prefieren aguas eutrofizadas y mineralizadas, con algún tipo de contaminación orgánica. *A. pulcher* y *C. kraussii*, también han sido referenciadas para la cuenca del río Cauca, además de la del Magdalena, como especies resistentes a la mineralización y contaminación orgánica (Ortiz-Muñoz y Álvarez-León, 2008).

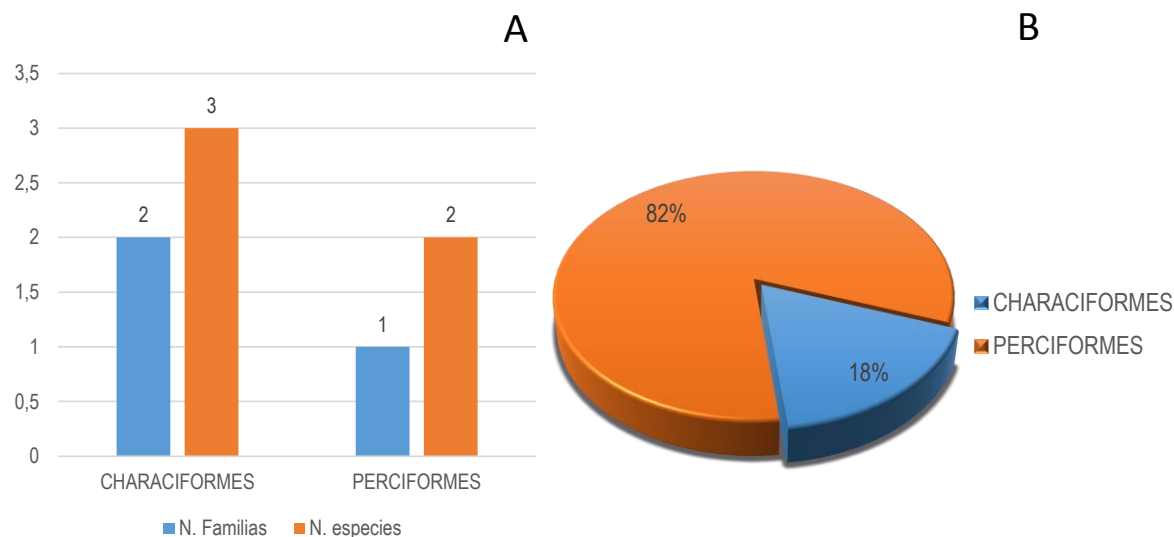


Figura 77. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden en la Ciénaga Larga.

La especie *A. pulcher* fue la más abundante en el monitoreo de esta ciénaga, con 135 individuos capturados (Figura 78). La abundancia de esta especie está determinada por su capacidad competitiva, pues tiene rangos amplios de resistencia a condiciones asociadas a la eutrofia como la mineralización y el contenido de materia orgánica (Ortiz-Muñoz y Alvarez-León, 2008), además se considera oportunista (Winemiller, 1996), posee hábitos alimenticios variados como gusanos, crustáceos e insectos (Mills y Vevers, 1989), insectos y presas vivas (Galvis et al. 1997), material vegetal, restos de peces, detritos, insectos y otros (Díaz y Camargo, 2008), y su reproducción no es estacional, encontrándose que puede reproducirse bien inclusive durante la época seca (Olaya-Nieto et al. 2010).

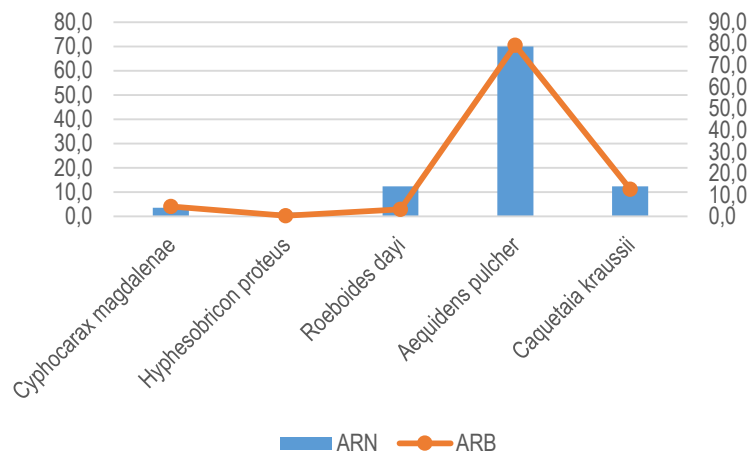


Figura 78. Distribución de los porcentajes de abundancia relativa (ARN) y biomasa (ARB) para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga Larga.

Los índices ecológicos del ensamblaje de peces muestran una estructura poco diversa (H'), aunque con una moderada equidad (J') en las abundancias relativas de sus componentes, lo cual estaría determinado porque comparten rangos de tolerancia similares a las condiciones del medio y recursos que aprovechan, siendo la mayoría muy frecuentes en aguas eutrofizadas. Todas estas especies pueden alimentarse de larvas de insectos, aunque algunas como *R. dayi*, tiene hábito lepidófago, es decir que se alimenta de escamas, lo cual constituye un aspecto que no comparten las demás especies. Esta similitud en los hábitos alimenticios y tolerancia a las condiciones es un reflejo de la reducción en los nichos que ocasiona la eutrofización del medio (Tabla 56). La disminución en la diversidad a causa de la eutrofización es un aspecto ampliamente referenciado en la literatura.

Tabla 56. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga Larga.

S	N	J'	H' (loge)	H'(log10)	λ	1- λ
5	193	0,592	0,953	0,414	0,522	0,478

Ciénaga Manatí: Solo se registró la captura de peces en el período seco en una de las estaciones, a causa de la intensa sequía y falta de condiciones adecuadas para el empleo de las artes de pesca. En la captura se registran cinco (5) especies agrupadas taxonómicamente en dos órdenes y dos familias. Una de las especies *Cynopotamus magdalenae* (Tabla 57).

Tabla 57. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Manatí.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-1	P-2	P-3	P-4
CHARACIFORMES	Characidae	<i>Hyphessobrycon proteus</i>	5	0	0	0
		<i>Cynopotamus magdalenae</i> *	6	0	0	0
		<i>Roebooides dayi</i>	20	0	0	0
PERCIFORMES	Cichlidae	<i>Andinoacara pulcher</i>	47	0	0	0
		<i>Caquetaia kraussii</i>	33	0	0	0

*Especie bajo categoría nacional Casi Menazada (NT), de acuerdo con Mojica et al. (2012).

El orden más representativo corresponde a los perciformes, con el 72% de los individuos capturados, aunque Characiformes fue más variado en riqueza específica, con una especie más, *C. magdalenae* (Figura 79). Esta es una especie que se considera de reemplazo en la producción pesquera artesanal, es frecuente en la zona media de los ríos aunque también en las zonas de inundación y ciéngas aledañas, aunque se desconocen sus hábitos reproductivos, se cree que realice migraciones durante la subienda (Ortega-Lara et al., 2011 en Mojica et al. 2012).

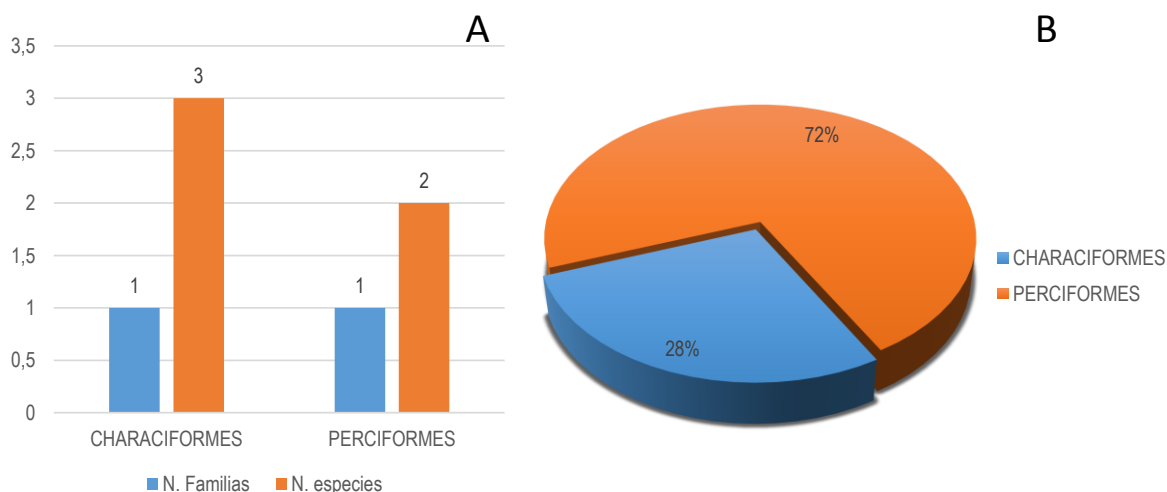


Figura 79. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden en la Ciénaga Manatí.

Las especies más abundantes son los ciclidos *A. pulcher* y *C. kraussii*, que han mostrado ser las especies dominantes en el sistema, con aportes similares a los registrados en las ciénagas Paraíso y Larga (Figura 80).

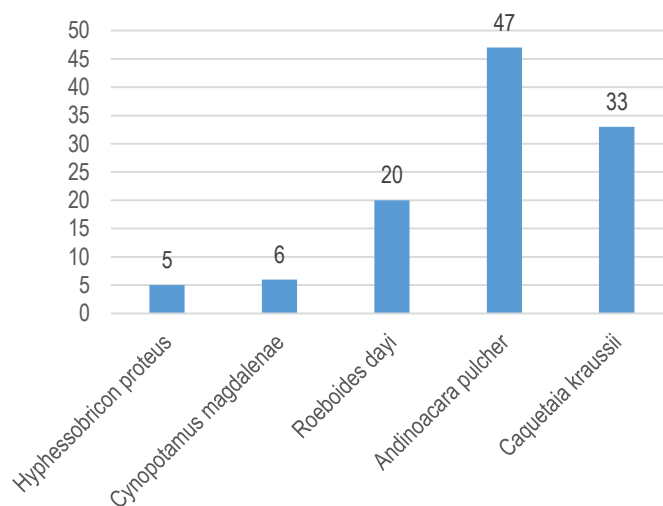


Figura 80. A) Distribución del número de individuos por especie en la Ciénaga Manatí.

En la siguiente gráfica se observa que *A. pulcher* aporta significativamente a la biomasa, sin embargo lo hace a expensas del número de individuos, caso contrario a *C. magdalenae*, que con pocos individuos aportó el segundo valor de biomasa, de ahí las referencias que se hacen sobre esta especie como producto de reemplazo en la pesca, puesto que alcanza tallas de hasta 40 centímetros. La escasez de otras especies habitualmente pescadas y comercializadas en el pasado, ha dirigido la atención sobre este recurso, por lo cual se encuentra como casi amenazada.

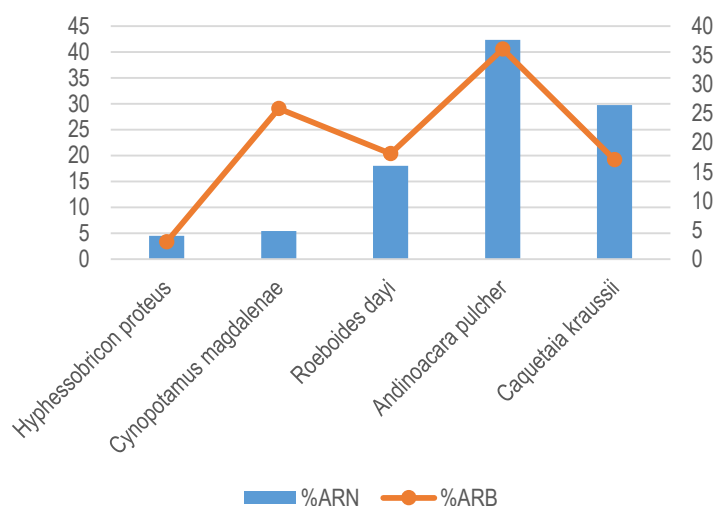


Figura 81. Distribución de los porcentajes de abundancia y biomasa para las especies icticas capturadas en la Ciénaga Manatí.

Los valores de los índices ecológicos muestran una estructura de escasa riqueza (S) y diversidad (H'), aunque con un poco mejor en su estructura, por el aporte a las relaciones tróficas de *C. magdalenae*, pues es una especie considerada piscívora, y aunque *C. kraussi* también lo es, esta última aprovecha otros recursos como los invertebrados bentónicos (Tabla 58).

Tabla 58. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga Manatí.

S	N	J'	H' (loge)	H' (log10)	λ	1- λ
5	111	0,827	1,331	0,578	0,305	0,695

Ciénaga La Luisa. En esta se registraron seis (6) especies agrupadas en dos órdenes y tres familias. De las ciénagas del complejo, esta es la que muestra una composición de mayor riqueza específica,

sin embargo, al igual que el resto de ciénagas solo se obtuvo información de la época seca, pues en la temporada de transición y lluvias, no hubo capturas. Además las condiciones del medio solo permitieron emplear las artes de pesca con efectividad los sectores representados por las estaciones P2 y P3. En esta ciénaga se presentaron mortalidades masivas de peces y fueron estimadas condiciones indicadoras de contaminación por materia orgánica, sólidos suspendidos y valores muy altos de pH en ocasiones de 11 unidades (Tabla 59).

Tabla 59. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Luisa.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11
Characiformes	Characidae	<i>Astianax magdalenae</i>	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Hyphessobrycon proteus</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Roeboidea dayi</i>	0	287	18	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ctenoluciidae	<i>Ctenolucius hujeta</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perciformes	Cichlidae	<i>Andinoacara pulcher</i>	0	38	65	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Caquetaia kraussii</i>	0	17	8	0	0	0	0	0	0	0	0

El aporte de los órdenes al número de individuos fue diferente en esta ciénaga, siendo los Characiformes los más abundantes, con cerca del 72% de los individuos capturados. Aunque el ciclido *A. pulcher* también fue abundante, se registraron numerosos individuos de la especie *R. dayi* (Figura 82).

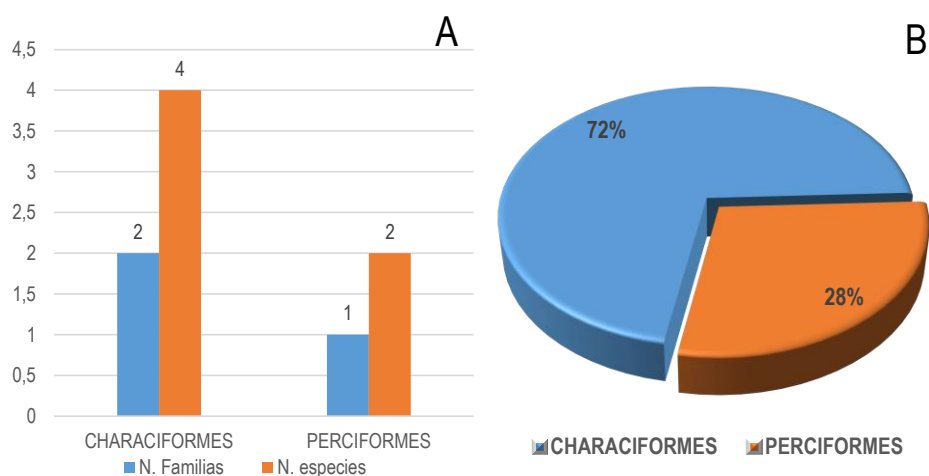


Figura 82. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden en la Ciénaga Luisa.

La especie *R. dayi*, como se mencionó fue la más abundante en lo registrado para esta ciénaga (Figura 83). Esta especie no reviste importancia económica, aunque es empleada con frecuencia como carnada para la pesca de peces grandes. De acuerdo con Dahl (1971) esta es una de las especies de Characidos más resistentes a las aguas salinas, por lo que su abundancia estaría determinada en parte por su resistencia a las condiciones de alta conductividad que se registran en la ciénaga. De acuerdo con Ramirez y Viña (1998) esta especie tiene como preferencia aguas mineralizadas con una resistencia media con referencia al ICOMI.

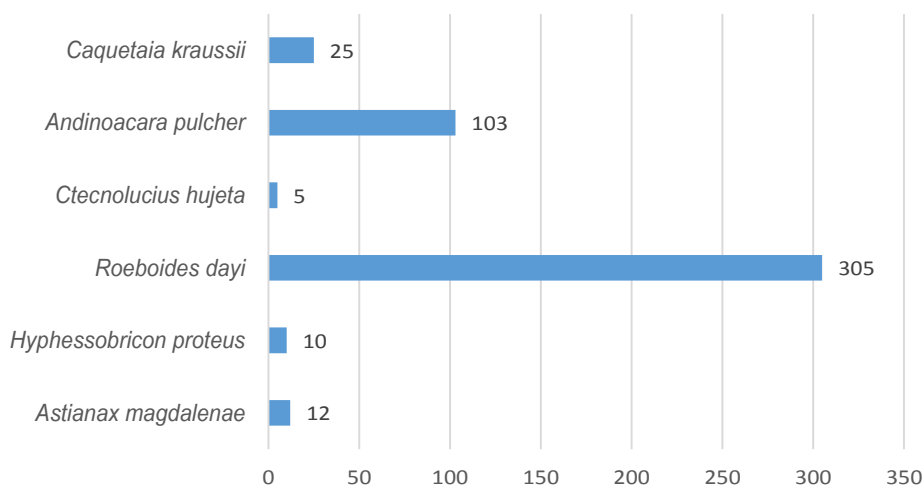


Figura 83. A) Distribución del número de individuos por especie en la Ciénaga La Luisa.

Los índices ecológicos hacen referencia a una estructura de baja diversidad, aunque esta es la ciénaga del complejo que registró la mayor riqueza. No obstante son escasos los grupos funcionales, solo dos órdenes agruparon las especies que en su mayoría comparten nichos similares, aunque la presencia de piscívoros como *C. hujeta* y *C. kraussii* aportan algo de estructura en la red trófica (Tabla 60).

Tabla 60. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga La Luisa.

S	N	J'	H' (loge)	H' (log10)	λ	1- λ
6	460	0,554	0,993	0,431	0,494	0,506

6.3 CIÉNAGA DE SANTO TOMÁS

6.3.1 Características físico-químicas y microbiológicas.

Los resultados de las variables fisicoquímicas en la época seca solo se obtuvieron de los primeros 6 puntos, los puntos aguas arriba de las compuertas y aguas abajo no se lograron tomar, al igual que los puntos aguas arriba y aguas debajo de sistema de bombeo por la carencia de agua. En la época de lluvias se registraron 10 puntos o estaciones.

La Ciénaga de Santo Tomás se caracterizó por tener aguas con pocos sólidos suspendidos en la época seca y abundante sólidos en la época de lluvia (Figura 84-A), con aguas poco turbias, con un aumento en la época de lluvias (Figura 84-B). En los puntos P1-P6, así como en las aguas resultantes de la descarga del sistema de bombeo, se presentaron aguas fuertemente mineralizadas en las dos épocas (seca y de lluvias), con valores de conductividad superiores a los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 84-D), igualmente altos valores de sólidos suspendidos en la época de lluvia en estos puntos.



Figura 84. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga de Santo Tomás: A- SST; B- Turbiedad; C- pH; D - Conductividad.

Los valores de oxígeno disuelto en los primeros 5 puntos en la época seca estuvieron cerca del criterio de preservación de fauna y flora (4 mg/L), en la época de lluvias en los puntos asociados a aguas arriba y debajo de las compuertas (CAA y CAB), así como aguas bombeadas a la ciénaga (SBAA) se registraron valores por debajo del objetivo límite establecido por la C.R.A. (3 mg/L) y muy por debajo del criterio de preservación de fauna y flora (4 mg/L) (Figura 85-A). En los puntos P4, P5 y P6 se registraron las mayores concentraciones de oxígeno disuelto, DBO₅ (Figura 85-B), turbiedad y de clorofila “a” (Figura 85-C) y compuestos nitrogenados.

En general los valores de coliformes en todos los puntos de muestreo no superan el valor objetivo límite establecido por la C.R.A., a excepción del punto P3 en la época de lluvias que presentó valores de coliformes fecales por encima de los 2000 NMP. Este punto se encuentra ubicado en el sector de mezcla con las aguas provenientes del sistema de bombeo (Figura 85-D).

Esta ciénaga se ve notablemente afectada por las intervenciones antrópicas, como es el caso de las compuertas y sistema de bombeo de aguas pluviales, aguas arriba y aguas abajo, donde los niveles de oxígeno disuelto son muy bajos en la época de lluvias, coadyuvado por afectación en la hidrodinámica del sistema y la sequía extendida.



Figura 85. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga de Santo Tomás: A- O.D; B- DBO y DOQ; C- Clorofila "a"; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).

Nutrientes y estado trófico. La variación de los nutrientes en la Ciénaga de Santo Tomás muestra un aumento de la época seca a la época de lluvia, el promedio general de los nitratos en la época seca así como en la de lluvia no supera el valor objetivo límite de calidad establecido por la C.R.A. (10 mg/L), aunque los promedios por estación muestran excesos como en el punto P6 en la época de lluvias, que registra una concentración de 15.6 mg/L. El nitrógeno amoniacal en todos los puntos en las dos épocas supera la referencia de 0.5 mg/L, valor objetivo límite establecido por la C.R.A., estando los valores más altos asociados a las aguas del sistema de bombeo y su sector de mezcla, con gradiente hacia el sector norte de la ciénaga (Figura 86-A).

Los fosfatos registran sus mayores concentraciones al igual que los compuestos nitrogenados en la época de lluvias, con valores promedio de ortofosfatos de 1.06 mg/L, valor característico de sistemas eutrofizados. Los valores de fósforo total aumentaron de forma considerable, diez veces en magnitud, de 0.09 a 0.9 mg/L de la época seca a la época de lluvia (Figura 86-B) lo que muestra la influencia del lavado del suelo del área de influencia del cuerpo de agua en los cambios de la dinámica limnológica, incidiendo sobre las relaciones estequiométricas de los nutrientes para el desarrollo de los productores primarios que son la base de las relaciones biológicas. La recuperación de la hidrodinámica del sistema es indispensable en este sentido, ya que provee de capacidad de carga y de recuperación al sistema al facilitar el lavado y el recambio de las aguas.



Figura 86. Valores de los nutrientes en la Ciénaga de Santo Tomás: A- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; B- Fosforo total y Ortofosfatos; C- Sulfatos.

La relación N/P en la época seca fue de 26.88, y muestra como factor limitante al fósforo, ubicando al sistema como mesotrófico. En la época de lluvias el valor N/P es de 8.66 (Tabla 61) que muestra que las condiciones del sistema son de eutrofia, siendo el nitrógeno el factor limitante, esta disminución del nitrógeno principalmente se observa en los puntos al sur de la ciénaga, donde las concentraciones de nitratos son bajas (Figuras 87-C y 87-D). Cabe señalar que hubo una relación aparente entre la disponibilidad de fósforo y el crecimiento en la cobertura de macrófitas, que pasó de 40.3% a 52.7% de la época seca (limitada para el fósforo) a la época de lluvias, aunque tal asociación de variables no fue evidenciada en el análisis de correlaciones lineales al comparar la cobertura de macrófitas con el índice de Carlson basado en la concentración de fósforo.

Tabla 61. Relación N/P en la Ciénaga de Santo Tomás.

Puntos de muestreo	Relación N/P ÉPOCA SECA	Relación N/P ÉPOCA DE LLUVIA
P1	18,62	2,60
P2	9,58	4,44
P3	11,64	2,77
P4	35,77	7,72
P5	57,38	11,62
P6	28,28	16,37
CAA	*	11,70
CAB	*	15,61
SBAA	*	5,93
SBAB	*	7,83
$\bar{x}$	26,88	8,66

* No se reportan datos en este punto por las condiciones del sistema.

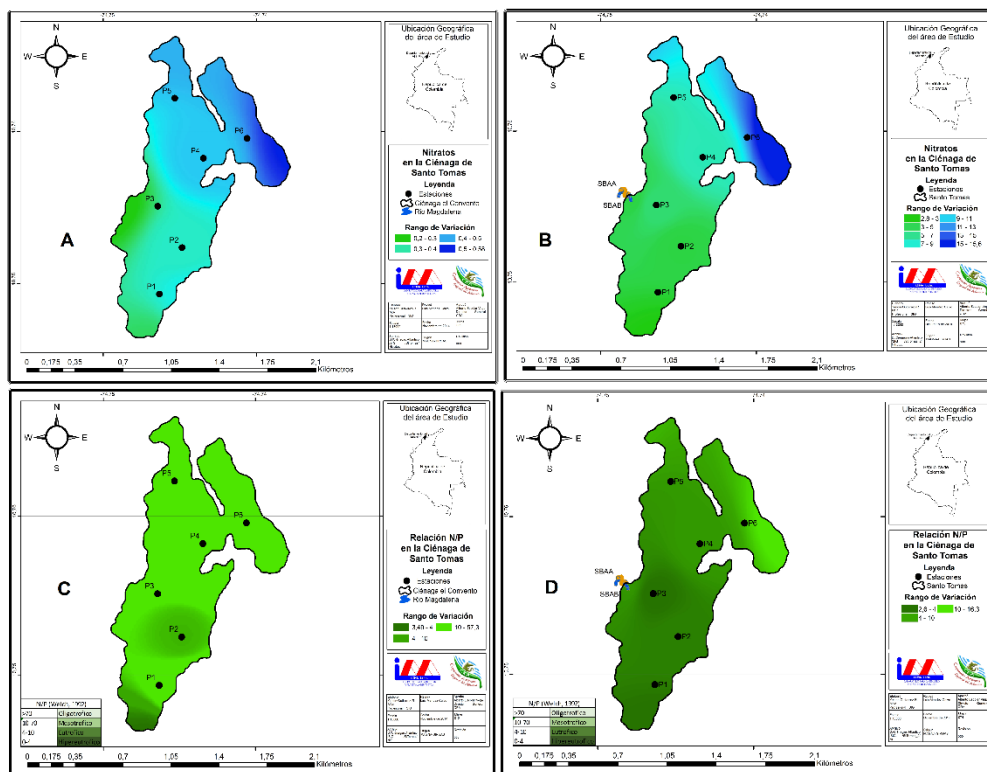


Tabla 62. Indicadores de contaminación en la Ciénaga Santo Tomás.

Indicador		Carlson (1980) (TSI)		Aizaki <i>et al.</i> (1981)		Volenweider (1981)	Margalef (1983)
Criterio	Oligotrófico	0-40		0-30		[4.2]	10-100 cel/mL
	Mesotrófico	40-50		30-50		[16.1]	100-1.000 cel/mL
	Eutrófico	50-70		50-80		[42.6]	1.000-1.000.000 cel/mL
	Hipereutrófico	70<TSI<100		>80			
Variable empleada		Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fitoplancton (Cel/mL)
ÉPOCA SECA							
P1		77,8	66,3	33,4	64,3	37,9	3,6
P2		74,9	55,0	35,9	51,7	12,0	3,2
P3		72,1	44,9	38,4	40,5	4,3	4,0
P4		60,0	35,8	48,9	30,4	1,7	7,9
P5		61,9	36,0	47,2	30,6	1,7	8,2
P6		62,7	39,8	46,5	34,9	2,6	4,9
$\bar{X}$		68,2	46,3	41,7	42,1	10,0	5,3
P1		102,3	58,4	12,1	55,5	17,0	26280,0
P2		98,0	65,1	15,8	63,0	33,7	31812,0
P3		100,9	51,3	13,3	47,6	8,3	23118,0
P4		90,4	88,8	22,4	89,4	378,5	28429,7
P5		103,3	73,8	11,2	72,7	81,8	17594,6
P6		107,5	91,7	7,5	92,6	506,2	18499,2
CAA		107,9	32,5	7,2	26,7	1,2	8,8
CAB		103,5	7,7	11,0	-0,9	<0,097	5,4
SBAA		107,0	48,7	8,0	44,8	6,4	2,8
SBAB		93,1	42,6	20,1	37,9	3,4	16,9
$\bar{X}$		101,4	56,1	12,9	52,9	115,2	14576,7

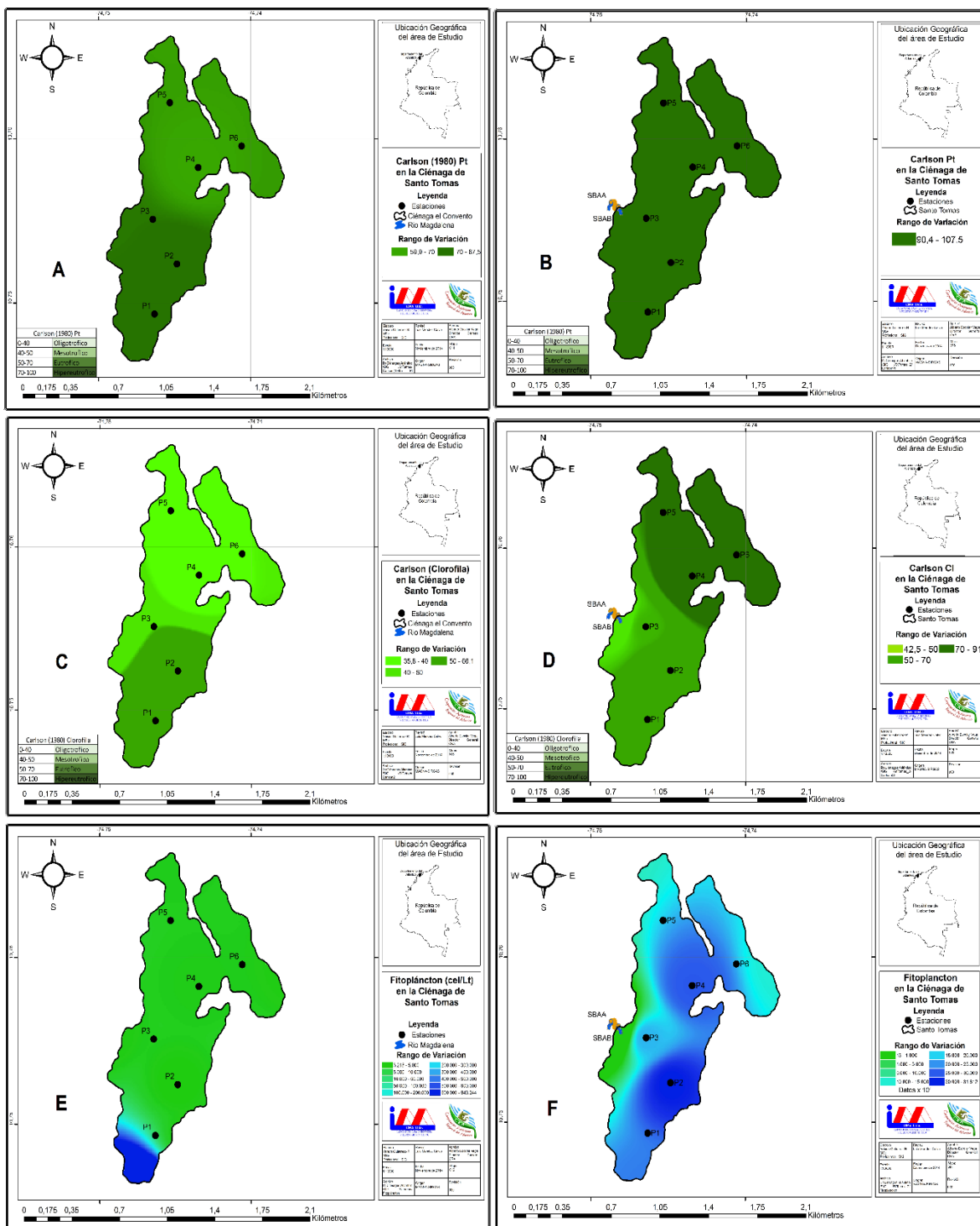


Figura 88. Mapa de variación del índice de Carlson en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca (A-Fósforo total), (C-Clorofila "a"), (E-Fitoplancton) y de lluvias (B- Fósforo total), (D- Clorofila "a") y (F- Fitoplancton).

Índices de contaminación. Los índices de contaminación aplicados nos dan como resultado variaciones en las épocas del año. El ICOMO en la época seca presenta un valor medio de 0.375, que ubica al sistema dentro de aguas con baja contaminación, que aumenta en la época de lluvias con un valor promedio de 0.474 que ubica al sistema dentro de aguas medianamente contaminadas (Tabla 63, Figura 89). El ICOpH, muestra un valor medio de 0.640, en la época seca en la categoría de aguas altamente contaminadas que disminuye en la época de lluvias a aguas con contaminación baja. El ICOSUS parte de aguas no contaminadas en la época seca hasta aguas medianamente contaminadas en la época de lluvias, por el gran apote de sólidos suspendidos en esta época por el arrastre de materiales. En general parece ser la parte norte de la ciénaga la que tiende a emperorar las condiciones de calidad del agua durante la transición a la época de lluvias. Hacia el sur existe la influencia del canal interceptor que conecta con el Río Magdalena a través de las compuertas, en este período se observó una entrada mínima de agua debido a la extrema sequía y los bajos niveles del río durante la época.

Tabla 63. Resultados de los valores de algunos indicadores de contaminación (ICO).

Época seca		Época de lluvias					
CIÉNAGA	ESTACIÓN	ICOMO	ICOpH	ICOSus	ICOMO	ICOpH	ICOSus
CIÉNAGA DE SANTO TOMÁS	P1	0,444	0,237	0,058	0,241	0,004	0,306
	P2	0,407	0,424	0,043	0,302	0,005	0,29
	P3	0,369	0,918	0,025	0,476	0,011	0,36
	P4	0,382	0,928	0,036	0,94	0,885	0,677
	P5	0,281	0,697	0,025	0,78	0,845	0,88
	P6	0,366	0,636	0,046	*1	0,968	0,49
	CAA	*	*	*	0,241	0,009	0,3
	CAB	*	*	*	0,241	0,143	0,31
	SBAA	*	*	*	0,241	0,243	0,28
	SBAB	*	*	*	0,188	0,91	0,667
$\overline{x}$		0,375	0,640	0,039	0,474	0,208	0,456

* No hay datos en este punto.

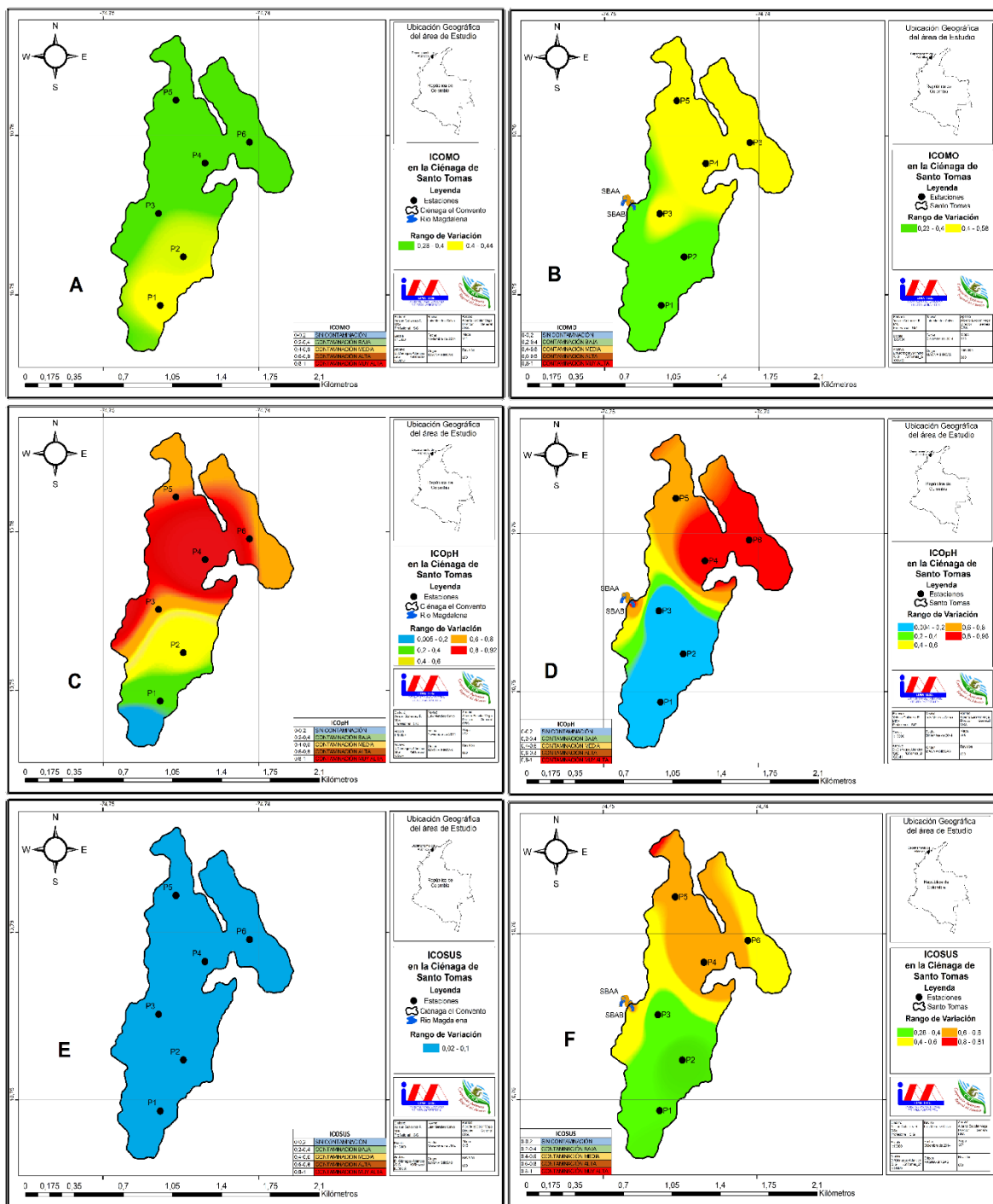


Figura 89. Mapa de variación del índice de Contaminación en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca (A- ICOMO), (C-ICOPH), (E-ICOSUS) y de lluvias (B- ICOMO), (D- ICOPH) y (F- ICOSUS).

6.3.2 Características hidrobiológicas.

Perifiton. Este componente hidrobiológico es muy importante dentro de la cadena trófica ya que sirve de alimento a los macroinvertebrados y fauna íctica.

Al terminar las dos etapas de monitoreo se registró un total de 48 morfoespecies, las cuales están organizadas taxonómicamente en 5 Divisiones tal como se describe en la Tabla 64.

Tabla 64 .Composición y Presencia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga de Santo Tomás en las épocas secas (S) y lluvia (LL).

Phylum	Morfoespecie	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
		S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
Ochrophyta	<i>Navicula pupula</i>		X	X	X		X			X				X				X		X	
	<i>Navicula sp1</i>	X				X		X	X			X				X		X		X	
	<i>Eunotia sp1</i>	X		X	X					X						X					
	<i>Eunotia sp2</i>				X			X	X					X							
	<i>Pinnularia sp</i>			X	X	X						X									
	<i>Synedra sp</i>			X		X															
	<i>Synedra ulma</i>	X		X																	
	<i>Diatoma sp</i>											X		X				X			
	<i>Nitzschia sp1</i>					X		X		X				X						X	
	<i>Nitzschia sp2</i>									X											
	<i>Gomphonema sp1</i>	X	X	X				X	X	X				X						X	
	<i>Gomphonema sp2</i>					X		X		X											
	<i>Melosira sp</i>	X		X										X		X		X		X	
	<i>Cyclotella sp</i>		X											X							
Charophyta	<i>Cosmarium sp1</i>	X						X		X											
	<i>Cosmarium sp2</i>									X											
	<i>Spyrogira temata</i>			X		X						X				X					
Chlorophyta	<i>Ulothrix sp</i>					X	X									X					
	<i>Selenastrum sp</i>							X	X												
	<i>Chlorella sp</i>									X		X									
	<i>Pediastrum duplex</i>			X		X															
	<i>Oocystis sp</i>			X		X		X		X								X			
	<i>Coelastrum microporum</i>			X				X				X		X							
	<i>Pleurotaenium sp</i>						X														
	<i>Tetraedron sp</i>							X						X							
	<i>Schroederia sp</i>								X												
	<i>Actinastrum sp</i>													X							
	<i>Eudorina morum</i>													X							
	<i>Crucigenia sp</i>													X							
	<i>Dresmodesmus quadricauda</i>	X	X							X	X							X		X	
	<i>Scenedesmus ellipticus</i>		X	X												X					
	<i>Scenedesmus apiculatus</i>									X											
	<i>Scenedesmus javanensis</i>															X					

Phylum	Morfoespecie	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
		S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa sp.</i>									X											
	<i>Artrosira sp</i>		X					X		X				X		X		X			
	<i>Croococus sp</i>		X											X							
	<i>Oscillatoria agardhii</i>					X															
	<i>Oscillatoria sp 1</i>	X		X		X										X					
	<i>Oscillatoria sp 2</i>	X		X						X		X		X		X		X		X	
	<i>Lyngbia sp</i>					X								X							
	<i>Spirulina subsalsa</i>						X														
	<i>Spirulina sp</i>	X	X				X		X	X								X		X	
	<i>Anabaena sp</i>	X	X		X				X					X		X					
Euglenozoa	<i>Euglena sp</i>	X								X		X				X		X		X	
	<i>Phacus sp1</i>	X		X		X		X		X		X		X		X					
	<i>Phacus sp2</i>					X		X		X											
	<i>Trachelonoma sp</i>	X		X		X		X										X			
	<i>Strombomona sp</i>			X								X				X					

P7: Compuertas aguas arriba, P8: Compuertas aguas abajo, P9: Sistema de Bombeo aguas arriba, P10: Sistema de Bombeo aguas abajo.

En la Figura 90 se observa notoriamente el dominio de las divisiones Chlorophyta y Ochrophyta, las cuales registran 14 y 16 morfoespecies respectivamente, representando el 33% y el 29%. Los organismos de la división Chlorophyta suelen dominar el plancton eutrófico de cuerpos de agua más someros (Jensen et al. 1994, en Bécares et al. 2004), coincidiendo con los registros de riqueza del sistema. De otro lado con el aporte que hacen las Cyanobacterias a la diversidad (21%), hay que tener en cuenta que son organismos importantes e indicadores en el proceso de eutrofización de los ecosistemas, donde en los elevados niveles tróficos uno de los aspectos importantes es su posible relación con el incremento en la frecuencia de las proliferaciones de algas nocivas como las Cyanobacterias (Paerl, 1997).

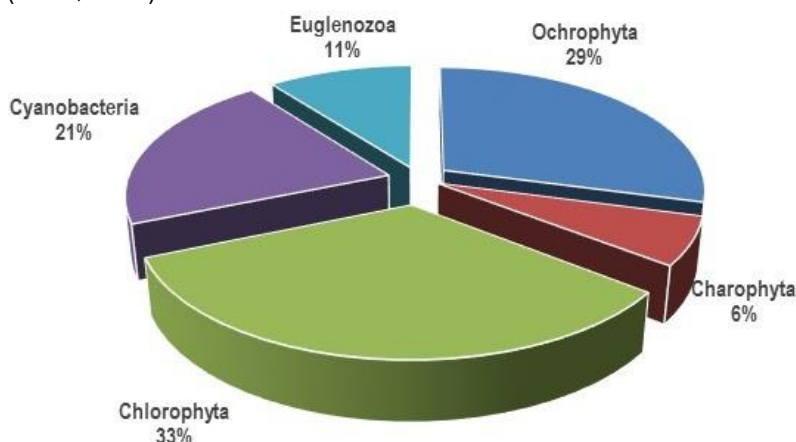


Figura 90. Distribución porcentual del perifiton en la Ciénaga de Santo Tomás en las épocas secas y lluvia.

La división Ochrophyta es el grupo que se encuentra mejor distribuido en el sistema en ambos periodos de muestreo. Durante el periodo seco no hubo registro de organismos de la división Euglenophyta, en contraste, en el periodo de lluvias, se registró en todas las estaciones. Chlorophyta es quien realiza los mayores aportes en número de taxas, fluctuando entre 9 morfoespecies en el periodo de sequía y 14 en la estación lluviosa (Figura 91).

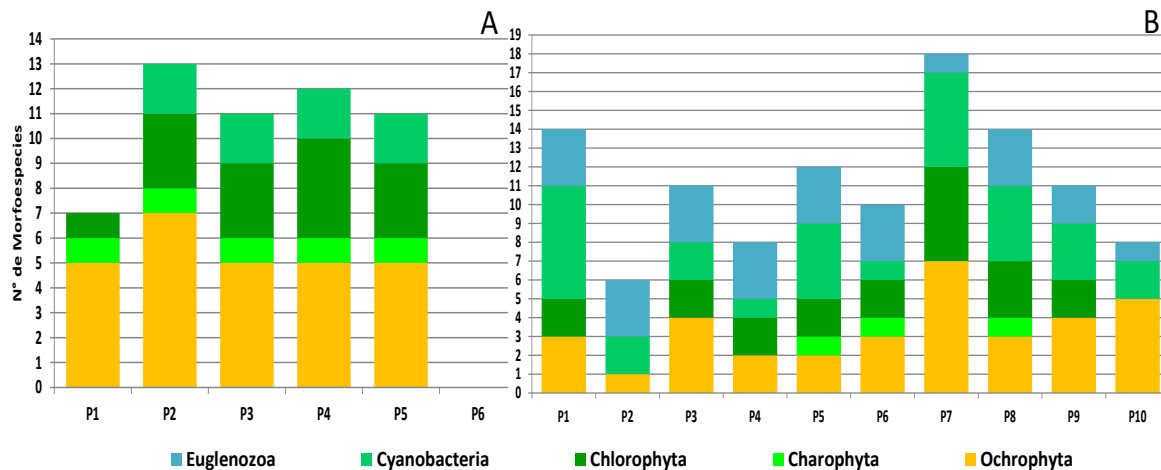


Figura 91. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga de Santo Tomás. A: época seca, B: época lluvia.

Los registros de abundancia en el periodo seco son menores en comparación con los valores registrados en el periodo de lluvias con valores que van de 681.13 Ind/cm² a 4492.6 Ind/cm² en la época de ausencia de lluvias y 554.17 Ind/cm² hasta 14165 Ind/cm² en presencia de la lluvias, probablemente debido a que durante la primera parte de los muestreos predominaba un tiempo seco intenso, afectando el sistema en su extensión y profundidad, a diferencia de los segundos monitoreos donde a pesar de no haber lluvias intensas en el sector, la entrada de agua del caño que se surte del Río Magdalena empezaba a funcionar, lo que favoreció la proliferación del perifiton en términos de riqueza y abundancia.

En cuanto a la distribución de la abundancia del perifiton las Ochrophyta hicieron los mayores aportes, manteniendo un rango con valores entre el 60% y el 70% del total en el la mayoría de los puntos monitoreados en ambos periodos de muestreo. Las Ochrophytas se distribuyen ampliamente en aguas saladas y dulces; por lo tanto, contribuyen significativamente a la productividad de los sistemas acuáticos. Las especies de esta división se ven afectadas en su distribución principalmente por el pH, concentraciones de calcio y magnesio y en un menor grado por la temperatura.

De otro lado Margalef (1983), considera a las Cyanobacterias como un grupo muy común en sistemas con abundante materia orgánica, y en este sistema, además uno de los aspectos importantes en el proceso de eutrofización es su posible relación con el incremento en la frecuencia de las proliferaciones de algas nocivas como las cianobacterias (Paerl, 1997; Anderson et al. 2002), en este contexto se resalta que para esta ciénaga en los dos periodos de muestreo que este presentó una abundancia significativa concordante con los registros en riqueza (Figura 92), de acuerdo a esto se puede inferir que este espejo de agua presenta niveles tróficos elevados.

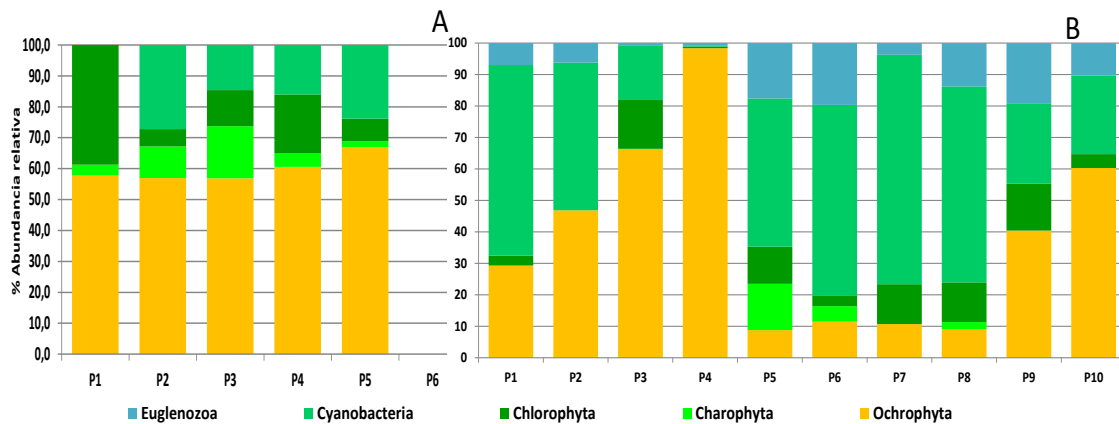


Figura 92. Distribución de la abundancia Ind/cm² discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga de Santo Tomás A: época seca, B: época lluvia.

En el análisis de similitud entre los puntos de muestreo a un nivel de comparación del 50% podemos detallar que para el periodo de sequía se forman un grupo entre P2 y P5 alejándose de los otros lugares de muestreo con una tendencia a que cada punto tuviera un impacto directo del tiempo de sequía al tomar características que los fueran definieran como subsistemas independientes dentro de este sistema al disminuir el volumen de agua, incluso el P6 se registró como seco, como consecuencia del marcado tiempo de sequía (Figura 93-A).

En cuanto a la época de lluvias a un nivel de comparación del 50% se observa que en general la mayoría de los puntos tienen el mismo comportamiento que en la época seca, con excepción de dos grupos, el primero, formado por P1 y P2 y el otro P9 y P10 (correspondientes a las estructuras hidráulicas). Esta diferencia entre los puntos de muestreo se debe a la composición de la riqueza y a la distribución de la abundancia de las diferentes taxas y al tiempo seco que impero en la zona, incluso en el periodo de lluvias donde apenas empezaba a ingresar agua desde el río (Figura 93-B).

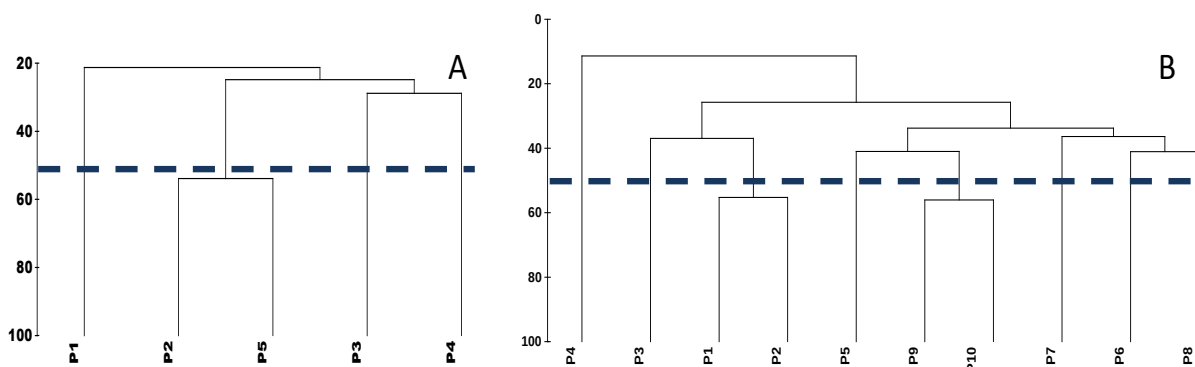


Figura 93. Dendrograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga de Santo Tomás. A: época seca, B: época Lluvia.

En la Ciénaga de Santo Tomás en ambos periodos de monitoreo la comunidad de perifítica se encontraba altamente dominada por organismos de las divisiones Ochrophyta y Cyanobacteria, lo que conllevó al registro de bajos valores de riqueza y diversidad en las ciénagas. Con respecto a la equidad esta fluctúa en el periodo de sequía en tre 0,72 bits en P1 a 0,83 bits en P4, concordando con los valores de dominancia que están entre 0,30 en P1 y 0,15 en P4. Para la estación de lluvias se puede apreciar a partir de la equidad, una buena repartición de los individuos del ensamblaje perifítico entre los taxones presentes especialmente en los sectores P5, P6 y P9 siendo mayor el Índice de dominancia de Simpson el sector P4 (0.96) debido que la abundancia de las Ochrophytas fue significativa, suficientes para referirse a la presencia de un taxón dominante como lo es *Navicula* sp2 (13843.5Ind/cm²) (Tabla 65).

Tabla 65. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca y lluvia

Época de muestreo	Punto de muestreo	Taxa (s)	N	Equidad (J')	H'(loge)	H'(loge10)	Dominancia (λ)	Diversidad de Simpson (1-λ)
Periodo seco	P1	7	4492,6	0,72	1,41	2,03	0,30	0,70
	P2	13	827,6	0,80	2,04	2,95	0,16	0,84
	P3	11	681,1	0,75	1,81	2,61	0,25	0,75
	P4	12	2986,8	0,83	2,06	2,98	0,15	0,85
	P5	11	3353,9	0,79	1,89	2,72	0,20	0,80
Periodo lluvioso	P1	14	11204,5	0,60	1,57	2,27	0,32	0,68
	P2	6	1660,9	0,71	1,26	1,82	0,34	0,66
	P3	11	554,2	0,78	1,87	2,70	0,20	0,80
	P4	8	14165,4	0,07	0,15	0,22	0,96	0,04
	P5	12	358,0	0,93	2,31	3,33	0,12	0,88
	P6	10	642,3	0,63	1,45	2,10	0,39	0,61
	P7	18	3921,6	0,67	1,93	2,78	0,24	0,76

Época de muestreo	Punto de muestreo	Taxa (s)	N	Equidad (J')	H'(loge)	H'(loge10)	Dominancia (λ)	Diversidad de Simpson (1- λ)
	P8	14	4041,2	0,66	1,74	2,50	0,31	0,69
	P9	11	1137,3	0,94	2,26	3,26	0,11	0,89
	P10	9	2040,1	0,90	1,99	2,87	0,16	0,84

Fitoplancton. En este sistema se reportaron un total de 70 morfoespecies repartidas en 38 generos, 24 familias pertenecientes a, 16 órdenes y 6 divisiones (Ver Anexo 3); de ellas las Chlorophytas realizaron las mayores contribuciones a la composición con el 37.7% de las morfoespecies, seguida en orden descendente por las Euglenozoa (20.3%), Cyanobacterias (18,8%), Ochrophyta (13.0%), las Charophyta (8.7%), y finalmente por las Dinophyta (1.4%).

La riqueza taxonómica de la ciénaga aumento de 34 taxa en época de sequía a 52 morfoespecies en en lluvias por el aporte significativo de las euglenofitas y las clorófitas. Estas últimas presentaron el mayor número de taxones durante los dos monitoreos (32.3 % y 38.5% de la riqueza) y en los puntos ubicados en la ciénaga, entre tanto, los ubicados cerca de las estructuras y muestreados solamente en época de lluvias, presentaron a las Ocrofitas y euglenofitas como las más diversificadas (Figura 94).

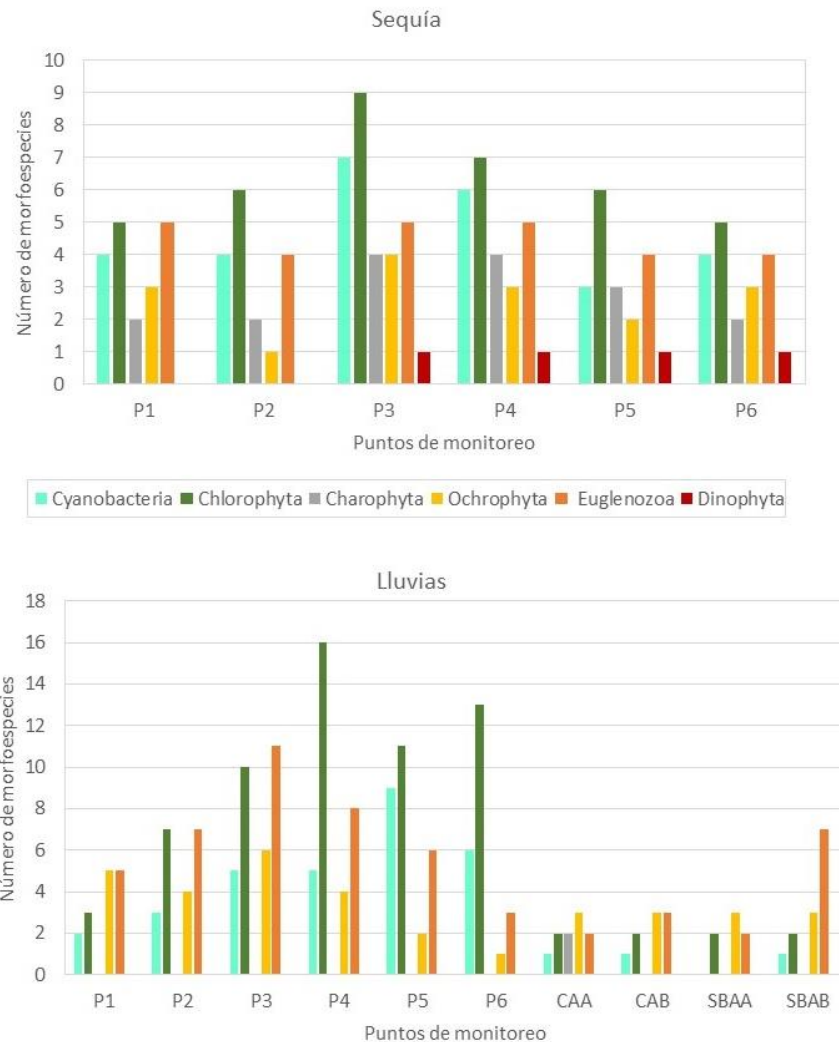


Figura 94. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).

La ciénaga registró una densidad promedio de 5306 Ind/L durante el primer monitoreo; fluctuando de 3220 Ind/L P-2 a 8248 Ind/L Ind/L en P-5; es necesario mencionar que el P-6 registro una densidad intermedia de 4873,4 Ind/L, pero este punto no fue incluido en los análisis porque el alto índice de secado de la ciénaga solo posibilitó un día de muestreo. Siguiendo los criterios de Margalef (1983) la ciénaga posee una densidad baja, posiblemente asociada a un estado de oligotrofía, aún más si se tiene en cuenta que en la durante la sequía los sistemas acuáticos tropicales tiende a incrementar la abundancia fitoplanctónica como efecto de la disminución en la columna de agua y la concentración

de nutrientes (Ramírez y Viña 1998). Por lo que se debe considerar que en el sistema, las macrófitas e hidrofítas fueron abundantes e influyen sobre la composición y estructura del fitoplancton.

El grupo más representativo en cuanto a número de individuos fueron las cianobacterias en el 83% de los puntos aportando más del 50% de la densidad (Figura 95), solo en P-1 este grupo fue desplazado por las Euglenozoa consideradas indicadoras de aguas ricas en materia orgánica (Margalef 1983), siendo representadas por el género *Trachelomona* (19.1% de los individuos), comúnmente asociadas al fondo de los sistemas (Reynolds, 2006) pudiendo relacionarse con la disminución del espejo de agua y algún proceso de mezcla. Las cianobacterias que registran las mayores abundancias fueron *Microcystis densa*, *Oscillatoria sp* y *Chroococcus sp* con abundancias relativas que en general no supera el 50% de los individuos salvo *Microcystis* en P4 (53%).

Para el segundo monitoreo, correspondiente a época de lluvias, los valores de densidad en la ciénaga fueron elevados comparado con el primer monitoreo, oscilando de 17594600.0 Ind/L en P5 a 31812000.0 Ind/L en P2 y se hallan dentro del rango considerado frecuente en sistemas hipereutroficados; este desarrollo exponencial ha sido reportado cuando se estabiliza la entrada de agua a los sistemas acuáticos, coincidiendo en la columna de agua una mayor intensidad luminica y el incremento en el contenido de nutrientes (Ramírez y Viña 1998). En los puntos cercanos a las estructuras hidráulicas el número de individuos fue bajo, inferior a 9000 Ind/L debido al corto tiempo de retención de agua que en su mayoría provenía de escorrentías de aguas lluvias recientes, lo cual reduce el desarrollo de una comunidad más estructurada.

En cuanto a distribución de las abundancias, las cianobacterias siguieron constituyendo el grupo de mayor importancia, destacando entre ellas, la morfoespecie *Oscillatoria sp1* por participar con más del 50% de la abundancia en el 66.6% de los puntos y ser codominante (29% de los individuos) con *Microcystis sp* en los restantes puntos de la ciénaga. Las clorófitas registraron su mayor aporte a la densidad en los puntos localizados cerca a las estructuras, *Pediastrum duplex* se constituyó en la morfoespecie característica con el 70% de los individuos en cada uno de estos puntos.

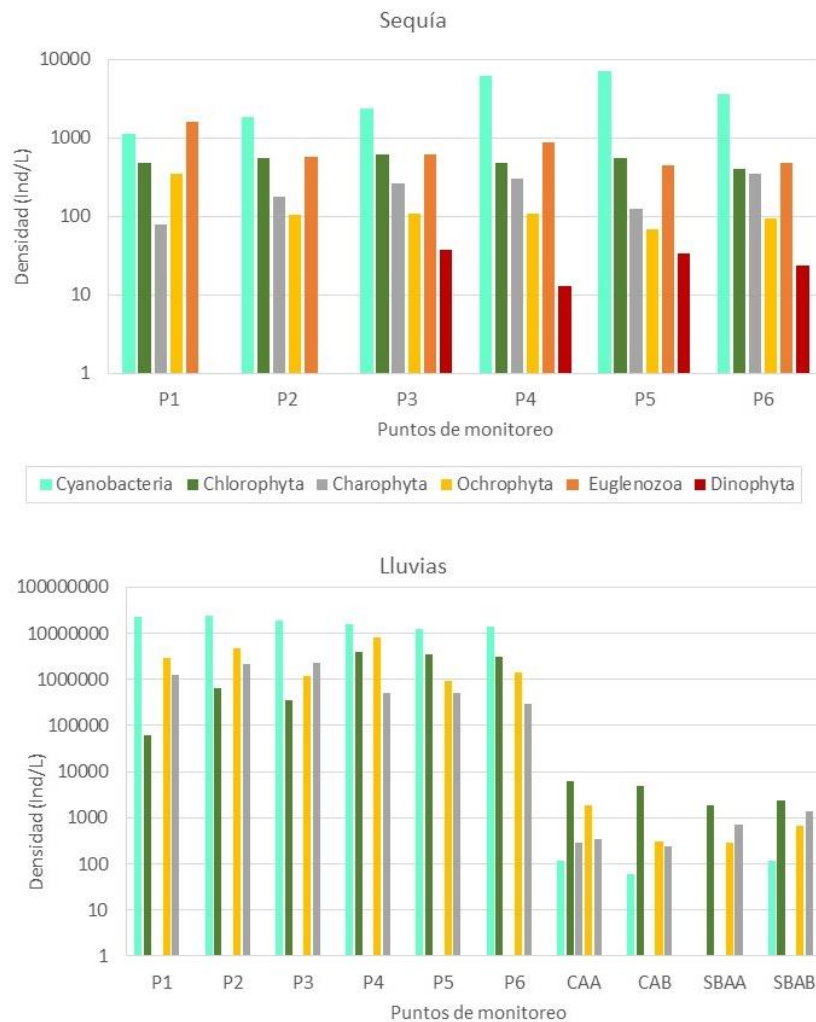


Figura 95. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).

Acorde con los resultados de los índices ecológicos consignados en la Tabla 66 la ciénaga registra valores bajos de diversidad en relación al dominio de pocas especies, pasando de un estado de mediana contaminación (H' promedio =2.0) a aguas muy contaminadas (H' promedio =1.3) en el segundo monitoreo (Ramirez y Roldan, 2008). Para interpretar esta situación se debe considerar el efecto de la abundancia de hidrofitos y macrófitos en el espejo de agua durante el primer monitoreo que limita en crecimiento de las microalgas al competir por luz y nutrientes , para el periodo de lluvias, los macrofitos tienden a desaparecer y/o ubicarse en la zona litoral y en los caños, despejando el

espejo de agua, condición que favorece el crecimiento del fitoplancton al aumentar la penetración de la luz y al registrarse el enriquecimiento del sistema, características aprovechadas por *Oscillatoria sp* predominante en P1 al P4 donde se registran los valores más altos de dominancia y por tanto los menores de diversidad y equidad.

Tabla 66. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás en los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Wiener (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson (λ^{-1}).

Puntos de monitoreo	Época	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	λ^{-1}
P1	Sequía	0,848	2,497	1,084	0,109	0,891
	Lluvias	0,348	0,941	0,409	0,618	0,382
P2	Sequía	0,817	2,316	1,006	0,142	0,858
	Lluvias	0,412	1,253	0,544	0,515	0,485
P3	Sequía	0,682	2,320	1,008	0,193	0,807
	Lluvias	0,248	0,859	0,373	0,682	0,318
P4	Sequía	0,521	1,696	0,737	0,328	0,672
	Lluvias	0,450	1,574	0,684	0,327	0,673
P5	Sequía	0,487	1,433	0,622	0,353	0,647
	Lluvias	0,560	1,866	0,810	0,227	0,773
P6	Sequía*	0,718	2,115	0,918	0,165	0,835
	Lluvias	0,590	1,849	0,803	0,230	0,770
SBAA	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvias	0,603	1,173	0,510	0,441	0,559
SBAB	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvias	0,683	1,753	0,761	0,280	0,720
CAA	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvias	0,536	1,234	0,536	0,481	0,519
CAB	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvias	0,281	0,618	0,268	0,773	0,227

* Dato correspondiente al primer día de monitoreo.

El análisis de clasificación de Bray Curtis para época seca a un 50% de similitud muestra la formación de tres clusters: el primero conformado por las estaciones P4 y P5 con el mayor número de individuos y mayor dominancia causada por *Microcystis sp* y *Chroococcus sp*; el segundo grupo constituido por P2, P3 y P6 con mejor distribución de las abundancias y el predominio de *Microcystis densa*, finalmente P1 forma el tercer grupo con el predominio de *Trachelomonas* (Figura 96).

Para el segundo monitoreo, el análisis segrega los puntos ubicados cerca a las estructuras (semejanza del 50% entre ellos) de los localizados en la ciénaga. Los primeros se caracterizaron por baja abundancia, riqueza y el predominio de *Pediastrum duplex* cuya abundancia se ha asociado a

sistemas someros (incluyendo ríos de flujo lento) ricos en nutrientes (Ramírez, 2000 y Pinilla, 2000). En la ciénaga a un 60% de similitud los puntos se segregan según la magnitud de la densidad en dos grandes grupo, en ambos predomina *Oscillatoria sp* por el incremento en las concentraciones de nutrientes especialmente nitratos (NO_3) dado que esta cianobacteria no es fijadora de este elemento (Ramírez y Viña, 1998).

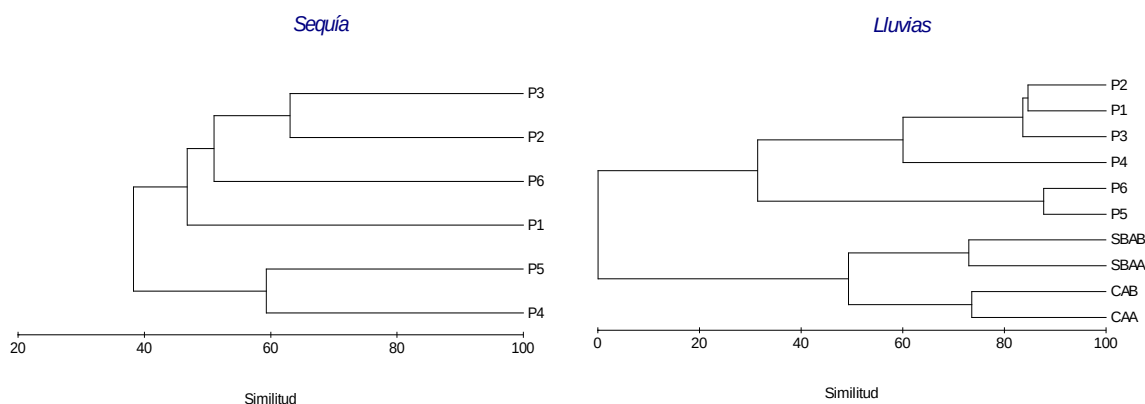


Figura 96. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás durante los dos monitoreos.

Zooplankton. En los dos monitoreos realizados se registró un total de 62 morfoespecies pertenecientes a 29 géneros, 23 familias, 6 ordenes, 4 clases y 2 phylla (Tabla 67), de las cuales el 34.48% se registró en los dos muestreos, aportando el primero de estos un 30.65% de especies diferentes al inventario, contra un 32.23% del segundo monitoreo.

Tabla 67. Composición Taxonómica del zooplankton en la Ciénaga de Santo Tomás en dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Rotífera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Brachionus	<i>Brachionus calyciflorus</i>
					<i>Brachionus angularis</i>
					<i>Brachionus patulus patulus</i>
					<i>Brachionus plicatilis</i>
					<i>Brachionus havanaensis</i>
					<i>Brachionus caudatus</i>
					<i>Brachionus urceolaris</i>
				Keratella	<i>Keratella americana</i>
					<i>Keratella tropica</i>
				Platyias	<i>Platyias quadricornis</i>

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
			Lepadellidae	Lepadella	<i>Lepadella patella</i> <i>Lepadella</i> sp
				Colurella	<i>Colurella</i> sp
			Mytilinidae	Mytilina	<i>Mytilina bisulcata</i> <i>Mytilina ventralis</i>
				Cephalodella	<i>Cephalodella</i> sp
			Proalidae	Proales	<i>Proales</i> sp
			Synchaetidae	Polyarthra	<i>Polyarthra vulgaris</i> <i>Polyarthra remata</i>
				Epiphanes	<i>Epiphanes</i> sp
			Asplanchnidae	Asplanchna	<i>Asplanchna silvestri</i> <i>Asplanchna</i> sp
				Gastropus	<i>Ascomorpha</i> sp
			Euchlanidae	Euchlanis	<i>Euchlanis</i> sp1 <i>Euchlanis</i> sp2
				Dipleuchlanis	<i>Dipleuchlanis propatula</i>
			Lecanidae	Lecane	<i>Lecane papuana</i> <i>Lecane luna</i> <i>Lecane lunaris lunaris</i> <i>Lecane lunaris constricta</i> <i>Lecane bulla</i> <i>Lecane leontina</i> <i>Lecane quadridentata</i> <i>Lecane hamata</i> <i>Lecane nana</i> <i>Lecane tudicola</i> <i>Lecane levistila</i> <i>Lecane stichaea</i> <i>Lecane decipiens</i> <i>Lecane hastata</i> <i>Lecane cornuta</i> <i>Lecane</i> sp1 <i>Lecane</i> sp2 <i>Lecane</i> sp3
					<i>Filinia terminalis</i> <i>Filinia longiseta</i>
					<i>Testudinella</i> <i>Testudinella patina</i>
					<i>Pompholyx</i> <i>Pompholyx</i> sp
					<i>Hexarthra</i> <i>Hexarthra</i> sp
					<i>Ceriodaphnia reticulata</i> <i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>
					<i>Moina</i> <i>Moina micrura</i>
					<i>Moinodaphnia</i> <i>Moinodaphnia macleayi</i>

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
			Macrothricidae	Macrothrix	<i>Macrothrix</i> sp
			Chydoridae	Alona	<i>Alona</i> sp <i>Kurzia</i> sp
			Sididae	Diaphanosoma	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>
		Cyclopoida	Cyclopidae	Mesocyclops	<i>Mesocyclops brasiliensis</i>
	Maxillopoda	Calanoida	Diaptomidae	Notodiaptomus	<i>Notodiaptomus maracaibensis</i> <i>Notodiaptomus</i> sp
		-----	-----	-----	Nauplio indeterminado
	Ostrácoda	Metacopina	-----	-----	Ostrácodo indeterminado

En los sistemas acuáticos continentales, el zooplancton se haya cualitativamente mejor representado por rotíferos y crustáceos, abarcando estos últimos a copépodos y braquiópodos (García-Padilla y Moreira, 2010).

En el inventario total, la clase Monogononta (rotíferos) representó, con el 79.37% de las morfoespecies, la mayor riqueza. Estos son mayoritariamente organismos que pueblan las aguas continentales, teniendo en el plancton un papel ecológico muy importante, el de los microfiltradores (García-Padilla y Moreira, 2010). De otro lado, las demás clases registradas constituyeron, con respecto a los rotíferos, las bajas riquezas que se aprecian en la Figura 97-A.

Del mismo modo, al representar gráficamente las riquezas de cada monitoreo se logra apreciar que los rotíferos constituyeron más del 70% de los registros, Branchiopoda (cladóceros) el 14% en el periodo seco y el 19% en época de lluvias, Maxillopoda (copépodos) el 7% en ambos monitoreos y Ostrácoda igual porcentaje en sequía y lluvias (2%) (Figuras 97-B y 97-C).

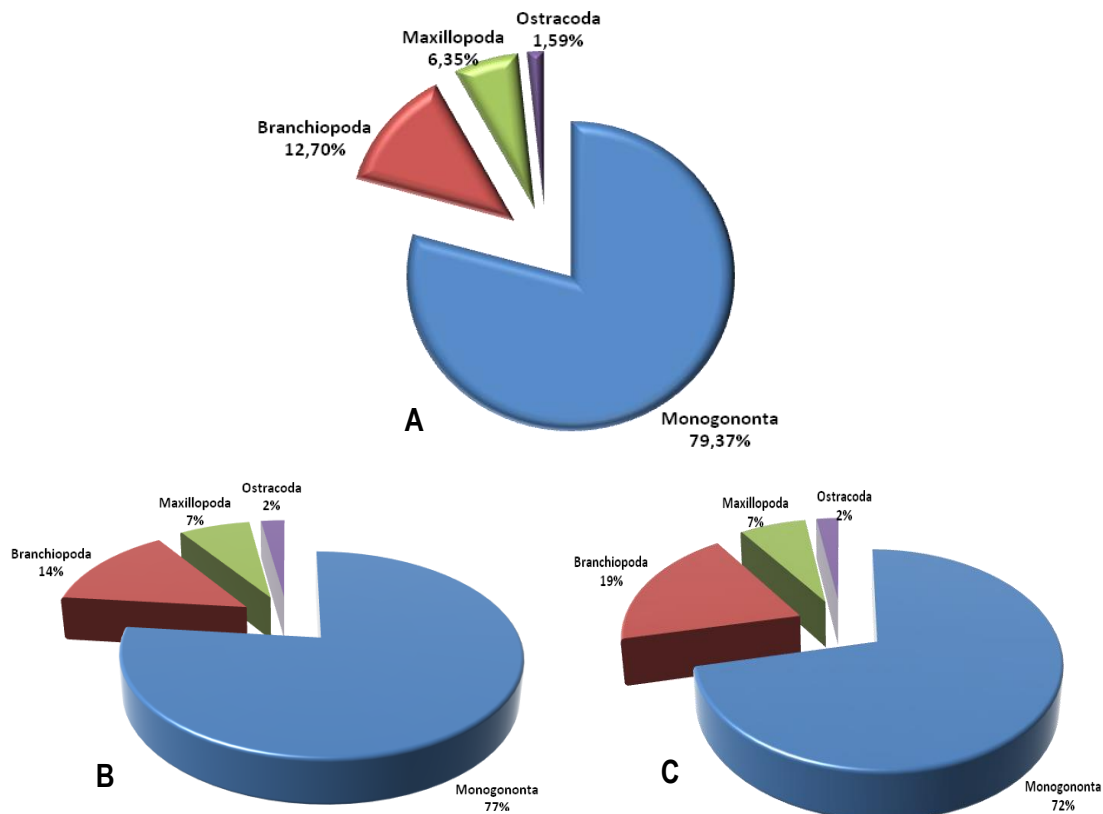


Figura 97. Riqueza de zooplancton por clase en la Ciénaga de Santo Tomás en dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.

Roldan & Ramírez (2008) plantean que los géneros más comunes hallados en ecosistemas dulceacuícolas son *Keratella*, *Polyarthra*, *Brachionus*, *Lecane*, *Euchlanis*, *Asplanchna*, *Filinia* y *Trichocerca*, que en un porcentaje alto fueron registrados en la época seca.

En general, las abundancias registradas de todos los grupos zooplanctónicos fueron bajas y no tuvieron un patrón espacial muy claro. No obstante, se reportó un mayor número promedio de individuos en los puntos 3 y 4 (Tabla 68), caracterizados por la proliferación de macrófitas flotantes y sumergidas.

Es de resaltar que los puntos ubicados cerca a algunas estructuras y que son de interés para este estudio, durante los monitoreos de la época seca se encontraban sin agua, estos puntos son: **SBAA:**

Sistema de Bombeo Aguas Arriba; **SBAB**: Sistema de Bombeo Aguas Abajo; **CAA**: Compuertas Aguas Arriba; y, **CAB**: Compuertas Aguas Abajo.

De acuerdo a estos resultados, teniendo en cuenta que es comprobada la relación entre la abundancia del zooplancton y las macrófitas, se cree que en estos puntos el zooplancton es más abundante porque utiliza las macrófitas como refugio. Entre las investigaciones que describen esta relación está la de Genkai-Kato (2007), quien indica que las macrófitas actúan como refugio para el zooplancton y que por tanto el zooplancton es más numeroso y diverso en la proximidad a estas plantas, y Meerhoff (2006), quien prueba que a diferencia de lo ocurrido con la vegetación sumergida, que sí puede llegar a ser un refugio para el zooplancton de gran tamaño, la vegetación flotante de gran porte parece no producir este efecto y por el contrario, puede llegar a ser perjudicial para crustáceos de gran tamaño.

En cuanto a la densidad de las especies, la baja representación de todos los grupos ha sido principalmente provocada por las condiciones ambientales del momento de muestreo, donde se observó en algunos sectores agua turbia, presencia macrófitas flotantes y sumergidas, y presencia de vegetación descompuesta, lo que sugiere que al momento del monitoreo en este cuerpo de agua se presentaban condiciones de enriquecimiento por exceso de materia orgánica.

Tabla 68. Promedio de Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás durante 5 días de monitoreo en época seca en 2014.

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)						SBAA	SBAB	CAA	CAB
	P1	P2	P3	P4	P5	P6				
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,4	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Brachionus angularis</i>	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Brachionus patulus patulus</i>	1,1	0,2	0,0	0,0	10,4	0,8	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Brachionus plicatilis</i>	0,2	0,7	0,0	0,0	0,5	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lepadella</i> sp	0,8	1,2	0,0	0,4	0,2	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Colurella</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Cephalodella</i> sp	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Proales</i> sp	0,0	0,2	1,0	1,8	0,5	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Polyarthra vulgaris</i>	1,2	0,4	0,2	0,0	0,5	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Polyarthra remata</i>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Epiphanes</i> sp	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Asplanchna silvestri</i>	0,0	0,2	2,5	0,7	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Euchlanis</i> sp1	0,0	0,4	0,6	0,4	0,7	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Euchlanis</i> sp2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane papuana</i>	0,8	0,2	1,0	14,8	3,9	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane luna</i>	0,2	0,0	4,0	6,5	6,6	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane lunaris lunaris</i>	0,5	2,0	23,8	15,1	9,5	0,8	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane lunaris constricta</i>	0,0	0,0	0,0	0,7	1,5	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane bulla</i>	0,0	0,0	26,1	32,4	1,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	SBAA	SBAB	CAA	CAB
<i>Lecane leontina</i>	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane quadridentata</i>	0,0	0,7	1,3	1,4	6,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane hamata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,4	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane nana</i>	0,0	0,0	0,3	2,9	1,9	1,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane tudicola</i>	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane levistila</i>	0,0	0,0	7,9	12,6	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane stichaea</i>	0,0	0,0	3,8	0,0	0,2	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane decipiens</i>	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane sp1</i>	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane sp2</i>	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Lecane sp3</i>	0,0	0,0	0,0	2,2	5,1	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Filinia terminalis</i>	3,3	0,3	8,6	1,8	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Testudinella patina</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Hexarthra sp</i>	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	1,8	0,5	0,3	0,4	1,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	1,3	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Moina micrura</i>	0,0	0,0	7,0	5,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Macrothrix sp</i>	0,0	1,2	3,9	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Alona sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	0,5	0,0	0,3	0,7	2,1	0,8	Seco	Seco	Seco	Seco
<i>Notodiaptomus sp</i>	0,3	0,6	0,0	0,4	0,0	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
Nauplio indeterminado	12,6	11,8	6,8	2,3	12,3	1,4	Seco	Seco	Seco	Seco
Ostrácodo indeterminado	0,5	0,2	1,6	2,2	3,1	0,0	Seco	Seco	Seco	Seco
Total (Ind/L)	26,1	24,7	127,6	104,8	69,3	5,9	0,00	0,00	0,00	0,00

SBAA: Sistema de Bombeo Aguas Arriba; **SBAB:** Sistema de Bombeo Aguas Abajo; **CAA:** Compuertas Aguas Arriba; y, **CAB:** Compuertas Aguas Abajo.

En época lluviosa, el mayor número de individuos totales por estación (2930.4 Ind/L) se registró en P6 con alta abundancia de *Brachionus angularis* con 2086.8 Ind/L quien también obtuvo valores altos en P4 y P5, acompañada de valores importantes de abundancia de la especie *Brachionus caudatus* (Tabla 69). Por el contrario, las estaciones cercanas a las estructuras mostraron valores bajos de abundancia debido a que la mayor parte de las aguas provenían de escorrentías de aguas lluvias recientes, es decir, la posibilidad de desarrollo de la comunidad era escaso, mientras que la mayoría de las demás estaciones poseían aguas estancadas o con un flujo mínimo de agua que permitía el desarrollo dinámico del ensamblaje zooplanctónico.

Tabla 69. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás durante el monitoreo realizado en época lluviosa en 2014.

Morfoespecie	Total (Individuos/Litro)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	SBAA	SBAB	CAA	CAB
<i>Brachionus angularis</i>	10,7	17,0	26,7	694,4	1104,0	2086,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,0	0,0	0,0	49,6	36,0	66,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Brachionus caudatus</i>	119,3	75,7	623,0	496,0	444,0	621,6	9,1	4,7	0,0	3,3
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,0	0,0	0,0	49,6	24,0	22,2	1,5	0,0	0,0	0,0
<i>Brachionus patulus patulus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	2,2
<i>Brachionus urceolaris</i>	1,3	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,9	0,0	0,0
<i>Keratella americana</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
<i>Keratella tropica</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,5	0,0	0,0
<i>Platylas quadricornis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	14,2
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	4,7	4,4
<i>Lepadella patella</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2
<i>Lepadella sp</i>	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	3,1	0,0
<i>Mytilina bisulcata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	5,5
<i>Mytilina ventralis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
<i>Proales sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0
<i>Polyarthra vulgaris</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0
<i>Asplanchna sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	34,3	6,5
<i>Ascomorpha sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	1,6	0,0
<i>Lecane papuana</i>	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	12,5	12,0
<i>Lecane luna</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	3,1	1,1
<i>Lecane bulla</i>	4,0	3,4	3,6	0,0	36,0	0,0	4,6	0,9	35,9	37,1
<i>Lecane hamata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0
<i>Lecane hastata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
<i>Lecane stichaea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	3,1	1,1
<i>Lecane cornuta</i>	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
<i>Lecane leontina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	3,3
<i>Filinia terminalis</i>	10,7	2,3	55,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Filinia longiseta</i>	6,7	0,0	12,5	12,4	0,0	22,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pompholyx sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	2,2
<i>Testudinella patina</i>	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	10,6	2,8	0,0	0,0
<i>Moina micrura</i>	1,3	2,3	17,8	0,0	144,0	22,2	3,0	1,9	0,0	0,0
<i>Moinodaphnia macleayi</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
<i>Alona sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0
<i>Kurzia sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
<i>Macrothrix sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	3,3
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	5,4	5,7	8,9	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	1,1

Morfoespecie	Total (Individuos/Litro)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	SBAA	SBAB	CAA	CAB
<i>Ceriodaphnia cornuta cf rigaudi</i>	4,0	5,7	14,2	49,6	12,0	0,0	0,0	0,0	1,6	4,4
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Notodiaptomus maracaibensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	10,7	29,4	60,5	285,2	216,0	44,4	16,7	68,6	18,7	38,2
Nauplio indeterminado	99,2	18,1	370,2	86,8	96,0	44,4	41,0	12,2	34,3	18,5
Ostrácodo indeterminado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,1
Total (Ind/L)	277,4	161,6	1203,3	1723,6	2112,0	2930,4	127,7	158,9	190,3	162,4

SBAA: Sistema de Bombeo Aguas Arriba; SBAB: Sistema de Bombeo Aguas Abajo; CAA: Compuertas Aguas Arriba; y, CAB: Compuertas Aguas Abajo.

Para el segundo monitoreo (época de lluvias), las abundancias registradas fueron superiores (Figura 98) a las de la época seca, probablemente por la proliferación de organismos a partir de condiciones ambientales favorables que permitieron el desarrollo de las formas de resistencia que se produjeron en el periodo seco donde las condiciones ambientales fueron difíciles.

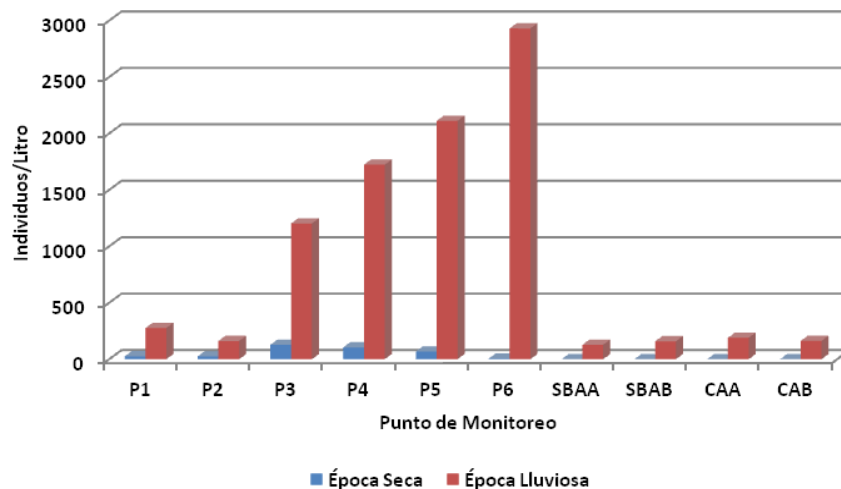


Figura 98. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás durante la época seca y la época lluviosa en 2014.

Hay que tener en cuenta que los ecosistemas de la zona baja del Río Magdalena son muy dinámicos y el ciclo hidrológico juega un papel fundamental, entre otras cosas, en el flujo de nutrientes y en la dinámica de las poblaciones planctónicas.

De otro lado, para la descripción de los índices ecológicos en época seca no se tuvieron en cuenta los valores de P6 debido a que en los últimos monitoreos este punto estuvo totalmente seco, ni tampoco las estaciones cercanas a las estructuras que durante todos los muestreos estuvieron secas. De los resultados de estos índices se puede rescatar la poca diferencia entre las equidades de los puntos de monitoreo, lo que quiere decir, a modo general, que todas las especies eran igualmente abundantes o escasamente representativas, sin embargo, la mayor equidad se dio hacia P5 con 0,82 bits. Del mismo modo, los datos de los demás índices muestran una comunidad de riqueza media y con una diversidad sin grandes diferencias entre sectores monitoreados.

En tanto, en época lluviosa fue en P6 donde se registraron las menores equidades por la presencia abundante de una especie, *Brachionus angularis*, quien posee más del 70% de los individuos registrados para ese punto, que además le confiere la mayor dominancia entre las estaciones monitoreadas. Por su parte, los datos indican que la variación entre las abundancias de las especies en el punto ubicado cerca al Sistema de Bombeo Aguas Arriba (SBAA) es pequeña (Tabla 70).

Tabla 70. Índices ecológicos para el zooplancton registrado en la Ciénaga de Santo Tomás en los periodos de Monitoreo (época seca y de lluvias).

Época Climática	Punto de Monitoreo	Índices ecológicos				
		*S	*N	*J'	*H'(log10)	*Lambda
Época Seca	1	16	26,1	0,69	0,84	0,26
	2	19	25	0,69	0,89	0,25
	3	28	127,7	0,78	1,14	0,11
	4	21	104,9	0,73	0,97	0,16
	5	22	69,2	0,82	1,10	0,10
	6	----	----	----	----	----
	SBAA	----	----	----	----	----
	SBAB	----	----	----	----	----
	CAA	----	----	----	----	----
	CAB	----	----	----	----	----
Época Lluviosa	1	12	277,38	0,61	0,65	0,32
	2	11	161,59	0,69	0,72	0,28
	3	13	1203,28	0,52	0,58	0,37
	4	8	1723,6	0,73	0,66	0,28
	5	9	2112	0,66	0,63	0,34
	6	8	2930,4	0,43	0,39	0,56
	SBAA	19	127,68	0,81	1,04	0,15
	SBAB	16	158,86	0,66	0,79	0,26
	CAA	17	190,32	0,79	0,98	0,13
	CAB	20	162,41	0,78	1,02	0,14

*S = Riqueza; N = Número de individuos; J' = Equidad; H' = Diversidad de Shannon; Lambda = Dominancia de Simpson.

De acuerdo con la densidad del zooplancton, en época seca, el clúster de similitud utilizando el índice de Bray-Curtis muestra mayor afinidad entre las abundancias de P1 y P2 con un 65.3%, y de P3 y P4 con el 60% de similitud. Estos puntos de monitoreo corresponden a lugares similares en cuanto a su estructura; presencia abundante de macrófitas flotantes y sumergidas, y canales donde se evidencia la descarga por escorrentía de aguas ricas en materia orgánica por parte de las fincas cercanas, lo que conlleva al desarrollo de poblaciones compuestas básicamente de las mismas especies y con abundancias poco disimiles porque compiten por los mismos recursos, imponiéndose las mismas en todos los espacios (Figura 99-A).

Para la época lluviosa, las mayores similitudes se registraron entre P4 y P5 con un 78.9% por valores semejantes en el número de individuos registrados, principalmente de las especies *Brachionus caudatus* y *Mesocyclops brasiliensis*, además se obtuvo una similitud importante (68.1%) entre las estaciones CAA y CAB. Así mismo, se puede apreciar que básicamente son dos grupos de estaciones, por un lado de P3 a P6 con las abundancias totales más altas, y por otro, las estaciones cercanas a las estructuras, junto con P1 y P2 con las más bajas (Figura 99-B).

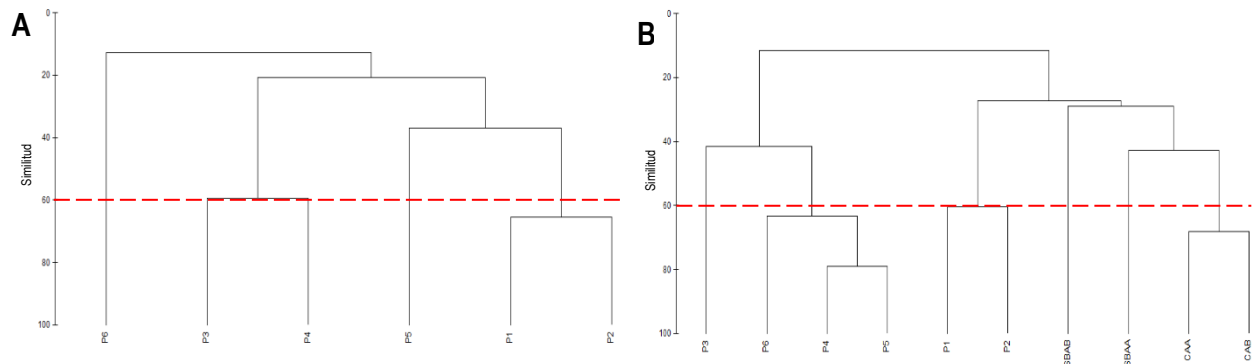


Figura 99. Clúster de similitud de Bray-Curtis según la abundancia de zooplancton en la Ciénaga de Santo Tomás: A) Época seca, B) Época de lluvias.

Macrófitas. Considerando los dos periodos de muestreo para la ciénaga, en total se registraron 18 morfoespecies que taxonómicamente están distribuidas en 15 géneros, las cuales están ubicadas en 11 familias, 9 órdenes, y 2 clases situadas en una división (Tabla 71).

Tabla 71. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás durante dos monitoreos realizados en 2014 (época seca y de lluvias).

División	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	Eichhornia	<i>Eichhornia azurea</i> <i>Eichhornia crassipes</i>
				Cyperus	<i>Cyperus</i> sp
		Poales	Cyperaceae	Eleocharis	<i>Eleocharis</i> sp
				Hymenachne	<i>Hymenachne amplexicaulis</i>
			Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum</i> sp
				Typha	<i>Typha domingensis</i>
		Alismatales	Araceae	Lemna	<i>Lemna minor</i>
				Pistia	<i>Pistia stratiotes</i>
		Fabales	Fabaceae	Mimosa	<i>Mimosa pigra</i> <i>Mimosa pudica</i>
				Neptunia	<i>Neptunia prostrata</i>
		Caryophyllales	Polygonaceae	Polygonum	<i>Polygonum punctatum</i>
		Myrtales	Onagraceae	Ludwigia	<i>Ludwigia erecta</i> <i>Ludwigia helminthorrhiza</i>
		Nymphaeales	Nymphaeaceae	Nymphaea	<i>Nymphaea</i> sp
		Solanales	Convolvulaceae	Ipomea	<i>Ipomea</i> sp
	Polypodiopsida	Salviniales	Salviniaceae	Salvinia	<i>Salvinia auriculata</i>

En general, Poales y Fabales son los órdenes que contribuyen en mayor proporción a la riqueza de la macrófitas con 22.22% (5 morfoespecies) y 16.67% (3 morfoespecies) respectivamente, sumando una riqueza para este grupo de 38.89%, mientras que los demás ordenes representaron individualmente un porcentaje de 5.56 (Figura 100-A). En la época de sequía los órdenes que contribuyeron más a la composición de la diversidad fueron Alismatales, Fabales y Commelinales (Figura 100-B), cada una con porcentaje de 18.2% (2 especies por cada orden), mientras que en la época de presencia de lluvias, Poales y Fabales dominaron en riqueza con porcentajes de 38.50% y 23.10% respectivamente (Figura 100-C).

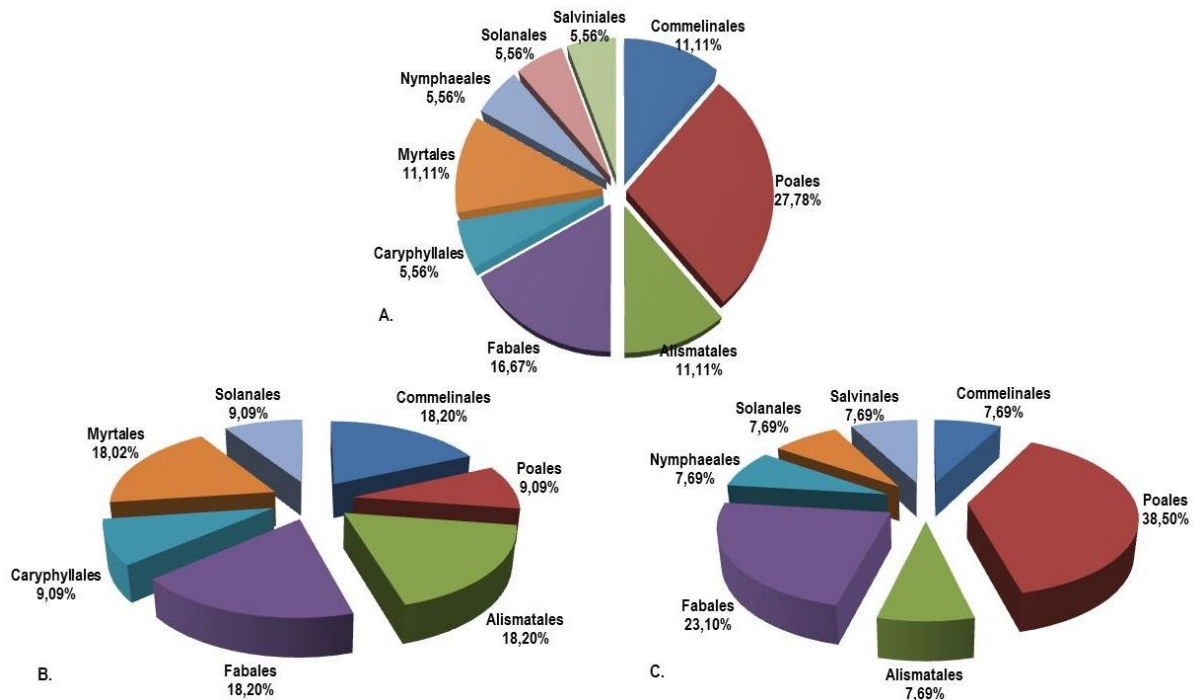


Figura 100. Riqueza de los órdenes de macrófitas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás en dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.

En ambos periodos de muestreo la especie con mayor presencia en la ciénaga fue *Eichhornia crassipes* con más del 70% de la cobertura promedio (Tabla 72). Esta es una planta vascular acuática flotante altamente adaptable a una amplia gama de condiciones ambientales y climáticas.

Se considera que es nativa de los trópicos americanos, desde donde se extendió a otras regiones. En la actualidad se le considera la mala hierba acuática más extendida en las áreas con climas tropicales y subtropicales del mundo. Es muy eficiente fotosintéticamente y presenta una alta velocidad de crecimiento, situándose en el lugar número ocho entre las diez malas hierbas acuáticas de más rápido crecimiento en el mundo. En su rápido crecimiento influyen una serie de factores entre los que se encuentran: la eficiencia de la planta a utilizar la radiación solar, la composición de nutrientes en el agua, los métodos de cosecha de la planta y los factores ambientales como la temperatura (Rodríguez, 2003).

Los valores de las demás morfoespecies registradas no son representativos teniendo en cuenta que las especies del genero *Eichhornia* constituyen cerca del 80% de la cobertura promedio en los puntos de monitoreo del espejo de agua.

De este modo, se puede deducir que el alto valor de cobertura de estas morfoespecies revela que la Ciénaga de Santo Tomás, en estos monitoreos, presenta condiciones eutróficas causadas por enriquecimiento, tanto de origen natural como de antrópico.

Tabla 72. Porcentajes de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás en las épocas de sequía y lluvia de 2014.

Morfoespecie	Monitoreo Ciénaga de Santo Tomás										Monitoreo estructuras. hidráulicas					
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		SBA	SBAB	CAA	CAB
	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	LL	LI	LI	LI
<i>Eichhornia azurea</i>	22,4	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Eichhornia crassipes</i>	72,8	46,4	100	100	69,6	100	76	29,6	76	36,8	100	57,6	61,6	75,2	48,8	71,2
<i>Cyperus</i> sp	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	12,8	5,6	0,0	0,0	16	0,0	24,8	17,6	0,0
<i>Eleocharis</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Paspalum</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,8	0,0	6,4	7,2
<i>Typha domingensis</i>	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lemna minor</i>	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pistia stratiotes</i>	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mimosa pigra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	17,6	0,0	0,0	0,0
<i>Mimosa pudica</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	21,6	0,0	16	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	17,6
<i>Neptunia prostrata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8	0,0	0,0	14,4	0,0
<i>Polygonum punctatum</i>	3,2	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ludwigia erecta</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nymphaea</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ipomea</i> sp	0,0	19,2	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	16	0,0	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Salvinia auriculata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0

*S= Periodo de Sequía, LI= Periodo Lluvioso, SBAA= Sistema de Bombeo Aguas Arriba, SBAB= Sistema de Bombeo Aguas Abajo, CAA= Compuertas Aguas Arriba, CAB= Compuertas Aguas Abajo.

Al igual que en el Complejo de Palmar de Varela, la comunidad de macrófitas de la Ciénaga de Santo Tomás en ambos periodos de monitoreo se encontraba altamente dominada por una especie, *E. crassipes*, lo que conllevó al registro de bajos valores de riqueza, diversidad y equidad en las ciénagas (Tabla 73).

La productividad de las macrófitas acuáticas en el trópico es continua; sin embargo es influida por la época de lluvia y sequía. Este fenómeno es más evidente en los cuerpos de agua de zonas bajas que están sujetos a fuertes fluctuaciones de nivel a causa de la variación estacional (Menezes 1984).

Roldan y Ramírez (2008) manifiestan que por lo regular el género *Euchornia* se desarrolla en los márgenes de lagos y represas, pero de acuerdo con el estado de eutrofización puede invadir rápidamente las aguas abiertas, coincidiendo con los valores registrados en la mayoría de los puntos de monitoreo con porcentajes de distribución por encima del 70% para todo el espejo de agua. Es una planta de distribución cosmopolita, que es considerada una de las “malezas” acuáticas que más problema causa en lagos y embalses (Roldan y Ramírez, 2008). Lo anterior permite deducir que el estado ambiental de este ecosistema es de eutrofización, resultado de la elevada presión que ejercen las poblaciones cercanas, así como la influencia de la marcada época seca que se estaba viviendo, aún en el periodo de lluvias.

Tabla 73. Índices ecológicos para la cobertura de macrófitas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás en las épocas de sequía y lluvia de 2014.

Punto de muestreo	Periodo de muestreo	S	N	J'	H (Log10)	λ
P1	Sequia	5	100	0,47	0,33	0,58
	Iluvia	5	92	0,78	0,55	0,34
P2	Sequia	1	100	-	0,00	1,00
	Iluvia	1	100	-	0,00	1,00
P3	Sequia	5	100	0,60	0,42	0,52
	Iluvia	1	100	-	0,00	1,00
P4	Sequia	4	100	0,58	0,35	0,60
	Iluvia	5	88	0,94	0,66	0,24
P5	Sequia	6	100	0,51	0,39	0,59
	Iluvia	6	100	0,88	0,68	0,23
P6	Sequia	1	100	-	0,00	1,00
	Iluvia	6	100	0,73	0,57	0,38
SBAA	Sequia	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Iluvia	3	100	0,85	0,40	0,45
SBAB	Sequia	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Iluvia	2	100	0,81	0,24	0,63
CAA	Sequia	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Iluvia	5	100	0,85	0,60	0,31
CAB	Sequia	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Iluvia	4	100	0,62	0,38	0,54

S = Riqueza; d = Riqueza de Margalef; J' = Equidad; H' = Diversidad de Shannon; λ = Dominancia de Simpson.

En el análisis de coberturas basado en la imagen multiespectral representada en las Figuras 101 y 102, se estableció una cobertura de macrófitas de 53.90 Ha en promedio (49.24 Ha en el periodo seco y 58.55 Ha en el periodo lluvioso) ubicadas principalmente como vegetación de ribera ocupando aproximadamente el 40% de la superficie del cuerpo de agua, estimada en 122.1 Ha. Adicionalmente se identificaron 4.75 Ha de cobertura dominada por cianobacterias en el periodo seco y de 6.12 en el periodo lluvioso, lo cual puede ser un indicador de eutrofización, junto con la gran productividad aportada por las macrófitas.

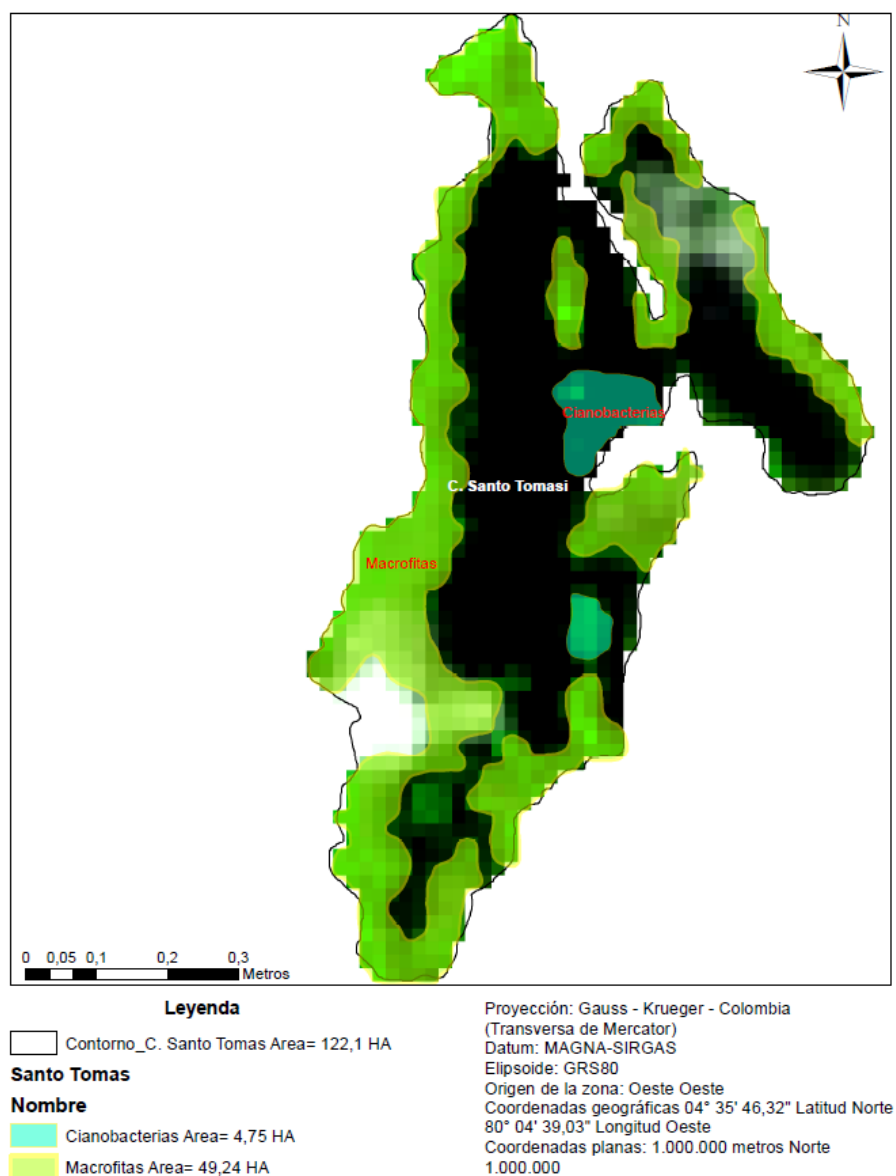


Figura 101. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la Ciénaga de Santo Tomás en la época seca de 2014.

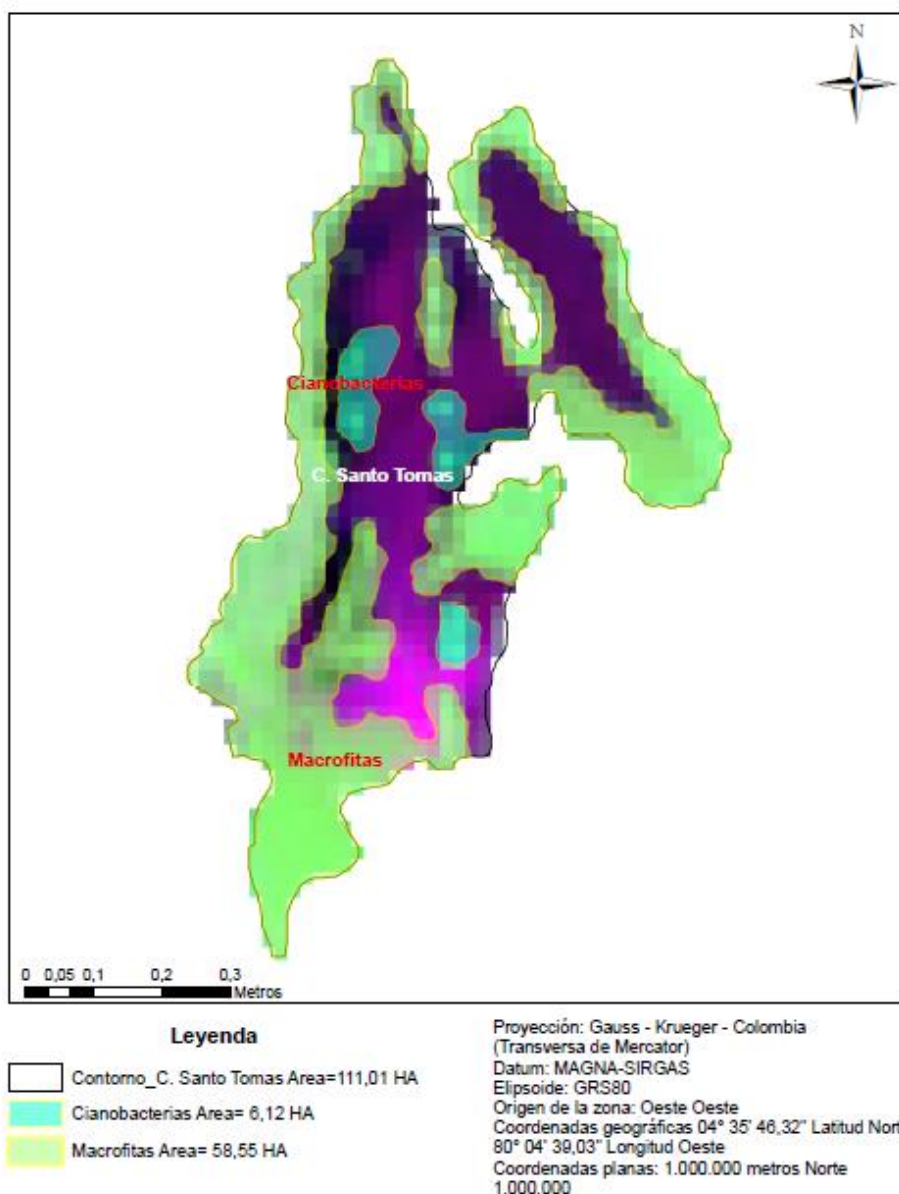


Figura 102. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la Ciénaga de Santo Tomás en la época lluviosa de 2014.

Macroinvertebrados bentónicos. La comunidad de macroinvertebrados acuáticos se caracterizó por la presencia de 447 individuos, 64 en la época seca y 383 en la época de lluvias (Tabla 74).

Tabla 74. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga de Santo Tomás.

Punto de Muestreo	Orden	Familia	Género	Época Seca	Época lluviosa
P1	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	36	15
			<i>Tanyponidae</i>		3
	Mesogastroopoda	Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>	1	
		Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	1	
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		1
	Unionoida	Hiyriidae	<i>Polymesoda</i>	6	7
P2	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>		19
			<i>Tanyponidae</i>		32
	Unionoida	Hiyriidae	<i>Polymesoda</i>	4	4
P3	Unionoida	Hiyriidae	<i>Polymesoda</i>	3	10
	Mesogastroopoda	Ampullaridae	<i>Pomacea</i>		2
			<i>Litoridina</i>		8
		Hydrobiidae	<i>Hydrobiosidae</i>		4
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		29
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>		8
P4	Unionoida	Hiyriidae	<i>Polymesoda</i>	6	17
	Mesogastroopoda	Ampullaridae	<i>Pomacea</i>		1
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		20
	Basommatophora	Ancylidae	<i>Ferrisia</i>		1
		Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		48
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	3	125
P5	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>		17
	Mesogastroopoda		<i>Pomacea</i>		1
			<i>Marisa</i>	1	
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		1
	Unionoida	Hiyriidae	<i>Polymesoda</i>	1	1
P6	Odonata	Libellulidae	<i>Tramea sp</i>	1	
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		1
	Unionoida	Hiyriidae	<i>Polymesoda</i>	1	3
CAA	Diptera	Tanyponidae	<i>Tanypodinae</i>		2
	Mesogastroopoda	Ampullaridae	<i>Pomacea</i>		1
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		2

En la época seca, así como en la época de lluvias, los dípteros fueron el orden que registró las mayores abundancias, con porcentajes del 62% (época seca) y 58% (época de lluvias) (Figura 103).

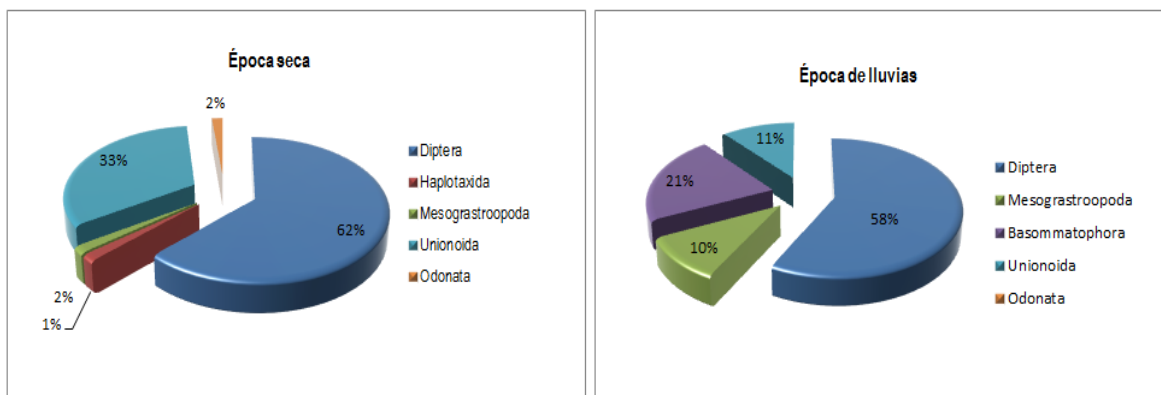


Figura 103. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga de Santo Tomás.

Los dípteros que fueron el orden más representativo en la Ciénaga de Santo Tomás en las dos épocas del año se caracterizan por ser desmenuzadores, dominantes en corrientes de orden bajo, donde la fuente principal del alimento son las partículas gruesas de la materia orgánica. Se considera materia orgánica de tamaño grande por ejemplo las caparzones de animales, las hojas, las agujas de las coníferas y los desechos de madera a las cuales se les llama materia orgánica de partículas gruesas (CPOM), que son las entradas primarias de alimentos en los ríos (Merritt & Cummins, 1996). De acuerdo con estos autores, estos invertebrados consumen las partículas CPOM de tamaño mayor de 1 mm. Las partes bucales de los desmenuzadores funcionan, tanto tijeras que emplean para cortar, deteriorar y separar las partículas CPOM. Estas son transformadas a materia orgánica finamente particulada (FPOM), mediante masticación y producción fecal. Las ciénagas estudiadas en su mayoría se caracterizan por un exceso de materia orgánica, que es aprovechada por estos organismos para su establecimiento.

En P4 se registró el mayor número de individuos, principalmente *Chironomus sp.* En la época de lluvias en los puntos P3 y P4 se registraron las mayores abundancias, determinadas por géneros pertenecientes a los dípteros y moluscos (Tablas 75 y 76), especies tolerantes a condiciones altas de contaminación. Esta dominancia de géneros de dípteros y moluscos se presenta en la mayoría de las ciénagas en estudio, probablemente por intervenciones antrópicas como descargas de aguas residuales, la agricultura y ganadería, así como la construcción de obras de civiles en inmediaciones de la ciénaga, como es el caso de los Boxcoulverts etc, que alteran la dinámica del sistema, sumado a eventos naturales como lo es el fenómeno del niño.

Tabla 75. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo y épocas en la Ciénaga de Santo Tomás.

Punto de muestreo	Riqueza		Abundancia	
	Época Seca	Época De Lluvias	Época Seca	Época De Lluvias
P1	4	4	44	26
P2	1	3	4	55
P3	1	6	3	61
P4	2	6	9	212
P5	2	4	2	20
P6	2	2	2	4
CAA			3	5

Tabla 76. Distribución de géneros en la época seca y de lluvias en la Ciénaga de Santo Tomás.

Género	Distribución por puntos		Total
	Época seca	Época de lluvias	E. Seca-E. Lluvias
<i>Tamea</i>	1		1
<i>Chironomus</i>	2	5	5
<i>Ferrisia</i>		1	1
<i>Gyraulul</i>		4	4
<i>Hydrobiosidae</i>		1	1
<i>Litoridina</i>		4	4
<i>Marisa</i>	1		1
<i>Polymesoda</i>	6	6	6
<i>Pomacea</i>		4	4
<i>Tanyponidae</i>		3	3
<i>Tubifex</i>	1		1
<i>Probezzia</i>	1		1

Ictiofauna. En la Ciénaga de Santo Tomás se realizó toma de muestra del componente íctico correspondiente al monitoreo de la época seca, en el periodo de lluvia no se registraron capturas. En total se capturaron 100 individuos correspondientes a siete (7) especies, agrupadas en tres (3) familias y dos (2) ordenes (Tabla 77). De las especies registradas, dos son consideradas exóticas invasoras de acuerdo con la resolución 0848 del 23 de mayo de 2008 del MAVDT.

Solo se registran capturas en tres de las estaciones monitoreadas, lo que da evidencia de las alteraciones del ecosistema debido a las condiciones de calidad de agua, la falta de conectividad y el desecamiento parcial.

Tabla 77. Clasificación y abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga Santo Tomás.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
CHARACIFORME	Characidae	<i>Astyanax magdalenae</i>			5			
		<i>Hyphessobrycon proteus</i>			8			
		<i>Roeboidea dayi</i>			9		13	
PERCIFORMES	Cichlidae	<i>Andinoacara pulcher</i>			29		11	
		<i>Caquetaia kraussii</i>	5		4		11	
		<i>Oreochromis niloticus</i> *	2					
	Osphronemidae	<i>Trichopodus pectoralis</i> *	3					

*: Especies exóticas invasoras

El orden Characiformes aportó tres especies que corresponden al 35% de la abundancia de peces (Figura 104-A), mientras que los perciformes fueron más abundantes, principalmente por la presencia de los ciclidos *A. pulcher* y *C. kraussii*, que han mostrado ser las especies mejor adaptadas a las condiciones del medio. Llama la atención la escasez de especies del orden Siluriformes, ya que emplean ampliamente los planos inundables para su desarrollo. Es probable que las especies más frecuentes en la parte baja del río no posean las adaptaciones adecuadas para resistir a los cambios drásticos de las condiciones físico-químicas que se evidencian en las ciénagas estudiadas.

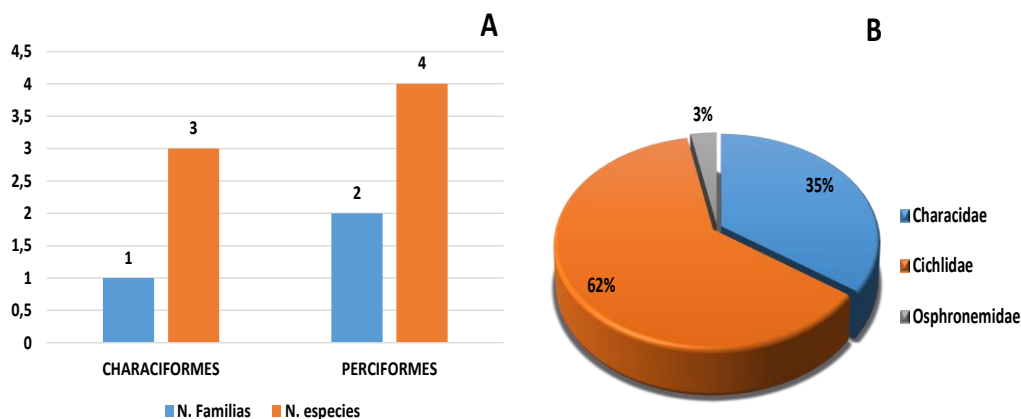


Figura 104. A) Distribución del número de familias y especies de peces según los órdenes encontrados. B) Porcentaje de distribución del número de individuos por familia en la Ciénaga de Santo Tomás.

Aunque en esta ciénaga se registra una mayor riqueza específica, se puede observar que la contribución a la abundancia en las estaciones monitoreadas y en el muestreo general fue aportada de nuevo por los ciclidos *A. pulcher* y *C. kraussi*, además del characido *R. dayi* que han mostrado mayor adaptación a las condiciones propiciadas por el desecamiento, que fue más intenso hacia el sur del complejo de ciénagas (Figura 105). La falta de conectividad es un aspecto importante en la estructura y composición de la ictiofauna en el plano inundable, puesto que limita la sobrevivencia para aquellas especies que tienen la capacidad de reproducirse bajo las condiciones de escaso o nulo recambio. Además que las especies confinadas deben tener la capacidad fisiológica y adaptaciones para sobrevivir bajo las condiciones de sequía que alteran la calidad físico-química del agua y los recursos disponibles para su alimentación. Uno de los aspectos importantes a mencionar con la reducción de la profundidad es la pérdida de microhábitats de litoral que son aprovechadas por diferentes morfotipos dando como resultado las alteraciones negativas en la composición específica. Por otra parte, debe mencionarse que la abundancia que pudo registrarse en algunas estaciones, obviamente no es extrapolable al resto de la extensión de la ciénaga y que el número de individuos puede estar asociado al abarrotamiento que sufren los peces en los hábitats remanentes durante la época de aguas bajas y la época seca, produciéndose además variaciones importantes en el contenido de oxígeno disuelto, aumento de la temperatura, reabsorción de gónadas y disminución en la oferta de recursos que afectan la estructura de la ictiofauna (Echeverría y Machado, 2014).

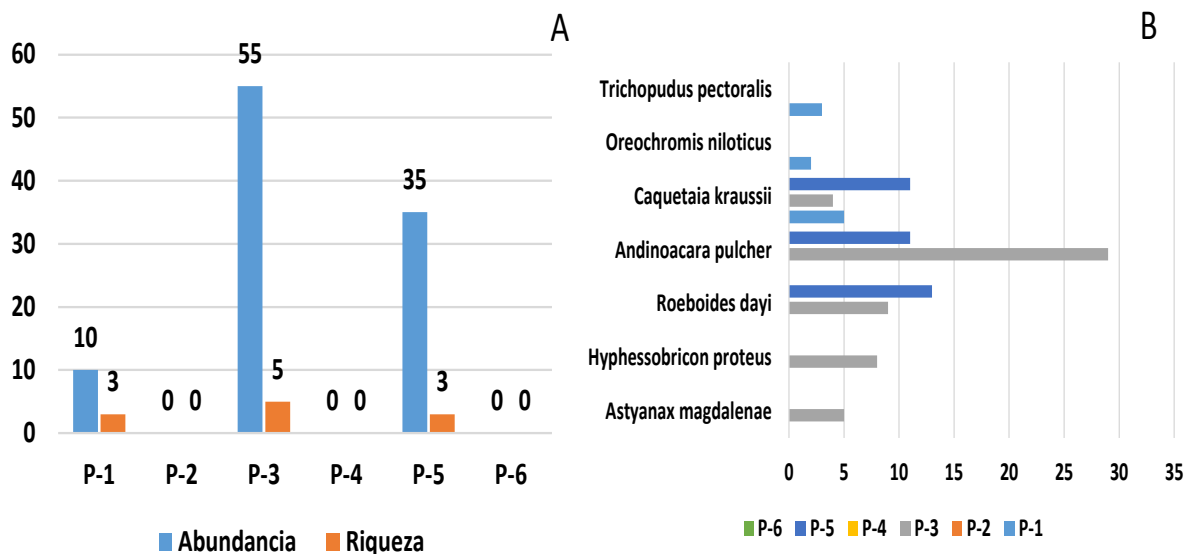


Figura 105. A) Distribución de la abundancia y riqueza por punto. B) Distribución de número de individuos por especie.

La mayor contribución numérica de los ciclidos y de *R. dayi*, acompañada de los más altos valores a la biomasa, sugiere que esta se expresa a expensas del número de individuos, la mayoría de escaso tamaño, aun la mojarra amarilla (*C. kraussii*) que puede alcanzar tamaños comerciales (Figura 106). Lo anterior compagina con el escaso desarrollo de la pesca artesanal comercial, pues no hay productos que representen excedentes con los que se pueda acceder al mercado local.

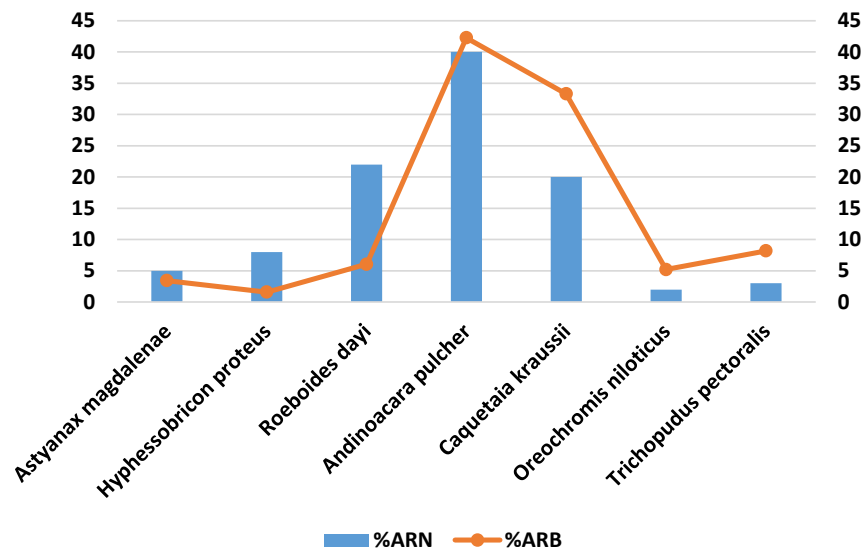


Figura 106. Distribución de los porcentajes de abundancia y biomasa para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga de Santo Tomás.

Los índices ecológicos (Tabla 78), muestran una mejor estructura en comparación con las demás ciénagas analizadas hasta el momento, probablemente por el grado de conectividad que es mejor hacia el norte y más independiente de lo que sucede en el complejo de ciénagas hacia el sur. La equidad se contrapone a una dominancia relativamente baja ($\lambda=0.59$), lo que se debe a la distribución relativamente homogénea en las abundancias relativas de las especies. Cabe mencionar que la estructura de los peces en el plano inundable por lo general obedece a procesos estocásticos, aunque algunos de orden determinista pueden influir, aunque han sido poco estudiados a profundidad como la depredación y la competencia interespecífica (Echeverría y Machado, 2014). No obstante, las ciénagas, a través del análisis, muestran un comportamiento influido por procesos determinísticos de origen antropogénico en lo que tiene que ver con las alteraciones de la hidrodinámica del sistema, por lo que la estructura es complicada de comparar con referentes naturales en los que las alteraciones no son tan drásticas sobre la calidad y flujo del agua. A esto se suman las anomalías climáticas de orden global y regional que contribuyeron a exacerbar los procesos de deterioro.

Por otra parte, además de los tensores ya mencionados asociados a la dinámica hidrológica de todo el sistema y la sequía extendida, la ictiofauna registra componentes introducidos que han sido referenciados como fuertes competidores de la ictiofauna local que aumentan los factores que contribuyen a diezmar la sobrevivencia de especies vulnerables, cuyo efecto aun es desconocido.

Tabla 78. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga de Santo Tomás.

S	N	J'	H' (loge)	H' (log10)	λ	1- λ
7	100	0,800	1,557	0,676	0,259	0,741

6.4 CIÉNAGA DE SABANAGRANDE

6.4.1 Características físico-químicas y microbiológicas.

La Ciénaga de Sabanagrande se caracterizó por presentar aguas con turbidez baja, pH ligeramente básico y aguas altamente mineralizadas, con bajos niveles de oxígeno en la época seca.

Los valores de pH en las dos épocas se encontraron dentro de los valores límite establecidos en la resolución de objetivos de calidad de la C.R.A (Figura 107-A). Los valores de los sólidos suspendidos superan el objetivo máximo de calidad establecido por la CRA, con promedios entre 7 y 8 unidades en ambos períodos aunque de mayor basicidad hacia la época seca (Figura 107-B).

El punto P1 en la época seca y el punto P10 aguas abajo de los boxcoulvert hacia El Convento sobre el caño Pinguillo en la época de lluvia registran los valores más altos de clorofila "a", 176 y 215.3 mg/m³ respectivamente. El promedio en época seca fue de 71.2 mg/m³ con disminución hacia la época lluviosa con 31.7 mg/m³ lo que concuerda con las densidades del fitoplancton que pasaron en promedio aproximado de 237 ind/mL a 52 ind/L excluyendo las aguas influidas por las estructuras hidráulicas que no se tuvieron en cuenta en el período seco debido a que no se encontraban activas (Figuras 107-C y 107-D).

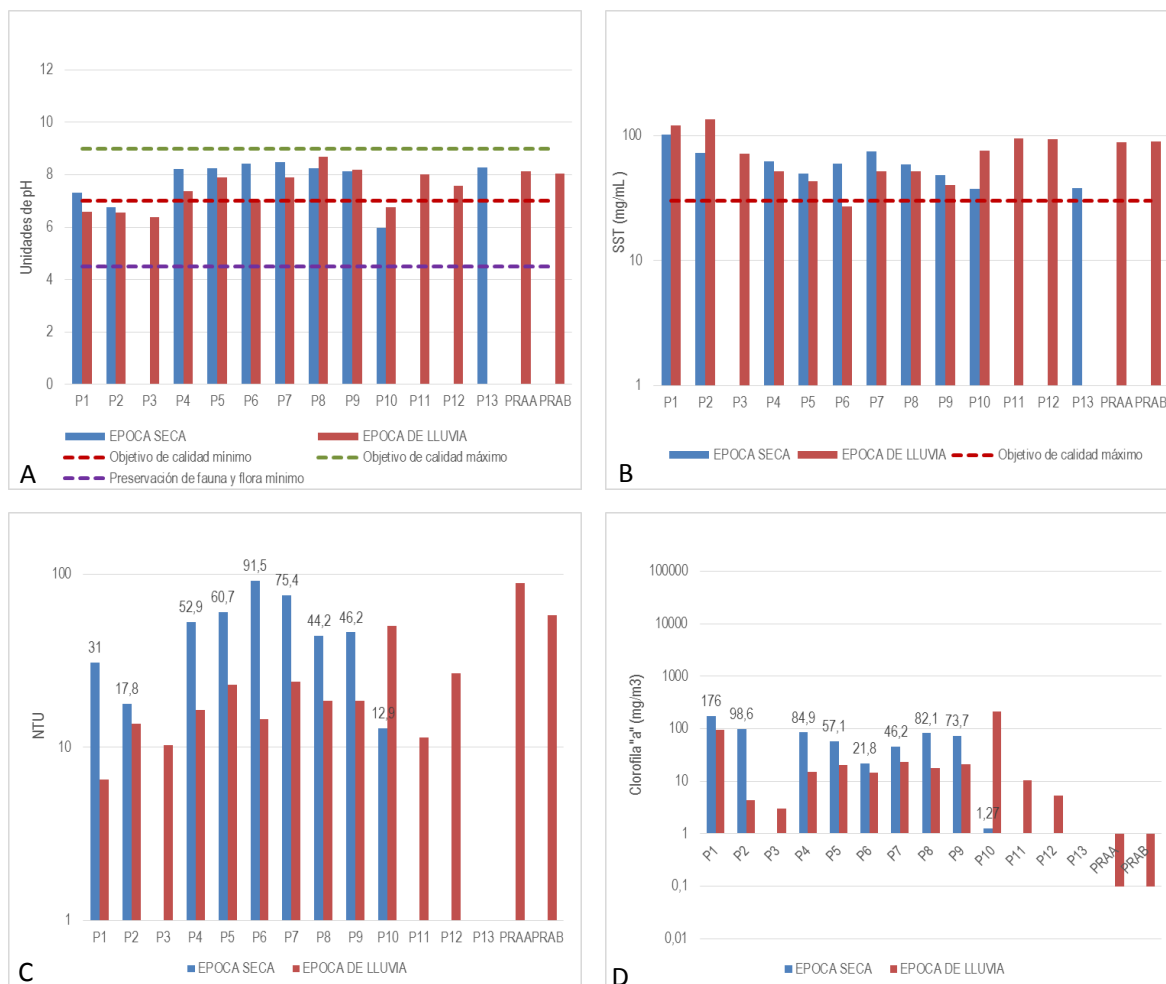


Figura 107. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga de Sabanagrande: A- SST; B- Turbiedad; C- pH; D – Clorofila “a”.

En general los valores de oxígeno en la época seca registran niveles bajos, con una magnitud media de 5.45 mg/L, y en la época de lluvia de 7.45 mg/L. En el punto P1 y en P10 que se encuentra aguas abajo del boxculvert hacia el caño Pinguillo se registraron los niveles más bajos por debajo del nivel de referencia establecido como objetivo de calidad (3 mg/L) y con tendencia a la hipoxia, sobre todo en la época seca (Figura 108-A). Lo anterior coincide con los mayores niveles de DBO₅ y DQO que fueron registrados en el período seco en la mayoría de las estaciones, en todos los casos sobrepasando el valor de 7 mg/l establecido como objetivo de calidad para la DBO₅ (Figura 108-B).

La conductividad registró altos valores, principalmente en la época seca, con magnitudes superiores a los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que muestran una alta mineralización en el sistema, valores que disminuyen en la época de lluvia a un promedio de 699.19 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 108-C).

En general los valores de coliformes fecales y totales se encuentran dentro de los objetivos límite de calidad establecidos por la C.R.A. cpo algunas excepciones relacionadas con las aguas que discurren hacia el caño Pinguillo y las que provienen aguas abajo del boxculvert del puente que pasa sobre el canal que comunica la ciénaga con el río cerca del puerto de Sabanagrande (Figura 108-D).



Figura 108. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga de Sabanagrande: A- O.D; B- DBO y DOQ; C- Conductividad D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).

Nutrientes y estado trófico. Los valores de nitratos en la Ciénaga de Sabanagrande oscilaron de 1.08 mg/L en promedio para la época seca a 2.88 mg/L en la época de lluvias, valores que no superan el objetivo límite de calidad de la C.R.A. (10 mg/L). En cuanto al nitrógeno amoniacal, este registró valores medios de 1.23 mg/L en la época seca y 2.64 mg/L en la época de lluvias, valores que se encuentran por encima del objetivo límite de calidad establecido por la C.R.A. (0.5 mg/L) (Figura 109-A). Los nitritos registraron promedios de 0.575 mg/L y 0.07 mg/L en la época seca y lluviosa respectivamente, los bajos valores de este ion se deben a la inestabilidad de este ion que es fácilmente oxidado en el proceso de nitrificación. Por otra parte, el fósforo total registro valores promedio de 1.04 mg/L en la época seca, aumentando a 3.22 mg/L en la época de lluvias. Un aumento similar fue determinado para los ortofosfatos que entre las dos épocas registró valores de 0.75 mg/L a 3.69 mg/L (Figura 109-B). Los mayores valores de fósforo fueron registrados en las estaciones más cercanas a la población e influidos por sus escorrentías así como por la presencia del arroyo Caña Fístula (estaciones P1, P7, P8 y P9).

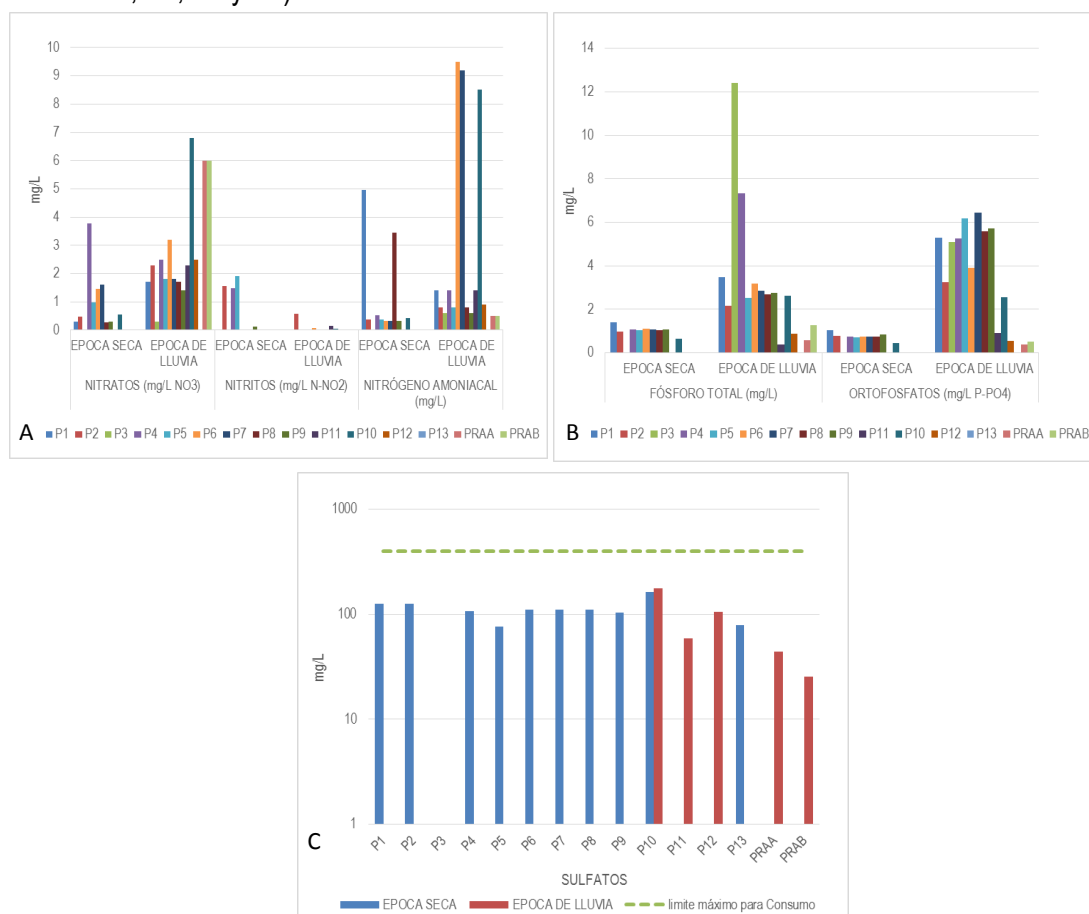


Figura 109. Valores de los nutrientes en la Ciénaga de Sabanagrande. A- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; B- Fosforo total y Ortofosfatos; C- Sulfatos.

El valor de la relación N/P en las dos limitación hacia el Nitrogeno, con valores de 3.72 en época seca y 1.73 en época lluviosa para las estaciones ubicadas dentro del espejo de agua, sin tener en cuenta las estaciones que corresponden a los sistemas que discurren hacia la ciénaga. Estos valores insinúan tendencia hacia la hipereutrofia (Tabla 79 y Figura 110).

Tabla 79. Relación N/P en la Ciénaga de Sabanagrande.

Puntos de muestreo	Relación N/P ÉPOCA SECA	Relación N/P ÉPOCA DE LLUVIA
P1	5,06	0.59
P2	3,08	1.12
P3	*	0.17
P4	7,91	0.74
P5	4,49	0.42
P6	2,36	3.2
P7	2,64	1.7
P8	4,91	0.45
P9	0,88	0.35
P10	2,22	5.9
P11		4.2
x parcial	3.72	1.73
P12		6.08
PRAA		17.59
PRAAB		12.51
x	3.72	3.9

* No se registran datos en este punto debido a las condiciones del sistema. El promedio parcial corresponde a las estaciones ubicadas en el cuerpo de agua. Las otras estaciones son las aguas asociadas a las compuertas y el sistema de bombeo.

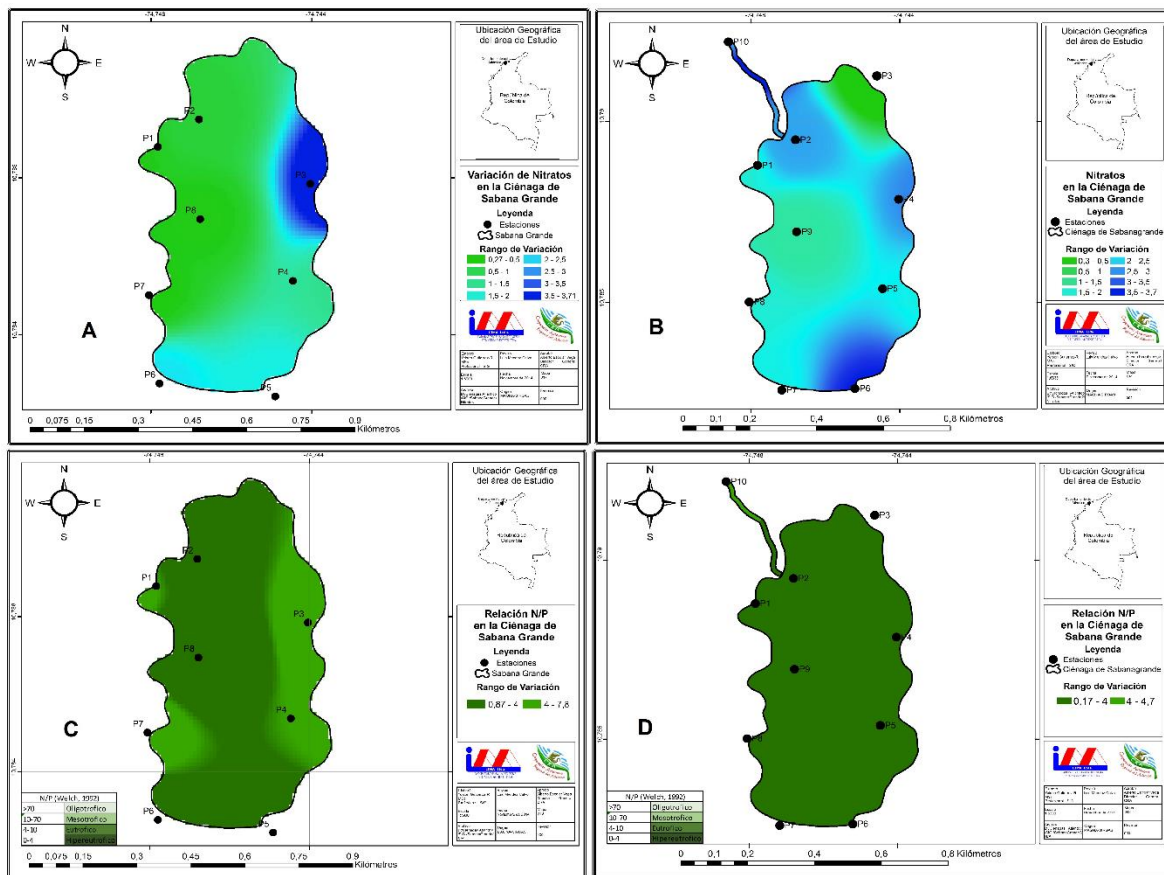


Figura 110. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (E).

Los índices registrados en la Tabla 80, como se ha venido mostrando, dan evidencia de discrepancias en la respuesta y sensibilidad para cada caso, con una tendencia general hacia la eutrofia e hipereutrofia con excepción del índice de Aizaki et al. (1981) y el índice de Margalef sustentado en la densidad fitoplanctónica. Se sigue mostrando mayor consistencia a través del índice de Carlson (1980) basado en la concentración de fósforo Total. Como se verá en la descripción de la vegetación acuática, su cobertura tuvo una variación, disminuyendo de 40.8% en el período seco a 34% en la época lluviosa, lo cual indicaría una mejora en las condiciones de productividad del sistema. De hecho la mayoría de los indicadores muestran esta variación con excepción del índice de Carlson basado en la concentración de fósforo total cuyos valores fueron más estables de un período a otro. Esto sugiere que este índice a pesar de reflejar mejor el estado de cada ciénaga, es menos sensible a las variaciones del sistema por lo que los demás indicadores serán de utilidad para visualizar no

solamente los gradientes espaciales sino temporales del estado trófico como se observa en la Figura 111.

Tabla 80. Indicadores de eutroficación en la Ciénaga de Sabanagrande.

Indicador		Carlson (1980) (TSI)		Aizaki et al. (1981)		Volenweider (1981)	Margalef (1983)
Criterio	Oligotrófico	0-40		0-30		[4.2]	10-100 cel/mL
	Mesotrófico	40-50		30-50		[16.1]	100-1.000 cel/mL
	Eutrófico	50-70		50-80		[42.6]	1.000-1.000.000 cel/mL
	Hipereutrófico	70<TSI<100		>80			
Variable empleada		Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fitoplancton (Cel/mL)
ÉPOCA SECA							
P1		108,6	81,3	6,6	81,0	176,0	142,8
P2		103,6	75,6	10,9	74,7	98,6	802,3
P4		104,6	74,2	10,1	73,1	84,9	159,5
P5		104,3	70,3	10,3	68,7	57,1	147,2
P6		105,1	60,8	9,7	58,2	21,8	165,8
P7		104,7	68,2	10,0	66,4	46,2	174,5
P8		104,3	73,8	10,3	72,7	82,1	275,8
P9		104,8	72,8	9,9	71,5	73,7	131,8
P10		97,2	32,9	16,5	27,2	1,3	140,6
$\bar{X}$		104,1	67,8	10,5	66,0	71,3	237,8
P1		121,78341	75,211378	-4,8808784	74,229893	94,4	10,313333
P2		114,79788	44,886173	1,1990584	40,493282	4,29	5,67
P3		140,06501	41,539539	-20,792465	36,770172	3,05	2,728
P4		132,52341	57,231155	-14,228549	54,227002	15,1	11,33
P5		117,08764	60,037061	-0,7938649	57,348556	20,1	81,432
P6		120,48733	56,765509	-3,7528201	53,708973	14,4	59,272
P7		118,81149	61,61183	-2,2942285	59,100477	23,6	75,6
P8		118,02902	58,899895	-1,613197	56,083465	17,9	151,68333
P9		118,5	60,4	-2,0	57,7	20,8	98,7
P10		117,6	83,3	-1,3	83,2	215,3	26,7
P11		89,6	53,4	23,1	50,0	10,3	1,6
P12		101,7	47,1	12,6	43,0	5,4	317120,0
PRAA		96,3	7,7	17,3	-0,9	0,1	1,6
PRAB		107,3	7,7	7,7	-0,9	0,1	5,4
$\bar{X}$		105,2	43,3	9,6	38,7	42,0	52875,7

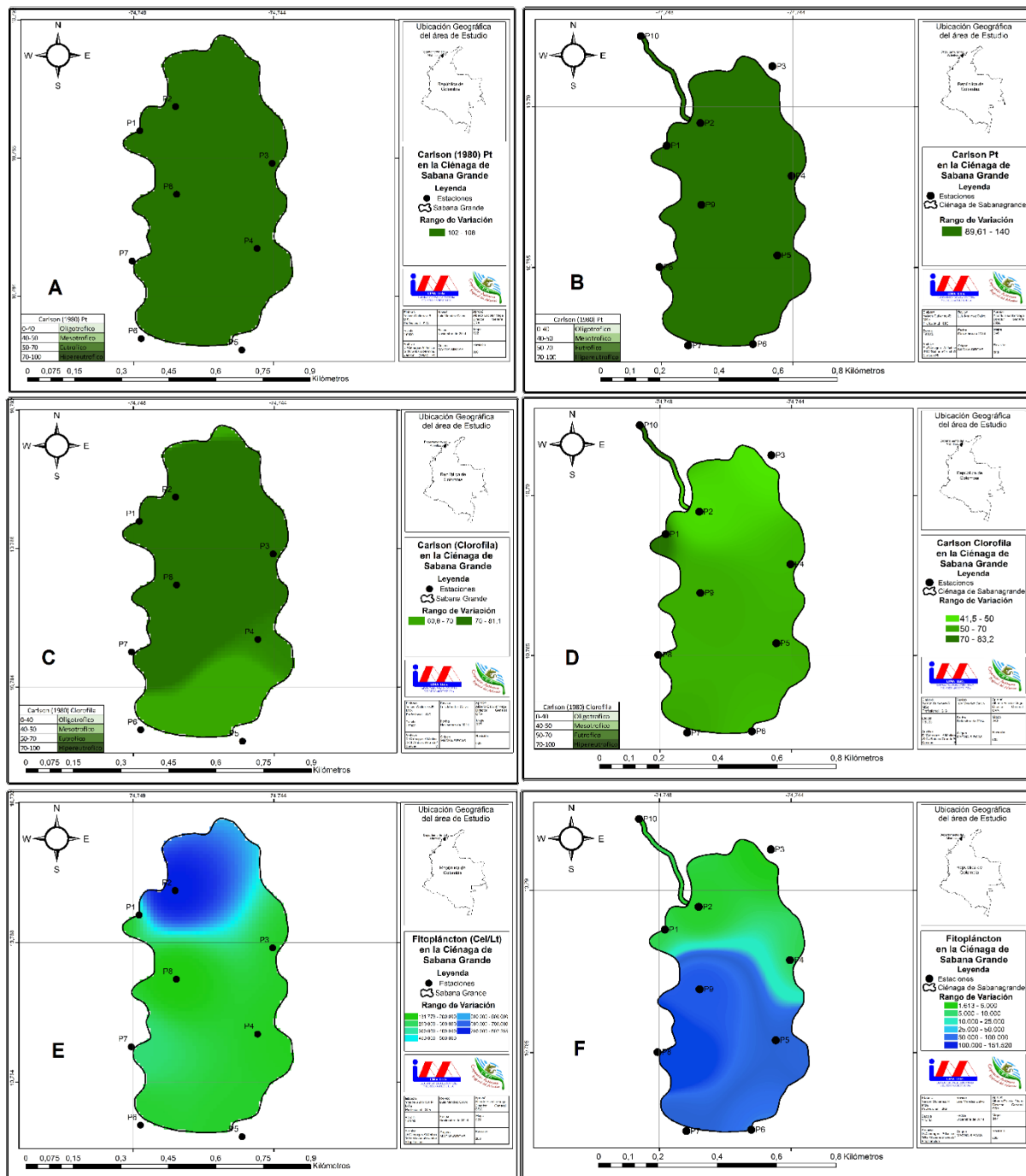


Figura 111. Mapa de variación del índice de Carlson en la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca (A-Fósforo total), (C-Clorofila "a"), (E-Fitoplancton) y de lluvias (B- Fósforo total), (D- Clorofila "a") y (F- Fitoplancton).

Índices de contaminación. Los índices de contaminación aplicados en la Ciénaga de Sabanagrande, muestran de las mejores condiciones de los cuerpos de agua descritos hasta el momento. También se registra en común el aumento en contaminación con sólidos suspendidos hacia la época de lluvias. El índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), registra un valor medio de 0.345 en la época seca que ubica al sistema dentro de la categoría de aguas con una contaminación baja, y se mantiene de esta forma en la época de lluvias con un valor medio de 0.338. De acuerdo al resultado de ICOPH la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca así como en la época de lluvia, se encuentra dentro de la categoría de aguas sin contaminación. El ICOSUS en la época seca registra un valor medio de 0.160, valor que se encuentra dentro del rango de aguas sin contaminación, que aumenta progresivamente en la época de lluvias por incremento de sólidos suspendidos, y con un valor medio de 0.2 ubican al sistema dentro de la categoría de aguas con una contaminación baja (Tabla 81).

Tabla 81. Resultados de los valores de algunos indicadores de contaminación (ICO).

CIÉNAGA	ESTACIÓN	Época seca			Época de lluvias		
		ICOMO	ICOPH	ICOSus	ICOMO	ICOPH	ICOSus
CIÉNAGA SABANAGRANDE	P1	0,332	0,003	0,286	0,395	0,004	0,34
	P2	0,4	0,002	0,196	0,449	0,004	0,385
	P3				0,265	0,008	0,193
	P4	0,291	0,058	0,166	0,304	0,003	0,136
	P5	0,274	0,066	0,129	0,442	0,021	0,109
	P6	0,389	0,116	0,158	0,275	0,001	0,061
	P7	0,315	0,139	0,202	0,361	0,021	0,136
	P8	0,351	0,066	0,156	0,478	0,243	0,136
	P9	0,314	0,048	0,124	0,451	0,056	0,1
	P10	0,502	0,042	0,092	0,437	0,002	0,208
	P11	*	*	*	0,214	0,032	0,265
	P12	*	*	*	0,273	0,007	0,26
	P13	0,282	0,073	0,093	*	*	*
	PRAA	*	*	*	0,203	0,045	0,244
	PRAB	*	*	*	0,187	0,033	0,25
	$\bar{x}$	0,345	0,061	0,160	0,338	0,034	0,2

* No se reportaron datos en este punto por condiciones del sistema

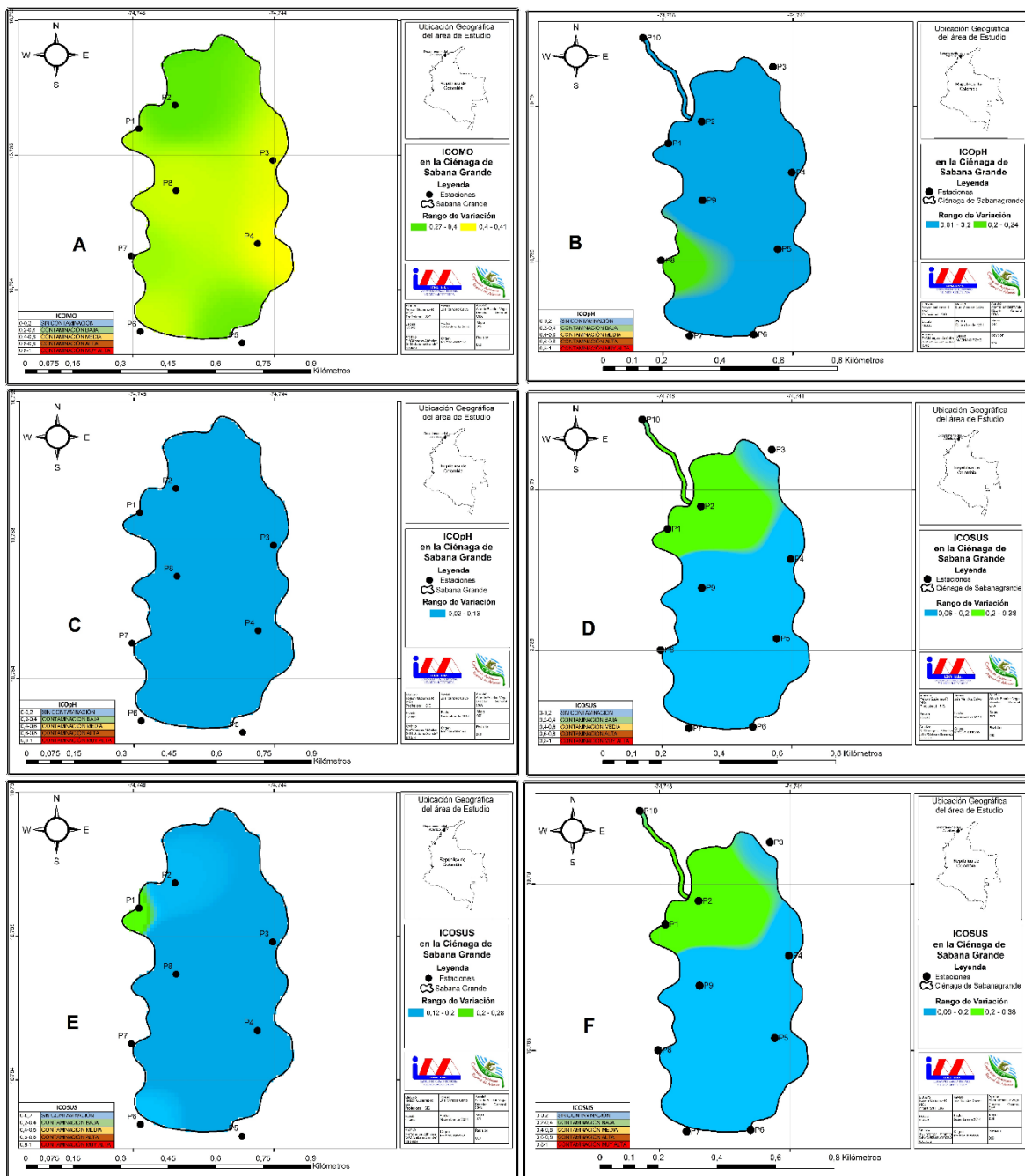


Figura 112. Mapa de variación de los índices de Contaminación en la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca (A-ICOMO), (C-ICOPH), (E-ICOSUS) y de lluvias (B- ICOMO), (D- ICOPH) y (F- ICOSUS).

6.4.2 Características hidrobiológicas.

Perifiton. Para el caso específico de la Ciénaga de Sabanagrande, se registró un total de 52 morfoespecies que se encuentran organizadas en 5 Divisiones, como se describe en la Tabla 82. Cabe destacar que hay varias morfoespecies que se reportan en la mayoría de los puntos de monitoreo para ambos periodos como es el caso de *Navicula* sp, *Gomphonema* sp1, *Phacus* sp1 y *Oscillatoria* sp2.

Tabla 82 .Composición y Presencia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga de Sabanagrande en las épocas secas (S) y lluvia (LL).

Morfoespecie	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		PRAA		PRAA	
	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
<i>Navicula pupula</i>									x				x		x		X									
<i>Navicula</i> sp1	X	X	X	X		X	X		X		X		X	X	X		X	X	X	X	X	X		X		
<i>Navicula</i> sp2							X				X				X		X				X		X			
<i>Eunotia</i> sp1						X				X		X		X	X	X		X		X			X		X	
<i>Eunotia</i> sp2						X					X	X	X										X		X	
<i>Pinnularia</i> sp						X					X				X		X		X		X	X				
<i>Gyrosigma</i> sp																		X		X						
<i>Nitzschia</i> sp1	X		X						X				X	X				X		X			X		X	
<i>Nitzschia</i> sp2									X																	
<i>Cymbella</i> sp	X												X		X											
<i>Fragilaris</i> sp							X						X		X		X									
<i>Gomphonema</i> sp1	X	X	X				X	X	X		X		X	X	X		X		X	X	X	X		X		X
<i>Gomphonema</i> sp2			X										X		X											
<i>Diatoma</i> sp											X		X				X									
<i>Cyclotella</i> sp		X											X										X			
<i>Melosira</i> sp													X		X	X	X						X		X	
<i>Cosmarium boeckii</i>													X		X											
<i>Cosmarium</i> sp1									X				X		X											
<i>Cosmarium</i> sp2															X											
<i>Spyrogira ternata</i>								X		X	X				X	X			X	X	X	X		X		X
<i>Coelastrum microporum</i>											X		X													
<i>Selenastrum</i> sp							X																			
<i>Selenastrum acrosum</i>									X																	
<i>Pleurotaenium</i> sp						X																				
<i>Schroederia</i> sp							X																			
<i>Actinastrum</i> sp													X													
<i>Eudorina morum</i>													X													
<i>Oocystis</i> sp																	X									
<i>Tetraedron</i> sp													X													
<i>Crucigenia</i> sp													X										X		X	
<i>Dresmodesmus quadricauda</i>		X							X			X					X	X	X	X	X					
<i>Scenedesmus ellipticus</i>		X														X										
<i>Scenedesmus javanensis</i>															X											

Morfoespecie	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		PRAA		PRAA	
	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
<i>Scenedesmus apiculatus</i>																			X		X		X		X	
<i>Chlorella sp</i>									X		X															
<i>Ulothrix sp</i>					X						X		X		X	X			X	X	X	X				
<i>Anabaena sp</i>	X	X	X				X		X		X		X	X	X	X	x									
<i>Aphanocarpa sp.</i>									X																	
<i>Artospira sp</i>		X					X		X					X		X		X								
<i>Croococcus sp</i>		X												X												
<i>Oscillatoria sp 1</i>	X		X		X											X	X		X	X	X	X		X		X
<i>Oscillatoria sp 2</i>	X		X						X		X		X		X		X		X		X		X		X	
<i>Lymnaea sp</i>					X								X						X	X	X	X		X		
<i>Spirulina subsalsa</i>													X				X									
<i>Spirulina sp</i>		X							X						X		X									
<i>Euglena viridis</i>									X	X				X												
<i>Euglena sp</i>	X		X		X				X		X				X		X	X	X	X	X		X		X	
<i>Phacus sp1</i>	X				X		X		X		X		X		X				X	X	X	X		X		X
<i>Phacus sp2</i>			X		X		X																			
<i>Trachelonoma sp</i>	X		X				X								X			X	X	X	X	X		X		X
<i>Strombomonas sp</i>											X				X				X	X	X	X		X		X

P10: Puente Pinguillo aguas abajo, P11: Puente Pinguillo aguas arriba

La división Chlorophyta constituye el grupo más diverso de algas, habiéndose descrito más de 7.000 especies, y se denominan comúnmente clorofitas o algas verdes. Pueden colonizar hábitats muy variados, incluso estar presentes en las masas de agua húmedas (Burgos, 2010). Puntualmente en este ecosistema los registros de estas algas representan el 31% de la diversidad con 16 morfoespecies al igual que las Ochrophyta, las cuales suelen dominar el plancton eutrófico de cuerpos de agua más someros (Jensen et al. 1994, en Bécares et al. 2004). En el proceso de eutrofización uno de los aspectos importantes es su posible relación con el incremento en la frecuencia de las proliferaciones de algas nocivas como las cianobacterias (Paerl, 1997), en este contexto se resalta que para esta ciénaga estas algas contribuyen en la composición de la diversidad con el 18% (Figura 113).

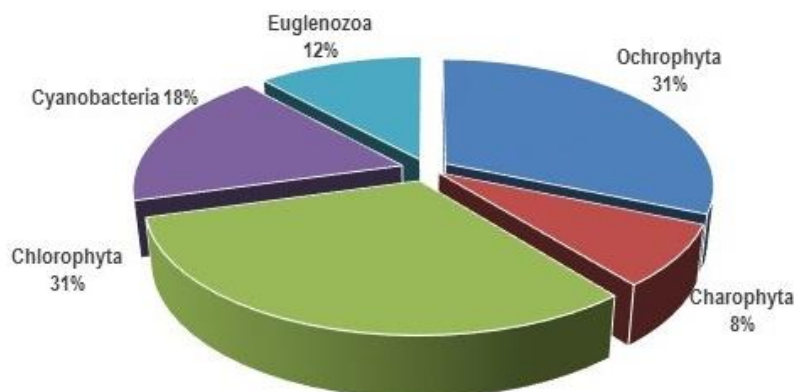


Figura 113. Distribución porcentual del perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande en las épocas secas y lluvia.

La división Ochrophyta, un grupo de características euritípicas se registró en todas las estaciones en ambos periodos de muestreo al igual que las Cyanobacterias. Ochrophyta es quien realiza las mayores contribuciones a la diversidad con valores entre 3 y 10 taxas en el periodo seco; para el periodo lluvioso, las fluctuaciones en los aportes y la distribución de la riqueza son menores, sin embargo está presente en todo el sistema con la presencia de 1 morfoespecie en P2 a 8 morfoespecies en el Puente de Río Aguas Arriba (PRAA) como se detalla en la Figura 114. No hay que dejar de lado los aportes de las cianobacterias a la diversidad general en ambas épocas de monitoreo, siendo más significativo el aporte en la época de lluvias, sumando hasta seis taxas en P1.

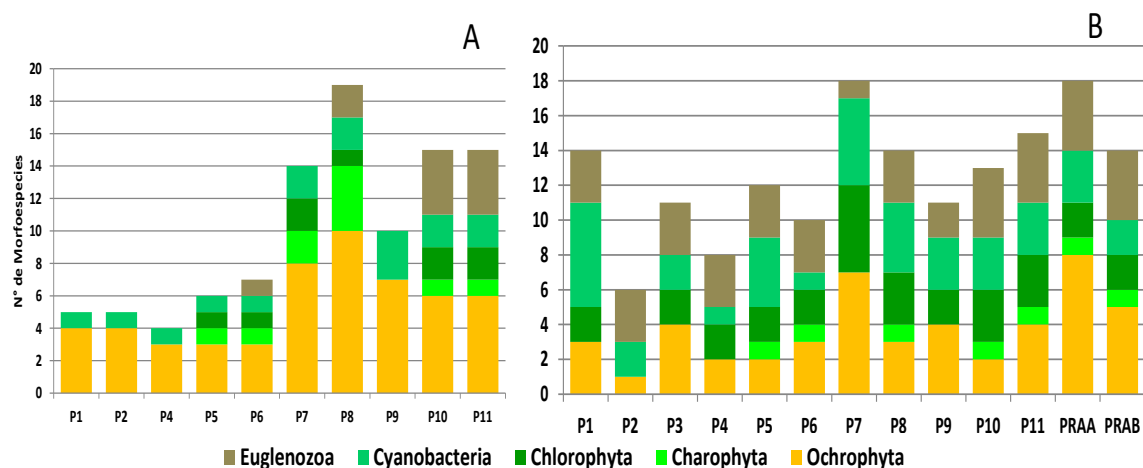
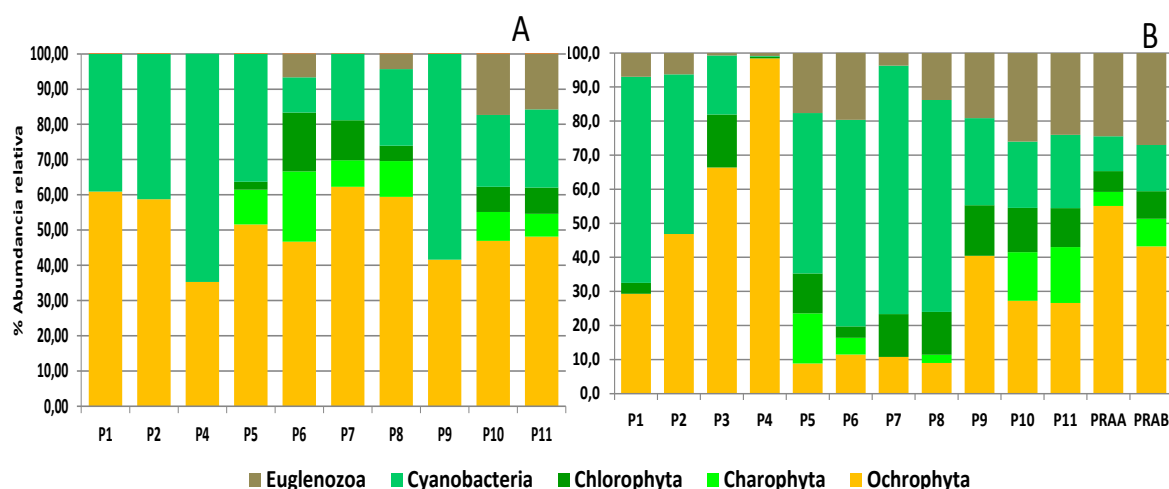


Figura 114. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande. A: Época seca, B: Época lluvia.

En cuanto a la distribución de la abundancia, las Ochrophyta hacen los mayores aportes con valores que oscilan entre un 35% en P4 y 62% en P7 durante el periodo seco, y en el periodo lluvioso se presentaron registros que fluctuaron entre poco menos del 10% en P5 hasta casi 100% en P4. Las Ochrophytas se distribuyen ampliamente en aguas saladas y dulces; por lo tanto, contribuyen significativamente a la productividad de los sistemas acuáticos. Las especies de esta división se ven afectadas en su distribución principalmente por el pH, concentraciones de calcio y magnesio y en un menor grado la temperatura.

De otro lado Margalef (1983), considera a las Cyanobacterias como taxa muy comunes en sistemas con abundante materia orgánica, y en este sistema, además uno de los aspectos importantes en el proceso de eutrofización es su posible relación con el incremento en la frecuencia de las proliferaciones de algas nocivas como las cianobacterias (Paerl, 1997), en este contexto se resalta que para esta ciénaga en los dos periodos de muestreo que este grupo presentó una abundancia significativa (15838.13 Ind/cm² en promedio), lo que representa un indicador evidente de niveles tróficos elevados (Figura 115).



En el análisis de similitud entre los puntos de muestreo a un nivel de comparación del 50% podemos detallar que para el periodo de sequía se forman dos clúster de similitud que reúne en el primero a todos los puntos de muestreo ubicados en la ciénaga y reúne a los puntos P10 y P11 alejados de los cuales se encuentran en el Caño Pinguillo por fuera del espejo de agua. Si se disminuye el grado de

sensibilidad a un 40%, incluyendo los puntos P10 y P11, los cuales manifiestan mayor afinidad, donde las Euglenozoas también tienen una contribución importante en la abundancia (Figura 116-A).

En cuanto a la época de lluvias se observa que todos los puntos tienen un comportamiento diferente entre sí tomando un nivel de comparación por encima del 50%, con excepción del clúster formado por los puntos correspondientes a las estructuras hidráulicas mostrando afinidad entre sí a pesar de estar distantes. Esta diferencia entre los puntos de muestreo se debe a la composición de la riqueza y a la distribución de la abundancia de las diferentes taxas (Figura 116-B).

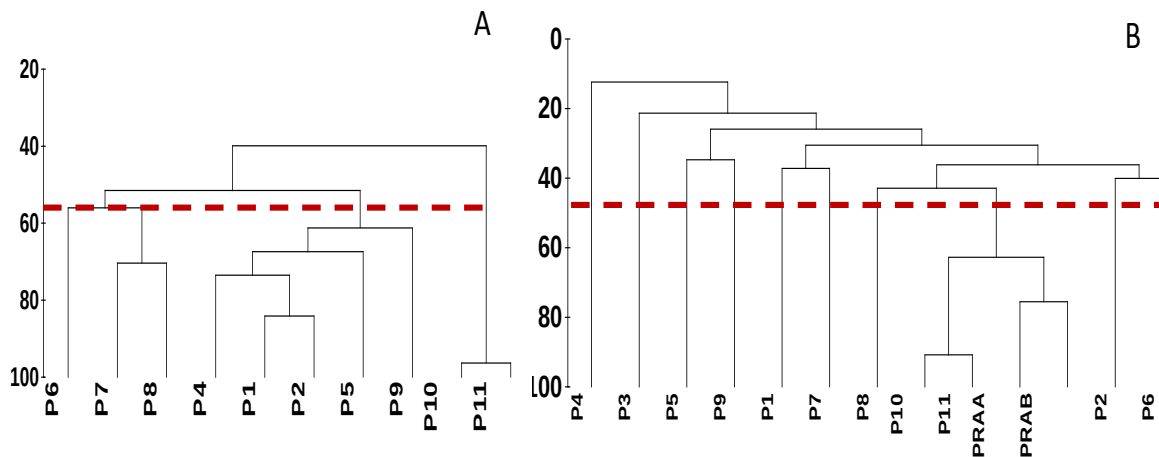


Figura 116. Dendrograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande A-época seca, B: época Lluvia

La composición del perifiton depende del tipo de sustrato, de su rugosidad y del estado trófico de agua (Roldan y Ramírez, 2008). En la Ciénaga de Sabanagrande en ambos periodos de monitoreo la comunidad de perifítica se encontraba altamente dominada por las contribuciones en la abundancia de las divisiones Ochrophyta y Cyanobacteria, lo que conllevó al registro de bajos valores de riqueza, y diversidad en las ciénagas (Tabla 83). Para la estación de sequía se puede apreciar a partir de la equidad, una buena repartición de los individuos del ensamblaje perifítico entre los taxones presentes especialmente en los sectores P6 y P7. En la estación lluviosa el Índice de dominancia de Simpson fue mayor para el sector P4 debido que la abundancia de las Ochrophytas fue significativa, suficientes para referirse a la presencia de un taxón dominante (*Navicula* sp2) ya que estos valores se acercan al valor medio del índice que va de 0-1 (Badii et al. 2007).

Tabla 83. Índices ecológicos del Perifiton en la Ciénaga de Sabanagrande en las épocas seca y lluviosa.

Periodo de monitoreo	Punto de Muestreo	S	N	Equidad (J')	H' (loge)	H' (loge10)	Dominancia (λ)	Diversidad de Simpson (1- λ)
Época seca	P1	5	2876,0	0,80	1,86	0,56	0,31	0,69
	P2	5	2394,8	0,86	2,00	0,60	0,29	0,71
	P4	4	6080,4	0,71	1,43	0,43	0,47	0,53
	P5	6	7967,6	0,83	2,15	0,65	0,27	0,73
	P6	7	2631,4	0,94	2,64	0,80	0,18	0,82
	P7	14	2952,3	0,93	3,53	1,06	0,10	0,90
	P8	19	5505,5	0,85	3,61	1,09	0,12	0,88
	P9	10	6984,9	0,70	2,33	0,70	0,30	0,70
	P10	15	3403,0	0,84	3,30	0,99	0,13	0,87
	P11	15	4064,2	0,84	3,28	0,99	0,13	0,87
	P1	14	11204,5	0,60	2,27	0,68	0,32	0,68
Época lluviosa	P2	6	1660,9	0,71	1,82	0,55	0,34	0,66
	P3	11	554,2	0,78	2,70	0,81	0,20	0,80
	P4	8	14165,4	0,07	0,22	0,07	0,96	0,04
	P5	12	358,0	0,93	3,33	1,00	0,12	0,88
	P6	10	642,3	0,63	2,10	0,63	0,39	0,61
	P7	18	3921,6	0,67	2,78	0,84	0,24	0,76
	P8	14	4041,2	0,66	2,50	0,75	0,31	0,69
	P9	11	1137,3	0,94	3,26	0,98	0,11	0,89
	P10	13	1862,7	0,90	3,32	1,00	0,12	0,88
	P11	15	1502,6	0,87	3,41	1,03	0,11	0,89
	PRAA	18	1580,5	0,92	3,84	1,16	0,09	0,91
	PRAB	14	2072,8	0,93	3,55	1,07	0,10	0,90

Fitoplancton. El fitoplancton registró para la Ciénaga de Sabanagrande un total de 104 morfoespecies distribuidas (anexo 3); la división Chlorophyta o algas verdes realizó la mayor contribución a la riqueza específica (37.5%), seguida por las Cyanobacterias (19.2%), Ochrophyta (18.3%) y las Euglenozoa (15.4%), los grupos que mostraron menor riqueza fueron las Dinophytas (1.9%) y las Criptophytas (1.0%).

En el periodo de sequía se encontraron 81 taxa con una distribución de la riqueza semejante a la composición general en todos los puntos muestreados, al respecto el punto P-3 y los ubicados cerca a las estructuras (P-11, P-12, PRAA y PRAB) con excepción de P10 permanecieron secos durante todo el monitoreo, así mismo, los resultados de los puntos P-1, P-2 y P-10 corresponden a al primer día de muestreo por encontrarse secos los días restantes y el punto 13 es un punto adicional ante la desecación del sector norte de la ciénaga (P-1 al P-3) (Figura 117). Durante las lluvias la riqueza específica fue de 62 taxones, Las clorófitas proporcionaron la mayor variedad de morfoespecies en el

57.7% de los puntos, las Ocrofitas reportaron el mayor numero de taxa en los puntos cercanos a las estructuras.

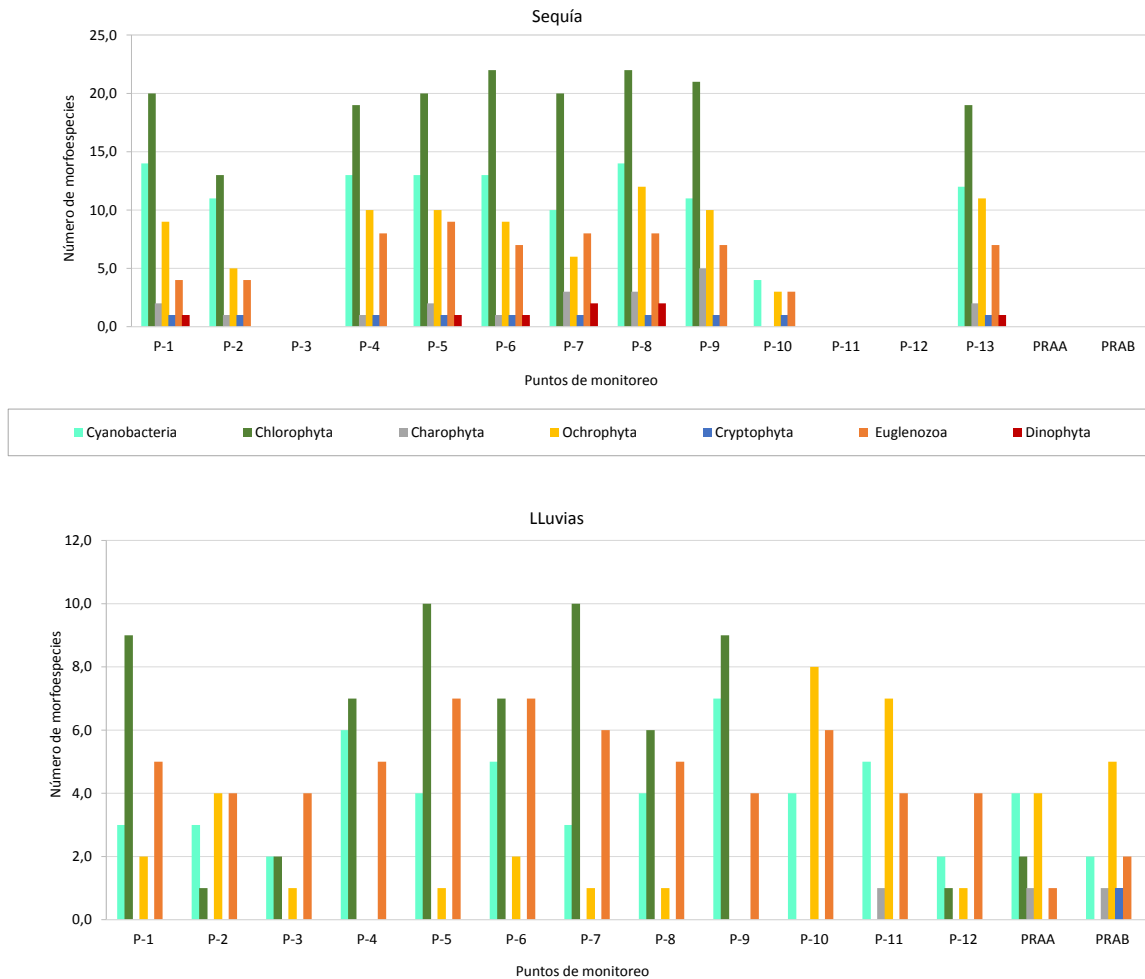


Figura 117. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga de Sabanagrande durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).

La densidad promedio del fitoplancton en la ciénaga fue de 237789 Ind/L, durante la época de seca, oscilando entre los puntos de 140616 a 802256 Ind/L densidad acorde con el valor de referencia para sistemas con enriquecimiento de nutrientes (eutroficación) señalado por Margalef (1983). El valor más bajo se dio en P-10 y el máximo en P-2, puntos donde solo se pudo efectuar un muestreo por el grado de secamiento como consta en las planillas de campo, se debe tener en cuenta que al disminuir la

columna de agua se incrementan los nutrientes y se produce una mayor proliferación de microalgas como ocurrió P-2, sin embargo, en P-10 la abundancia de macrófitos pudo influir en el desarrollo de esta comunidad al competir por la luz y los nutrientes principales factores moldeadores del fitoplancton (Roldan y Ramírez 2008).

En cuanto a la distribución de la abundancia en los distintos grupos, en la figura 118 se puede observar la dominancia de las Cyanobacterias o algas verdiazules para todos los puntos monitoreados, constituyendo entre el 73 y 95,6% de la densidad.

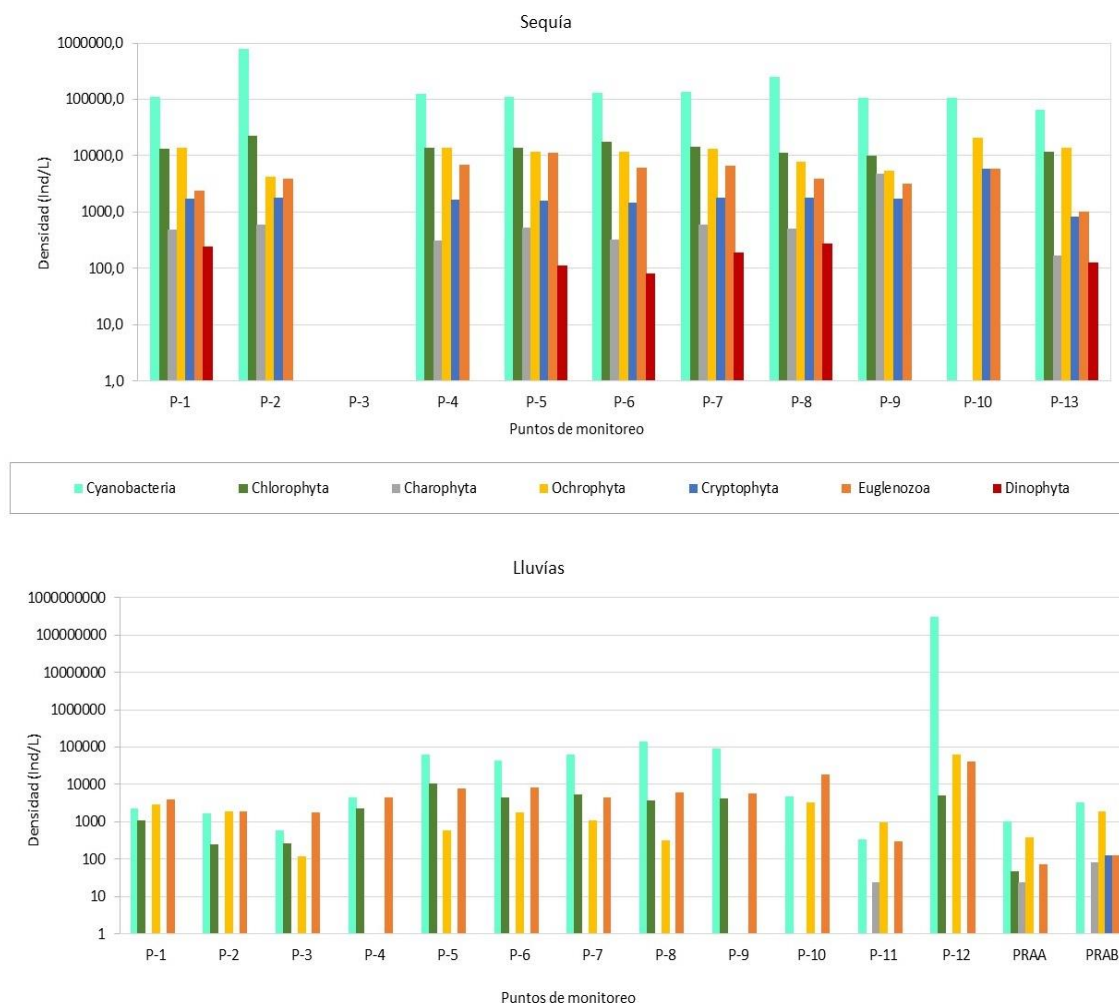


Figura 118. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga de Sabanagrande durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).

A nivel de morfoespecies la densidad presentó el dominio de *Sphaerospermopsis cf torques-reginae* en todos los puntos muestreados con un promedio de 185029,8 ind/L, esta cianobacteria distribuida ampliamente en américa del sur se relaciona con aguas alcalinas, y un rango de pH básico (Werner, V.R. et al 2011) ha sido reportada (como *Anbaena torques-reginae*) en sistemas eutróficos cubanos. Estuvo asociada durante el muestreo con la diatomea central *Cyclotella sp* y otra cianobacteria *Arthrospira sp* quienes aportaron más del 2% de la densidad relativa.

En el periodo de lluvias, el 85% de los puntos monitoreados registraron densidades inferiores a 100000 Ind/L indicando un estado oligotrofico (Margalef, 1983), considerado típico para este periodo climático en los sistemas asociados a planos de inundación, los cuales se identifican por la alta dinámica trófica oscilando de estados eutróficos a oligotróficos acorde con el régimen de precipitaciones (Ramírez y Viña, 1998). El número de individuos registró los valores extremos en los puntos P-11 (1613 Ind/L) y P-12 (317.000.000 Ind/L) localizados ceca de las estructuras y secos en el monitoreo anterior. El punto P-12 se localizó cerca a la compuerta Matera aguas abajo y se caracterizó por una columna de agua muy reducida, bajos niveles de conductividad, fósforo y el predominio de la cianobacteria *Sphaerospermopsis*, entre tanto P-11 localizado aguas arriba del P-10 se distinguió por la abundancia de la diatomea *Nitzschia sp*.

Los Euglenófitos fueron dominantes en el 35,7% de los puntos de monitoreo específicamente los ubicados en la zona norte (del P-1 al P-4) influenciados directamente por las aguas del punto P-10 (19-20 aguas abajo). En este sector de la ciénaga, *Euglena granulata* fue la especie con mayor número de individuos, aportando del 20 al 35% de la densidad. El género *Euglena* ha sido descrito como indicador de sistemas acuáticos con alto contenido de materia orgánica (Ramírez, 2000), para esta consideración la morfoespecie debe presentar una alta densidad.

Los puntos de monitoreo localizados en sector sur de la ciénaga (P-5, P-6, P-7, P-8 y P-9) presentaron el predominio de las cianobacterias, representadas por *Arthrospira sp* (56% al 78% de los individuos) quien es identificada como una especie de bajos requerimientos lumínicos (Ramírez y Roldan, 2008) pudiendo establecer altas densidades en situaciones turbulencia y o mezclas como las generadas en durante el periodo de lluvias.

A nivel estructural en la Tabla 84 se presentan los principales índices ecológicos que describen una comunidad, en ella se muestra que en el periodo de seco, la ciénaga es un ecosistema con una baja diversidad, pese a la alta riqueza de especie y es consecuencia los valores altos de dominancia. Al respecto los puntos P-2 y P-10 reportaron la menor organización y riqueza de especies relacionadas probablemente con la presencia de macrófitos (competencia por luz y nutrientes) y la disminución de la columna de agua al nivel de desecación (80% de los muestreo).

Tabla 84. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Wiener (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson ($\lambda-1$).

Puntos de monitoreo	Época	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	$\lambda-1$
P-1	Sequía*	0,47	1,89	0,82	0,36	0,64
	Lluvia	0,78	2,28	0,99	0,14	0,86
P-2	Sequía*	0,16	0,56	0,24	0,83	0,17
	Lluvia	0,93	2,14	0,93	0,13	0,86
P-3	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	0,83	1,83	0,79	0,20	0,80
P-4	Sequía	0,40	1,60	0,69	0,48	0,52
	Lluvia	0,86	2,47	1,07	0,11	0,89
P-5	Sequía	0,45	1,83	0,80	0,42	0,58
	Lluvia	0,40	1,22	0,53	0,54	0,46
P-6	Sequía	0,41	1,62	0,70	0,48	0,52
	Lluvia	0,52	1,57	0,68	0,36	0,64
P-7	Sequía	0,36	1,40	0,61	0,54	0,46
	Lluvia	0,31	0,93	0,40	0,68	0,32
P-8	Sequía	0,29	1,21	0,52	0,59	0,41
	Lluvia	0,22	0,61	0,27	0,78	0,22
P-9	Sequía	0,39	1,57	0,68	0,50	0,50
	Lluvia	0,35	1,04	0,45	0,60	0,40
P-10	Sequía*	0,48	1,15	0,50	0,52	0,48
	Lluvia	0,70	2,02	0,88	0,21	0,79
P-11	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	0,92	2,62	1,14	0,09	0,91
P-12	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
P-13	Sequía	0,51	2,04	0,89	0,29	0,71
PRAA	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	0,79	1,97	0,86	0,19	0,81
PRAB	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	0,76	1,83	0,79	0,22	0,78

* Datos correspondientes al primer día de muestreo

Para el segundo monitoreo la Ciénaga de Sabanagrande se distinguió por incrementos en la magnitud de los índices de diversidad en la zona norte (ninguna morfoespecie supero el 50% de la densidad relativa), contrastando con lo ocurrido en la zona sur (P-5 al P-9) con valores semejantes a los hallados en sequía. En las estructuras los índices presentaron el máximo valor de dominancia ($\lambda = 1$) en

compuertas Materas (P-12) donde *Sphaerospermopsis* constituyó el 99% de la abundancia, mientras en el punto 11 (aguas arriba) con un menor número de individuos se presentó la mejor distribución.

Teniendo en cuenta la composición, abundancia y los índices ecológicos del fitoplancton entre los puntos de monitoreo durante la sequía, se puede decir que este ecosistema presentó un comportamiento homogéneo evidente en el análisis de similaridad de Bray Curtis representado en el dendograma de la Figura 119, en donde se excluyeron P-1, P-2 y P-10 por poseer menos intensidad de muestreo (Secos) y cuyos resultados muestran una afinidad entre los puntos del 55.3 %. A un nivel de comparación mayor (70%) los puntos P-8 y P-13 son segregados por presentar los valores de densidades y diversidad extremos.

El análisis de clasificación para el segundo monitoreo a un 50% de similitud define la formación de dos agrupamientos: uno constituido por los puntos del sector sur de la ciénaga (58.5%) con el predominio de *Arthrospira sp* y el segundo por las estaciones P-1 y P-4 (53.4%).

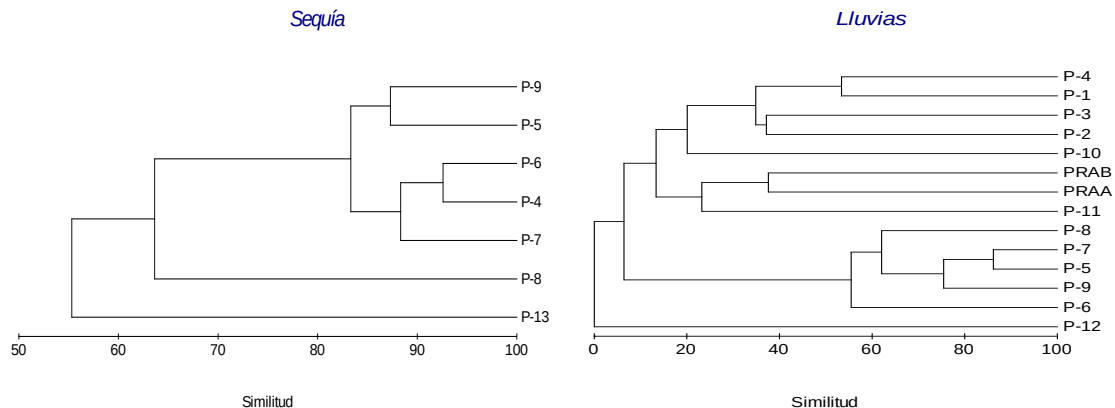


Figura 119. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga de Sabanagrande durante los dos monitoreos

Zooplankton. La comunidad zooplanctónica de la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos monitoreados estuvo estructurada de la siguiente forma: se registró un total de 62 morfoespecies, distribuidas en 34 géneros, 23 familias, 6 órdenes, 4 clases y 2 phylla (Tabla 85).

Tabla 85. Composición taxonómica del zooplankton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Brachionus	<i>Brachionus angularis</i>

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
					<i>Brachionus budapestinensis</i>
					<i>Brachionus calyciflorus</i>
					<i>Brachionus caudatus</i>
					<i>Brachionus havanaensis</i>
					<i>Brachionus patulus</i>
					<i>Brachionus plicatilis</i>
					<i>Keratella cochlearis</i>
			Keratella		<i>Keratella tropica</i>
					<i>Keratella americana</i>
			Platyas		<i>Platyas quadricornis</i>
			Anuraeopsis		<i>Anuraeopsis sp</i>
			Beauchampiella		<i>Beauchampiella eudactylota</i>
		Euchlanidae	Dipleuchlanis		<i>Dipleuchlanis propatula</i>
			Euchlanis		<i>Euchlanis sp</i>
		Lepadellidae	Lepadella		<i>Lepadella patella</i>
					<i>Lepadella sp</i>
		Notommatidae	Cephalodella		<i>Cephalodella sp</i>
					<i>Mytilina bisulcata</i>
		Mytilinidae	Mytilina		<i>Mytilina ventralis</i>
					<i>Mytilina sp</i>
		Proalidae	Proales		<i>Proales sp</i>
		Epiphanidae	Epiphanes		<i>Epiphanes sp1</i>
					<i>Epiphanes sp2</i>
			Trichotria		<i>Trichotria sp</i>
		Trichotriidae	Proalinopsis		<i>Proalinopsis sp</i>
			Polyarthra		<i>Polyarthra vulgaris</i>
		Synchaetidae	Asplanchna		<i>Asplanchna sp</i>
			Asplanchnopus		<i>Asplanchnopus sp</i>
		Asplanchnidae	Ascomorpha		<i>Ascomorpha sp</i>
		Gastropodidae	Gastropus		<i>Gastropus sp</i>
		Trichocercidae	Trichocerca		<i>Trichocerca sp1</i>
					<i>Trichocerca sp2</i>
					<i>Lecane bulla</i>
					<i>Lecane leontina</i>
					<i>Lecane luna</i>
		Lecanidae			<i>Lecane lunaris</i>
			Lecane		<i>Lecane papuana</i>
					<i>Lecane cornuta</i>
					<i>Lecane curvicornis</i>
					<i>Lecane quadridentata</i>
					<i>Lecane sp</i>
		Flosculariaceae	Filinidae	Filinia	<i>Filinia terminalis</i>
					<i>Filinia longiseta</i>

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Testudinellidae		<i>Filinia opoliensis</i>
				Testudinella	<i>Testudinella patina patina</i>
			Moinidae	Moina	<i>Moina micrura</i>
				Moinodaphnia	<i>Moinodaphnia macleayi</i>
			Alona		<i>Alona</i> sp1
					<i>Alona</i> sp2
			Chydoridae	Chydorus	<i>Chydorus</i> sp
				Leydigia	<i>Leydigia</i> sp
			Sididae	Diaphanosoma	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>
					<i>Diaphanosoma</i> sp
			Daphniidae	Ceriodaphnia	<i>Ceriodaphnia cornuta cf rigaudi</i>
					<i>Ceriodaphnia reticulata</i>
			Macrothricidae	Macrothrix	<i>Macrothrix</i> sp
		Calanoida	Diaptomidae	Notodiaptomus	<i>Notodiaptomus maracaibensis</i>
	Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	Mesocyclops	<i>Mesocyclops brasiliensis</i>
Ostracoda	Metacopina	-----	-----	-----	<i>Mesocyclops</i> sp
					Nauplio indeterminado
					Ostrácodo indeterminado

En general, el mayor número de especies pertenecían a la clase Monogononta que agrupa a los llamados rotíferos quienes representaron el 74% de la riqueza total, mientras que Branchiopoda constituyó el 18%, Maxillopoda el 6% y Ostrácoda el 2% (Figura 120-A). Del mismo modo, las figuras que representan individualmente las épocas seca (Figura 120-B) y de lluvias (Figura 120-C) muestran el dominio de este grupo con el 67% y 81% de la riqueza respectivamente.

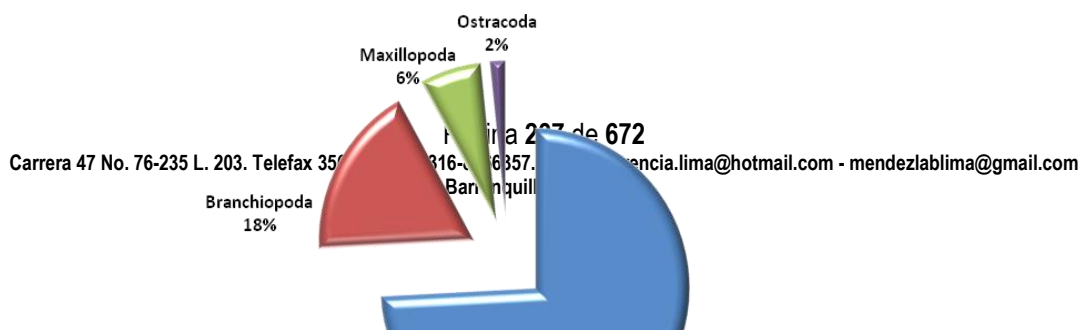


Figura 120. Riqueza de zooplancton por clase en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.

Para los datos obtenidos en época seca, en el análisis de los resultados no se incluyó las estaciones P3, P11, P12, PRAA y PRAB porque siempre estuvieron secas. El zooplancton osciló en promedio entre 1244,08 Ind/L en P6 hasta 3406.83 Ind/L en P8, con excepción de P10 que presenta una densidad inferior a las reportadas en el resto de la ciénaga (88,40 Ind/L) (Tabla 86). Los rotíferos son el grupo que domina la abundancia general con más del 70% de los individuos registrados, siendo superior al resto de los grupos (clases: Brachiopoda, Maxillopoda y Ostracoda) en todos los puntos de muestreo excepto para P2 donde son los cladóceros quienes dominan en número.

En esta época la ciénaga se caracterizó por la presencia dominante de la familia Brachionidae específicamente de las especies *Keratella tropica* y *Brachionus havanaensis* con densidades que alcanzaron en promedio los 962.8 Ind/L para ambas especies, las cuales se desarrollan abundantemente en niveles tróficos superiores por su alta tolerancia a fluctuaciones de diversos factores y perturbaciones ambientales (Burgos, 2010); y por otra parte, la presencia de especies como *Filinia opoliensis* y *Notodiaptomus maracaibensis*, entre otras, que aunque no son dominantes en este sistema, son definidas por autores como Burgos (2010), como ausentes en humedales con grados

eutróficos muy elevados, por lo cual podemos deducir que los niveles eutróficos de este ecosistema son moderados.

Tabla 86. Promedio de Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande durante 5 días de monitoreo en época seca en 2014.

Morfoespecie	Promedio (Individuos/L)														PRA A	PRA B
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13			
<i>Brachionus angularis</i>	5,0	32,6	Seco	142,6	295,6	12,3	116,4	152,2	260,2	0,0	Seco	Seco	88,3	Seco	Seco	
<i>Brachionus budapestinensis</i>	0,0	0,0	Seco	2,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,8	0,0	Seco	Seco	1,6	Seco	Seco	
<i>Brachionus calyciflorus</i>	25,2	27,2	Seco	191,7	251,7	175,8	68,9	37,8	166,2	0,0	Seco	Seco	60,8	Seco	Seco	
<i>Brachionus caudatus</i>	5,0	0,0	Seco	165,6	81,3	2,8	70,9	309,1	259,3	0,0	Seco	Seco	161,3	Seco	Seco	
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,0	0,0	Seco	518,2	368,9	322,1	634,0	788,1	614,8	0,0	Seco	Seco	373,6	Seco	Seco	
<i>Brachionus patulus</i>	15,1	0,0	Seco	78,5	66,9	62,8	26,8	24,4	46,3	0,0	Seco	Seco	8,6	Seco	Seco	
<i>Brachionus plicatilis</i>	5,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	Seco	Seco	1,6	Seco	Seco	
<i>Keratella cochlearis</i>	0,0	0,0	Seco	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Keratella tropica</i>	0,0	0,0	Seco	442,0	1130,4	397,0	1136,6	1304,9	404,4	0,0	Seco	Seco	1193,5	Seco	Seco	
<i>Beauchampella eudactylota</i>	0,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	25,2	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Euchlanis</i> sp	15,1	5,4	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Lepadella</i> sp	0,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Mytilina</i> sp	0,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Proales</i> sp	0,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	1,9	11,2	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Epiphanes</i> sp 1	5,0	0,0	Seco	12,1	20,3	3,2	36,5	0,0	57,9	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Epiphanes</i> sp 2	0,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Asplanchna</i> sp	0,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Asplanchnopus</i> sp	5,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Gastropus</i> sp	0,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Trichocerca</i> sp 1	5,0	0,0	Seco	62,0	44,7	39,2	46,6	18,8	83,7	0,0	Seco	Seco	1,6	Seco	Seco	
<i>Trichocerca</i> sp 2	0,0	0,0	Seco	61,5	228,3	63,0	182,3	317,8	149,8	0,0	Seco	Seco	329,8	Seco	Seco	
<i>Lecane bulla</i>	0,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,9	1,9	0,0	0,0	7,8	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Lecane leontina</i>	0,0	0,0	Seco	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Lecane luna</i>	0,0	5,4	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Lecane lunaris</i>	0,0	0,0	Seco	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Lecane papuana</i>	0,0	5,4	Seco	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Filinia terminalis</i>	10,1	0,0	Seco	52,2	20,8	10,3	40,9	16,8	71,2	0,0	Seco	Seco	10,3	Seco	Seco	
<i>Filinia longiseta</i>	0,0	10,9	Seco	3,4	20,3	1,1	16,1	0,3	37,3	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	
<i>Filinia opoliensis</i>	0,0	0,0	Seco	144,9	215,0	14,2	8,6	9,9	125,3	0,0	Seco	Seco	26,1	Seco	Seco	
<i>Testudinella patina patina</i>	0,0	0,0	Seco	0,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco	

Morfoespecie	Promedio (Individuos/L)													PRA A	PRA B
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13		
<i>Moina micrura</i>	191,3	59,8	Seco	75,4	3,9	3,2	172,0	2,1	38,3	0,0	Seco	Seco	2,4	Seco	Seco
<i>Moinodaphnia macleayi</i>	0,0	130,4	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Alona sp1</i>	0,0	5,4	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Alona sp2</i>	0,0	5,4	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Chydorus sp</i>	0,0	10,9	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Leydigia sp</i>	5,0	0,0	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	25,2	54,3	Seco	46,6	0,0	1,1	71,9	0,5	127,6	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Diaphanosoma sp</i>	0,0	43,5	Seco	6,6	0,0	0,0	0,0	0,1	4,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Ceriodaphnia cornuta cf rigaudi</i>	5,0	5,4	Seco	0,6	1,3	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	Seco	Seco	2,4	Seco	Seco
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	25,2	217,3	Seco	19,9	0,9	0,5	13,4	1,7	1,8	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Macrothrix sp</i>	65,4	260,8	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
<i>Notodiaptomus maracaibensis</i>	0,0	10,9	Seco	89,0	16,4	0,0	48,8	21,8	111,1	0,0	Seco	Seco	9,5	Seco	Seco
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	45,3	27,2	Seco	159,3	174,7	33,9	42,0	67,1	94,2	5,2	Seco	Seco	179,3	Seco	Seco
Nauplio indeterminado	60,4	65,2	Seco	336,4	282,0	92,5	374,0	318,9	416,1	33,8	Seco	Seco	151,1	Seco	Seco
Ostrácodo indeterminado	302,0	396,6	Seco	3,3	9,0	8,0	2,0	2,7	1,5	0,0	Seco	Seco	0,0	Seco	Seco
Total (Ind/L)	845,6	1380,1	Seco	2615,5	3236,5	1244,1	3119,6	3406,8	3083,3	88,4	Seco	Seco	2601,6	Seco	Seco

PRAA: Puente del río Aguas Arriba; PRAB: Puente del río Aguas abajo.

El muestreo en general demuestra semejanzas en términos de riqueza y densidad entre los puntos de muestreo, debido a que la ciénaga es un cuerpo de agua pequeño y los puntos de muestreo están cercanos entre sí. Las pocas diferencias observadas se deben a la fuerte influencia del tiempo seco hace que el espejo de agua disminuya su extensión, quedando algunos puntos sin agua en esta temporada climática.

Hay que tener en cuenta que estas diferencias también obedecen a la abundante presencia de macrófitas lo cual afecta ostensiblemente a la comunidad zooplanctónica que normalmente habita la columna de agua bajo las macrófitas y por tanto puede verse afectado por la presencia de estas plantas en un ecosistema (Villabona et al. 2010), pues se ha demostrado que las hidrófitas pueden influir sobre varias de sus características estructurales como lo son su densidad, composición, diversidad (Jeppesen et al. 1998 en Villabona et al. 2010) y distribución (Inger et al. 2004 en Villabona 2010).

Así mismo, hay que considerar que en P2 las especies de cladóceros encontradas en el primer día, por su ecología constituyen un indicador de varias características del medio, como puede ser la

salinidad, temperatura, turbidez del agua, nivel trófico y permanencia del agua (Burgos 2010), además son un importante componente de la comunidad zooplanctónica de los sistemas acuáticos epicontinentales (Forró et al. 2008).

Por su parte, en época lluviosa (Tabla 87), en general se registraron valores bajos de abundancia, principalmente en los puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo de las estructuras, incluso, en P12 no se registraron individuos, lo que está relacionado con la escasa cantidad de agua y el tiempo de permanencia de las mismas en estos sitios, mientras que en P6 se registró la abundancia más alta (927.5 Ind/L), dominando individuos del género *Brachionus*, tolerantes a condiciones ambientales desfavorables y copépodos (*Mesocyclops brasiliensis* y formas larvales - nauplios).

Tabla 87. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande en época lluviosa en 2014.

Morfoespecie	Individuos/Litro															
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	PRAA	PRAB	
<i>Anuraeopsis</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Brachionus angularis</i>	0,0	0,0	0,0	1,2	134,4	322,3	52,5	7,0	20,7	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Brachionus caudatus</i>	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,0	0,0	0,0	1,2	14,4	49,0	3,3	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Brachionus patulus</i>	1,1	1,7	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Keratella americana</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	45,8	0,0	13,9	4,8	0,0	0,0	0,0	*	0,8	0,0	
<i>Keratella tropica</i>	0,0	0,0	0,0	2,9	12,0	25,3	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,9	
<i>Platylabus quadricornis</i>	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	1,6	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Beauchampiella eudactylota</i>	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Euchlanis</i> sp	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	*	0,8	0,0	
<i>Lepadella patella</i>	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Lepadella</i> sp	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	0,0	42,9	0,0	1,6	5,1	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Mytilina bisulcata</i>	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Mytilina ventralis</i>	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Mytilina</i> sp	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,7	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Trichotria</i> sp	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Proalinopsis</i> sp	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Epiphanes</i> sp	0,0	1,7	0,0	0,0	2,4	1,6	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Polyarthra vulgaris</i>	1,1	2,6	0,0	1,2	24,0	96,4	3,3	33,6	6,4	3,2	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Asplanchna</i> sp	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Asplanchnopus</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	
<i>Ascomorpha</i> sp	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	

Morfoespecie	Individuos/Litro														
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	PRAA	PRAB
<i>Trichocerca</i> sp 1	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Lecane bulla</i>	3,3	2,6	3,3	0,0	0,0	0,0	3,3	9,3	0,0	0,8	0,0	0,0	*	0,0	0,9
<i>Lecane cornuta</i>	1,1	2,6	6,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,9	0,0	*	0,0	0,0
<i>Lecane curvicornis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	*	0,0	0,0
<i>Lecane luna</i>	3,3	0,9	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Lecane lunaris</i>	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,8	0,9
<i>Lecane papuana</i>	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,8	0,0
<i>Lecane quadridentata</i>	2,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Lecane</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Cephalodella</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Filinia terminalis</i>	3,3	0,9	0,0	3,5	36,0	58,5	11,5	29,0	14,3	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Filinia longiseta</i>	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Filinia opoliensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Testudinella patina patina</i>	3,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Moina micrura</i>	0,0	0,0	0,0	2,9	52,8	20,5	45,9	10,4	9,5	1,6	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Alona</i> sp	2,2	0,9	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Ceriodaphnia cornuta cf rigaudi</i>	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Macrothrix</i> sp	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	5,6	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	1,1	0,0	3,3	3,5	12,0	112,2	16,4	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
<i>Mesocyclops</i> sp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
Nauplio indeterminado	15,4	16,2	75,4	23,2	91,2	167,5	13,1	37,1	15,9	9,6	0,0	0,0	*	3,9	2,6
Ostrácodo indeterminado	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0
Total (Ind/L)	72,6	37,4	114,8	41,8	405,6	927,5	167,3	211,1	82,7	40,0	10,2	0,0	*	7,0	5,3

PRAA: Puente del río Aguas Arriba; PRAB: Puente del río Aguas abajo. * No se tomó muestra

A nivel temporal, al igual que la mayoría de las ciénagas de la parte baja del Río Magdalena en el Departamento del Atlántico los mayores valores de abundancia obtenidos en época seca en comparación con la época lluviosa (Figura 121) se deben a la proliferación de especies altamente tolerantes a las fluctuaciones de los factores y perturbaciones ambientales.

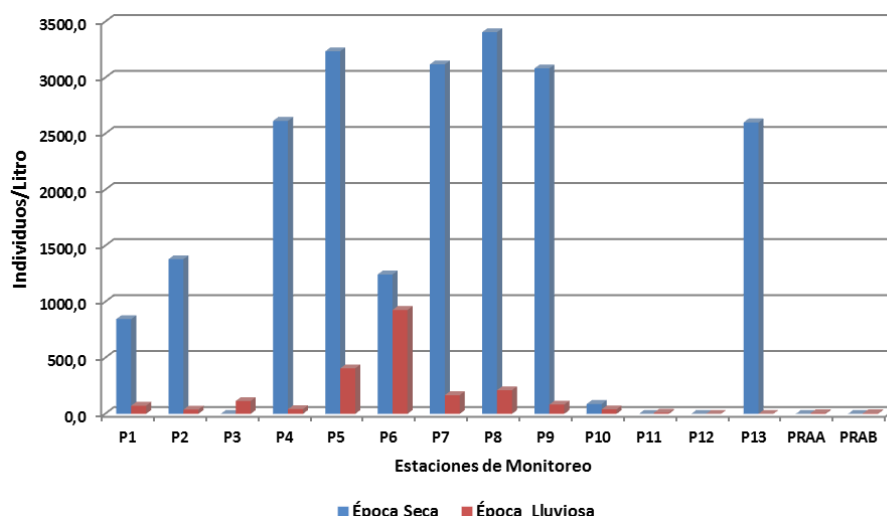


Figura 121. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande durante la época seca y la época lluviosa en 2014.

La Ciénaga de Sabanagrande en época seca registra un ensamblaje de riqueza, equidad y diversidad de magnitud media. En cuanto a la dominancia se puede presumir que el sistema tiene un comportamiento similar entre sus puntos de muestreo indicando una baja competitividad interespecífica por una disponibilidad de recursos variados para el desarrollo equilibrado de diferentes formas zooplanctónicas, lo cual se traduce en una mayor consistencia ecológica pues son diversas las sendas para la circulación de energía. Hay que destacar que los rotíferos *Keratella tropica* y *Brachionus havanaensis*, y los nauplios de copépodos son las taxas donde mayor se concentra la distribución de la abundancia de las morfoespecies. En contraste, en la época lluviosa las equidades son relativamente altas, es decir, las morfoespecies en las estaciones se registraron igualmente abundantes, por el contrario la diversidad y la dominancia en los diferentes puntos fue baja (Tabla 88).

Tabla 88. Índices ecológicos para el zooplancton registrado en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).

Época climática	Punto de Monitoreo	Índices ecológicos				
		*S	*N	*J'	*H'(log10)	*Lambda
Época Seca	P1	20,00	845,50	0,70	0,91	0,20
	P2	20,00	1380,00	0,73	0,95	0,16
	P3	-----	-----	-----	-----	-----
	P4	24,00	2615,60	0,79	1,08	0,11
	P5	23,00	3236,50	0,69	0,94	0,17
	P6	19,00	1243,90	0,65	0,84	0,20
	P7	24,00	3119,40	0,66	0,90	0,20
	P8	22,00	3406,60	0,59	0,79	0,23
	P9	24,00	3083,40	0,80	1,10	0,10
	P10	7,00	88,40	0,82	0,69	0,25
	P11	-----	-----	-----	-----	-----
	P12	-----	-----	-----	-----	-----
	P13	17,00	2601,80	0,62	0,76	0,26
	PRAA	-----	-----	-----	-----	-----
	PRAB	-----	-----	-----	-----	-----
Época Lluviosa	P1	24,00	72,60	0,89	1,23	0,08
	P2	16,00	38,10	0,78	0,94	0,21
	P3	9,00	114,90	0,60	0,58	0,45
	P4	11,00	42,00	0,68	0,71	0,33
	P5	12,00	405,60	0,78	0,84	0,19
	P6	17,00	927,60	0,70	0,86	0,19
	P7	10,00	167,30	0,81	0,81	0,20
	P8	17,00	211,30	0,80	0,98	0,13
	P9	10,00	82,80	0,87	0,87	0,16
	P10	17,00	40,00	0,88	1,08	0,11
	P11	4,00	10,30	0,87	0,52	0,34
	P12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	P13	-----	-----	-----	-----	-----
	PRAA	5,00	7,10	0,82	0,57	0,35
	PRAB	4,00	5,30	0,90	0,54	0,33

*S = Riqueza; N = Número de individuos; J' = Equidad; H' = Diversidad de Shannon; Lambda = Dominancia de Simpson.

Para el índice de similitud, en época seca no se incluyeron los puntos de muestreo secos. Observándose a un nivel de comparación del 50% se demuestra que este es un sistema homogéneo y parecido entre los diferentes puntos, además es un espejo de agua pequeño donde grandes fluctuaciones de factores ambientales en un punto determinado pueden ser característicos del resto del sistema, incluso si se aumenta el nivel de afinidad a un 60% se nota que con pocas excepciones el sistema forma conglomerados altamente similares debido a la composición y distribución homogénea de las abundancias de zooplancton (Figura 122-A). En tanto, en época lluviosa se observa mayor variabilidad. Hay que tener en cuenta que en este muestreo apenas estaban iniciando las

lluvias, no obstante, a un nivel de significación del 50% se aprecia afinidad entre algunas estaciones (Figura 122-B).

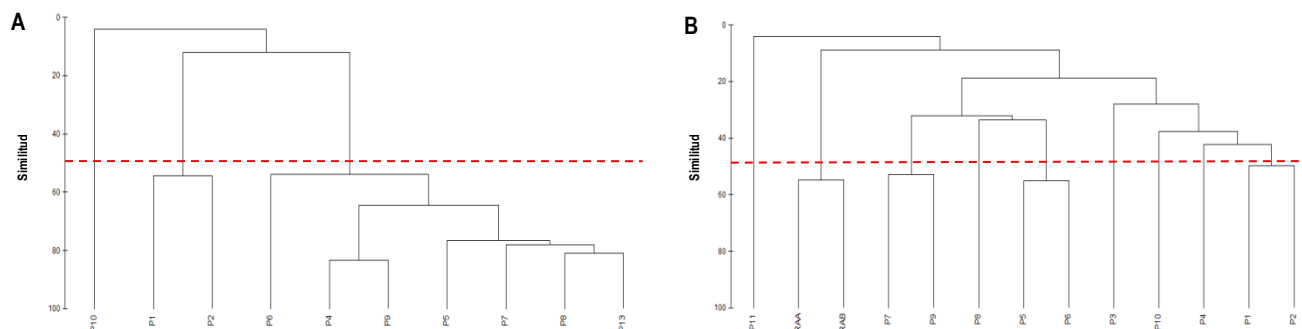


Figura 122. Clúster de similitud de Bray-Curtis según la abundancia de zooplancton en la Ciénaga de Sabanagrande en los dos periodos de monitoreo. A) Época seca, B) Época de lluvias.

Macrófitas. Durante los dos periodos de muestreo la comunidad de macrófitas en la Ciénaga de Sabanagrande estuvo conformada por 13 morfoespecies pertenecientes a 10 géneros, 8 familias, ubicadas en 7 órdenes, 2 clase y 1 división (Tabla 89).

Tabla 89. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga de Sabanagrande durante las épocas de sequía y de lluvias realizados en 2014 (época seca y de lluvias).

División	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	Eichhornia	<i>Eichhornia crassipes</i> <i>Eichhornia azurea</i>
		Myrtales	Onagraceae	Ludwigia	<i>Ludwigia helmintorrhiza</i>
		Fabales	Fabaceae	Mimosa	<i>Mimosa pudica</i> <i>Mimosa pigra</i>
				Neptunia	<i>Neptunia prostrata</i>
		Poales	Cyperaceae	Cyperus	<i>Cyperus sp</i>
				Paspalum	<i>Paspalum sp</i> <i>Paspalum repens</i>
		Solanales	Convolvulaceae	Ipomea	<i>Ipomea sp</i>
		Zingiberales	Marantaceae	Thalia	<i>Thalia geniculata</i>
	Polypodiopsida	Salviniales	Salviniaceae	Salvinia	<i>Salvinia auriculata</i>
			Azollaceae	Azolla	<i>Azolla sp</i>

En general los órdenes Poales y Fabales constituyeron las mayores contribuciones en términos de riqueza, representando cada uno el 23% de los registros, correspondientes a tres taxas por cada orden que sumadas entre sí hacen el 46% del aporte a la composición de las macrófitas (Figura 123-A).

En la época de sequía los órdenes que contribuyeron más a la composición de la diversidad fueron Commelinales y Poales aportando más del 50% de la composición de la riqueza, cada una con porcentaje de 29% (2 especies por cada orden), mientras que en la época de presencia de lluvias, Poales y Fabales Son quienes dominan la constitución de la riqueza con valores similares a los consolidados en ambos periodos (Figura 123-B y 123-C).

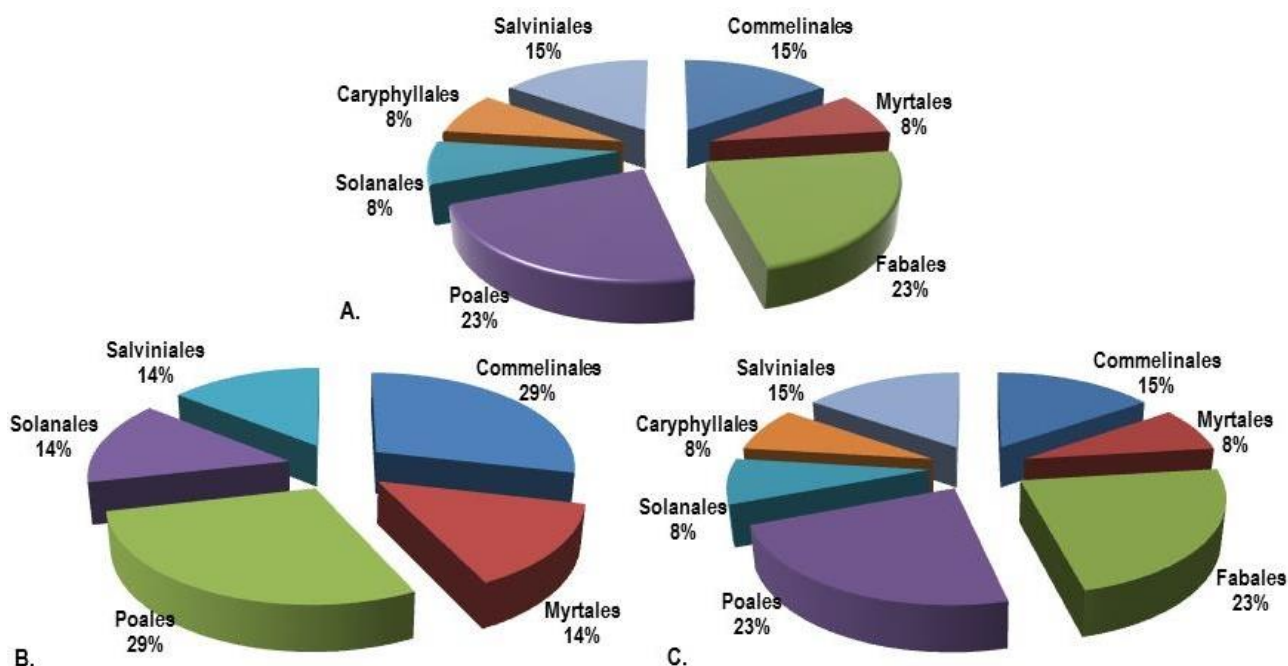


Figura 123. Riqueza de los órdenes de macrófitas registradas en la Ciénaga de Sabanagrande.

En los puntos de monitoreo dentro de la ciénaga, las mayores coberturas se registraron para la morfoespecie *Eichhornia crassipes* con porcentajes de 62% en promedio; en tanto en las estructuras hidráulicas se presentaron porcentajes promedio para esta misma especie de 84.7% (Tablas 90 y 91). Esta especie es originaria de América del sur y es considerada una de las especies de plantas acuáticas invasoras más frecuentes. Es de libre flotación formando masas densas debido a su rápida tasa de reproducción, se reproduce tanto sexual como asexualmente (Mitchell, 1985).

No se limita a aguas poco profundas, al igual que muchos macrófitas sumergidas y emergentes, porque sus raíces son de libre flotación, cerca de la superficie del agua. Es frecuente en las masas de agua tropicales y subtropicales, donde la concentración de nutrientes en el agua es alta, debido a la agricultura, escorrentía, la deforestación y las aguas residuales con insuficiente el tratamiento (Villamagna & Murphy, 2010). El predominio de esta planta en este sistema permite concluir que en él se presentan niveles de eutrofización que se reflejan en la elevada densidad de estos organismos.

Tabla 90. Porcentaje promedio de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga de Sabanagrande.

Morfoespecie	Monitoreo Ciénaga Sabanagrande																	
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9	
	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	0,0	0,0	4,0	8,0	*	12,0	0,0	10,4	*	*	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	*	0,0
<i>Eichhornia crassipes</i>	8,0	58,4	5,6	33,6	*	68,0	80,8	54,4	*	*	100,0	50,4	81,6	65,6	100,0	100,0	*	61,6
<i>Eichhornia azurea</i>	68,8	0,0	69,6	6,4	*	0,0	0,0	20,8	*	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0
<i>Cyperus sp</i>	17,6	7,2	16,8	0,0	*	12,8	5,6	0,0	*	*	0,0	13,6	12,0	10,4	0,0	0,0	*	16,0
<i>Ipomea sp</i>	5,6	16,0	4,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0
<i>Mimosa pigra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	1,6
<i>Mimosa pudica</i>	0,0	0,0	0,0	29,6	*	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0
<i>Azolla sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	*	5,6	0,0	0,0	*	*	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	1,6
<i>Neptunia postrata</i>	0,0	18,4	0,0	8,0	*	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0
<i>Paspalum sp</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	13,6	0,0	*	*	0,0	3,2	0,0	8,0	0,0	0,0	*	19,2
<i>Paspalum repens</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0	0,0	14,4	*	*	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0
<i>Salvinia auriculata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	*	1,6	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	1,6	16,0	0,0	0,0	*	0,0
<i>Thalia geniculata</i>	0,0	0,0	0,0	14,4	*	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	*	0,0

*Puntos donde no hubo registro de macrófitas.

La gran cobertura de *E. crassipes* en la Ciénaga de Sabanagrande permite establecer que las condiciones de eutrofización presentes en este cuerpo de agua son altas por acumulaciones elevadas de nutrientes, además la presencia en altos porcentajes en las estructuras hidráulicas afectan la interconexión entre los canales con el espejo de agua, del mismo modo se afecta la navegabilidad entre los puntos donde se presentaron estas plantas (Tabla 91).

Tabla 91. Porcentaje promedio de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en las estructuras hidráulicas de la Ciénaga de Sabanagrande.

Morfoespecie	Monitoreo estructuras hidráulicas Sabanagrande											
	P10		P11		P12		P13		P14		P15	
	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
<i>Eichhornia crassipes</i>	100		100		80		28		100		100	
<i>Mimosa pudica</i>	0		0		20		72		0		0	

La comunidad de macrófitas de la Ciénaga de Sabanagrande en la época de los monitoreos se encontraba altamente dominada por una especie, *E. crassipes*, tanto en la ciénaga como en los puntos ubicados en las estructuras hidráulicas, lo cual conllevó al registro de bajos valores de riqueza, diversidad y equidad en las ciénagas (Tabla 92).

La dominancia de esta especie sobre el espejo de agua, permite deducir que este ecosistema presenta niveles tróficos elevados como consecuencia de la profunda presión que ejercen las poblaciones próximas, así como la influencia de la intensa época seca que se estaba viviendo, incluso en época de lluvias.

Tabla 92. Índices ecológicos para la cobertura de macrófitas registradas en los puntos de muestreo ubicados en la Ciénaga de Sabanagrande y en los Puntos hidráulicos en las épocas de sequía y lluvia de 2014.

Punto de muestreo	Periodo de muestreo	S	N	J'	H(Log10)	λ
P1	Sequía	4	100	0,67	0,4	0,51
	LLuvia	4	100	0,8	0,48	0,41
P2	Sequía	5	100	0,6	0,42	0,52
	LLuvia	6	100	0,89	0,69	0,24
P3	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	LLuvia	5	100	0,63	0,44	0,5
P4	Sequía	3	100	0,55	0,26	0,67
	LLuvia	4	100	0,85	0,51	0,37
P6	Sequía	1	100	-	0	1
	LLuvia	6	100	0,77	0,6	0,32
P7	Sequía	4	100	0,46	0,27	0,68
	LLuvia	4	100	0,73	0,44	0,47
P8	Sequía	1	100	-	0	1
	LLuvia	1	100	-	0	1
P9	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	LLuvia	5	100	0,65	0,45	0,44
P10	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco

Punto de muestreo	Periodo de muestreo	S	N	J'	H(Log10)	λ
P11	LLuvia	1	100	-	0	1
	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	LLuvia	1	100	-	0	1
P12	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	LLuvia	2	100	0,72	0,22	0,68
P13	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	LLuvia	2	100	0,86	0,26	0,6
P14	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	LLuvia	1	100	-	0	1
P15	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	LLuvia	1	100	-	0	1

En el periodo de sequía la cobertura de macrófitas en la Ciénaga de Sabanagrande dominó el sector norte y sureste del sistema, con una cobertura de 15.3 Ha que equivale a un 40.8% de la extensión del cuerpo de agua estimado en 37.49 Ha. Esta cobertura es similar a la encontrada en la Ciénaga de Santo Tomás. Además se identificaron 1.87 Ha de cobertura de cianobacterias que equivale aproximadamente al 5% de la extensión de cuerpo de agua (Figura 124).

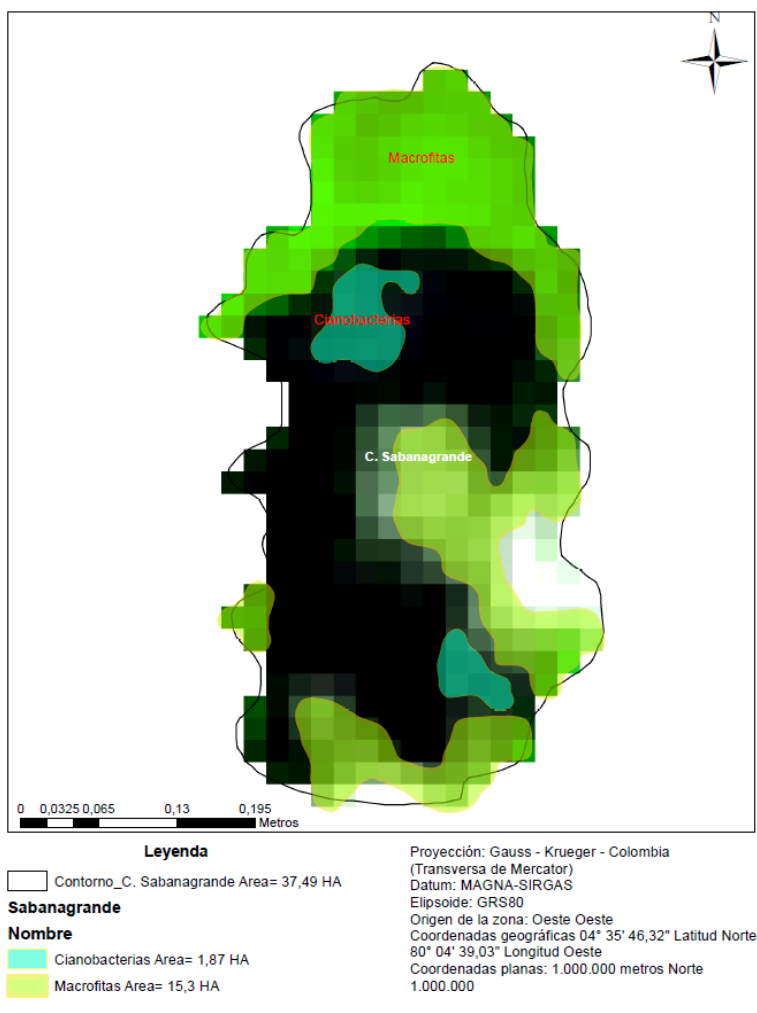


Figura 124. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la Ciénaga de Sabanagrande en la época seca de 2014.

De otro lado el registro de cobertura de las macrófitas en la Ciénaga de Sabanagrande estuvo distribuida sobre los sectores norte y sur del sistema, con una cobertura de 12.11 Ha del total de la extensión del cuerpo de agua estimado en 35.61 Ha. Las macrófitas son uno de los grupos de organismos más característicos de los planos de inundación, las cuales participan en diversos procesos del ecosistema como biomineralización y reciclaje de nutrientes. Además de esto, contribuyen significativamente en la productividad y los procesos de depuración del agua (Domínguez, 2001). Se ha reportado frecuentemente que estas plantas se caracterizan por presentar complejas asociaciones con diversos grupos de organismos e influir en la distribución del zooplancton (Inger et

al. 2004), otro grupo encontrado en los sistemas cenagosos, importante por su posición intermedia en la red trófica y por su capacidad indicadora de cambios ambientales (Gavilán-Díaz, 2000). Además se identificaron 6.30 Ha de cobertura de cianobacterias (Figura 125).

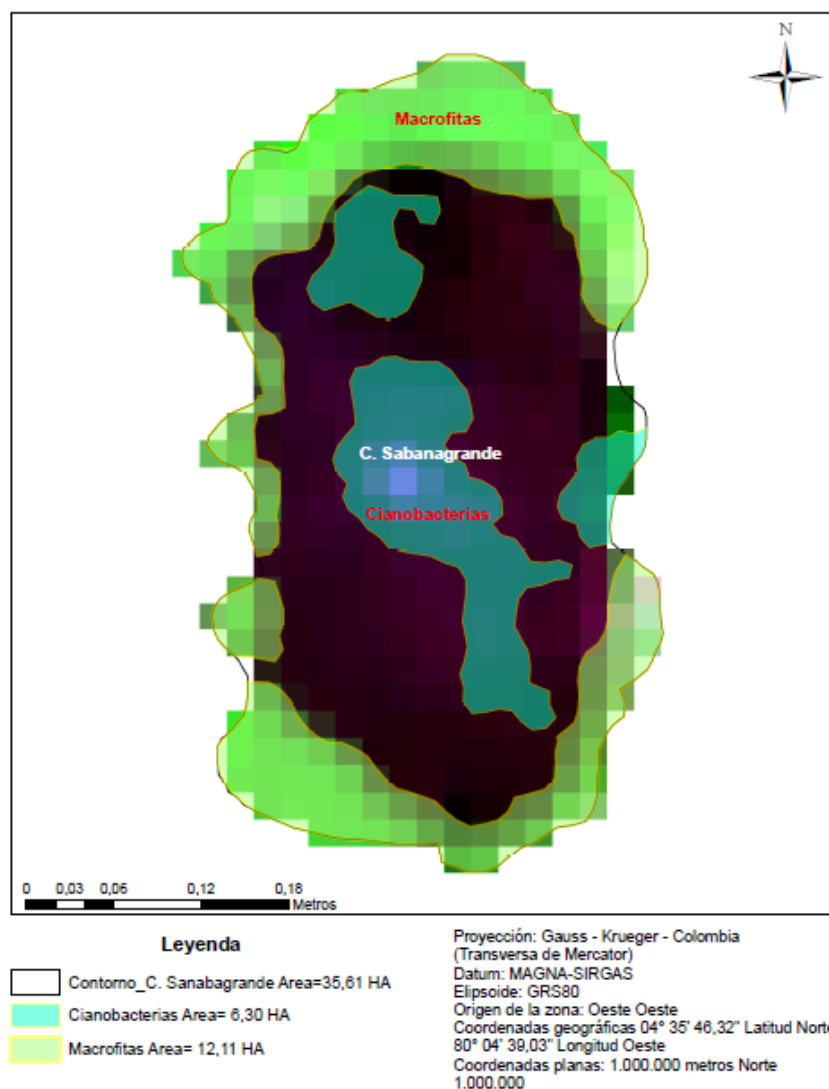


Figura 125. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la Ciénaga de Sabanagrande en la época lluviosa de 2014.

Macroinvertebrados bentónicos. Se registró un total de 570 individuos, 209 en la época seca y 361 en la época de lluvias. A continuación se presenta la clasificación taxonómica de los organismos registrados y su abundancia por punto y época de muestreo (Tabla 93).

Tabla 93. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga de Sabanagrande.

Punto de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca	Época lluviosa
P1	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	36	
	Mesogastroopoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		16
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		5
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda sp</i>		4
P2	Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>		1
		Chironomidae	<i>Chironomus</i>	38	
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Hydrobiosidea</i>		1
	Basommatophora	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		2
		Ancylidae	<i>Ferrisia</i>		1
P3	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		29
		Limnaeidae	<i>Limnaea</i>		3
					1
P4	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	1	5
	Mesogastroopoda		<i>Tanyponidae</i>	1	
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		32
			<i>Hydrobiosidea</i>		15
P5	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	3	
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	1	2
			<i>Tanyponidae</i>	1	1
	Mesogastroopoda	Ceratopogonidae		1	
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		9
			<i>Hydrobiosidea</i>		5
		Ampullaridae	<i>Pomacea</i>		1
		Thiaridae	<i>Melanoides</i>		8
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		1
	Haplotaxida	Syllidae			4
		Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	13	1
P6	Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>		1
		Chironomidae	<i>Chironomus</i>	4	3
	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	53	10
	Hirudiniformes	Hirudinidae			1
	Mesogastroopoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		2
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		3
		Limnaeidae	<i>Limnaea</i>		2
P7	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	16	88
	Haplotaxida	Capiteildae			2
		Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	11	19

Punto de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca	Época lluviosa
P8	Hirudiniformes	Hirudinidae	<i>Hirudinidae sp1</i>	1	
		Thiaridae	<i>Melanoides</i>		2
	Mesogastroopoda		<i>Marisa</i>		1
		Ampullaridae	<i>Pomacea</i>		2
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		2
	Mesogastroopoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>	2	
		Hydrobiidae	<i>Hydrobiosidea</i>		2
		Ampullaridae	<i>Pomacea</i>	1	
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	2	10
	Hirudiniformes	Hirudinidae	<i>Hirudinidae sp2</i>	1	1
	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	4	6
P9	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	13	
	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Capitellidae</i>		3
			<i>Chironomus</i>	1	3
	Diptera	Chironomidae	<i>Tanyponidae</i>	1	
			<i>Litoridina</i>		9
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Hydrobiosidea</i>		7
		Thiaridae	<i>Melanoides</i>		32
	Basommatophora	Limnaeidae	<i>Limnaea</i>		1
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda sp</i>	1	
	Haplotaxida	Capiteildae			1
		Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	5	
P10	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		2
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda sp</i>	2	
P11	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	1	

El orden de los dípteros fue el más representativo, seguido por el Haplotaxida en la época seca, y Mesogastropodos y Basommatophoros en la época de lluvias con las mayores abundancias y riquezas (Figura 126).

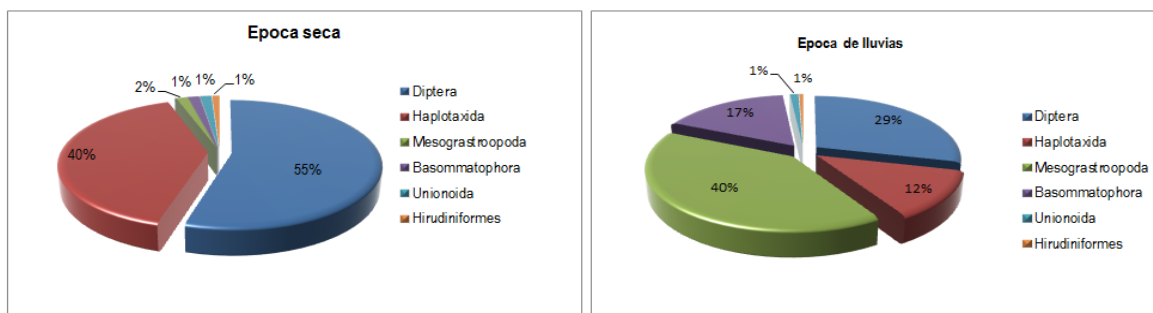


Figura 126. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga de Sabanagrande.

Esta ciénaga en la época seca registró géneros que no tienen inconveniente para encontrarse con mayores valores de materia orgánica como Probezia y Melanoides; en muy bajas concentraciones de oxígeno como Tubifex, acompañados de géneros tolerantes a pH bajo como Gyrallulus y Hirudininae; pero siendo este último indicador de aguas con valores altos de nitritos, al igual que el género Melanoides. En tanto, los chironomidos (Chironomus) fueron los de más amplia distribución y dominantes en el sistema, a diferencia de los tubificidos que se concentraron en una estación como los dominantes (Tablas 94 y 95).

Mientras que en la época de lluvias, los moluscos acompañados del orden Mesogastropoda son dominantes, acompañados por el orden díptera y Haplotaxida, cuyos generos son característicos de sistemas contaminados, donde muchos de estos cumplen funciones de degradación de la materia orgánica y ciclaje de nutrientes.

Tabla 94. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo y épocas en la Ciénaga de Sabanagrande.

Puntos de Muestreo	Riqueza		Abundancia	
	Época seca	Época de lluvias	Época seca	Época de lluvias
P1	1	3	36	25
P2	1	5	38	34
P3		2		4
P4	3	3	5	52
P5	4	9	16	32
P6	2	7	57	21
P7	3	7	28	116
P8	6	4	23	19
P9	3	6	3	55
P10	2	2	7	3
P11	1		1	

Tabla 95. Distribución de géneros en la época seca y de lluvias en la Ciénaga de Sabanagrande.

Géneros	Distribución por puntos		Total
	Época seca	Época de lluvias	E. Seca-E. lluvias
<i>Capitellidae</i>		3	
<i>Chironomus</i>	8	5	8
<i>Ferrisia</i>		1	1

Géneros	Distribución por puntos		Total
	Época seca	Época de lluvias	E. Seca-E. lluvias
<i>Gyraulius</i>	2	8	9
<i>Hirudinidae sp1</i>	1	1	2
<i>Hirudinidae sp2</i>	1	1	1
<i>Hydrobiosidea</i>		5	5
<i>Limnaea</i>		3	3
<i>Litoridina</i>		3	3
<i>Marisa</i>		1	1
<i>Melanoides</i>	1	6	7
<i>Polymesoda sp</i>	2	1	3
<i>Pomacea</i>	1	2	3
<i>Tanyponidae</i>	2		2
<i>Tipula</i>		2	2
<i>Tubifex sp</i>	6	3	6
<i>Limnea</i>		3	3
<i>Syllidae</i>		1	1

Ictiofauna. Estuvo representada por cinco (5) especies agrupadas en cuatro (4) familias y tres (3) órdenes. En total se capturaron 134 individuos en tres (3) de las diez (10) estaciones de monitoreo realizado en la ciénaga (Tabla 96). Este monitoreo correspondió al periodo seco, durante el periodo de lluvia no se registraron capturas. Dos de las especies, *P. magdalenae* y *P. grasskopfii* de acuerdo con Mojica et al. (2012).

Tabla 96. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga de Sabanagrande

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
CHARACIFORMES	CHARACIDAE	<i>Triportheus magdalenae</i>					10					
	PROCHILODONTIDAE	<i>Prochilodus magdalenae</i> *		6								
PERCIFORMES	CICHLIDAE	<i>Andinoacara pulcher</i>		14								
		<i>Caquetaia kraussii</i>				18	12					
SILURIFORMES	PIMELODIDAE	<i>Pimelodus grosskopfii</i> *				7						

*Especie catalogada como vulnerable (VU) de acuerdo con Mojica et al., (2012)

El orden de los Characiformes registró dos (2) familias y dos (2) especies, seguida por el orden Perciformes con una (1) familia y dos (2) especies y el orden Siluriformes representado por una (1) especie (Figura 127- A). En cuanto a la abundancia relativa el orden Perciformes agrupó el 66% de los individuos capturados, seguida por el orden de los Characiformes con el 24% de la abundancia y en menor proporción el orden Siluriformes con el 10% (Figura 127- B).

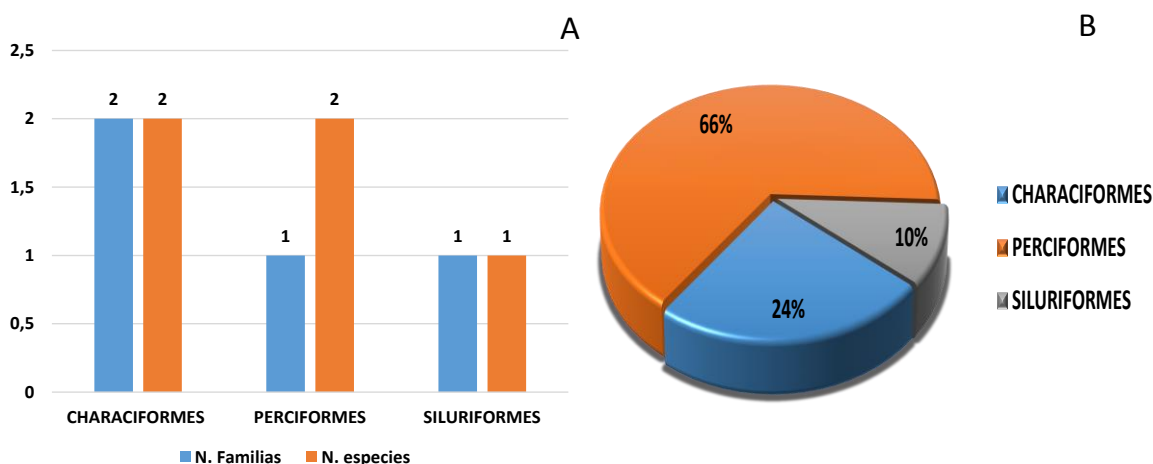


Figura 127. A) Distribución del número de familias y especies según los órdenes encontrados B) Porcentaje de distribución del número de individuos por orden.

La abundancia sigue siendo dominada en esta ciénaga por los ciclidos *A. pulcher* y *C. kraussii*, aunque resalta la presencia entre los Characidos de *T. magdalenae* (arenca) que suele ser una de las especies que más abunda en los planos inundables del Medio y Bajo Magdalena. También se destaca la inclusión en el registro de especies riofilicas y de importancia comercial como el bocachico (*P. magdalenae*) y el barbúl (*P. grosskopfii*). Estas especies realizan migraciones reproductivas dos veces al año, por lo que la conectividad entre el plano inundable y el río es esencial para el desarrollo y mantenimiento de sus poblaciones (Figura 128).

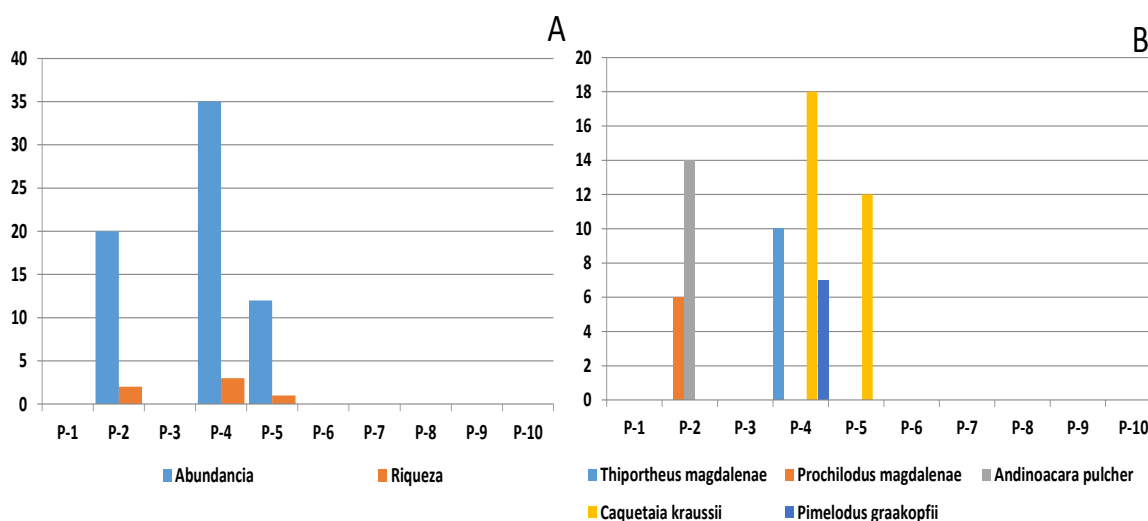


Figura 128. A) Distribución de la abundancia y riqueza por punto. B) distribución de número de individuos por especie.

A pesar de la presencia de especies comerciales, la biomasa se da a expensas del número de individuos, la mayoría de las especies de ciclidos *A. pulcher* y *C. kraussii* (Figura 129). Esto indica que las especies comerciales a pesar de estar presentes, aportan poco a la biomasa y su aprovechamiento es limitado, aunque también son especies de tamaño pequeño. Dadas las condiciones de la ciénaga, el aprovechamiento de estas especies es un factor de agresión contra los remanentes de la población de estas especies cuyas poblaciones se encuentran amenazadas. De acuerdo al Sistema de información pesquera de Colombia (SEPEC), la producción de bocachico sigue siendo representativa en la cuenca del Magdalena y aun en lo registrado para el 2014 para el departamento del Atlántico, aunque con escasa representación en el mes de diciembre con cerca del 5% de la pesca artesanal, no obstante el capaz (*P. grasskopfii*), es una especie casi inexistente en el reporte de producción de la actividad pesquera artesanal del departamento, mientras que para la cuenca se encuentra dentro de las primeras 11 especies entre más de 50 recursos aprovechados.

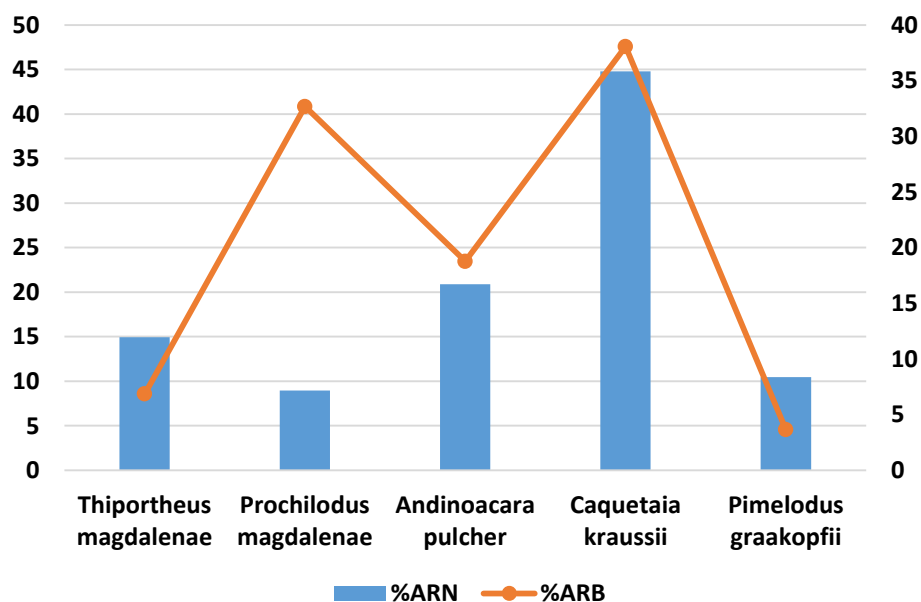


Figura 129. Distribución de los porcentajes de abundancia y biomasa para las especies icticas capturadas en la Ciénaga de Sabanagrande.

Los indicadores ecológicos muestran una estructura poco diversa, aunque en mejores condiciones que las ciénagas del complejo de Palmar de Varela y similar a lo registrado para la Ciénaga de Santo Tomás con la que se encuentra adyacente. La dominancia λ es baja mostrando algo de equidad en las abundancias relativas de las especies, sin embargo el índice de diversidad está influido por la escasa riqueza específica a pesar de la equidad referenciada (Tabla 97).

Tabla 97. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la Ciénaga de Sabanagrande.

S	N	J'	H' (loge)	H' (log10)	λ	1- λ
5	67	0,884	1,423	0,618	0,285	0,715

6.5 CIÉNAGA EL CONVENTO

6.5.1 *Características físico-químicas y microbiológicas.*

La Ciénaga El Convento se caracterizó por presentar aguas con pH básico (Figura 130-A), con gran presencia de sólidos suspendidos (Figura 130-B), altas conductividades (Figura 130-C) y gran concentración de clorofila “a”, presentando en algunas estaciones condiciones de hipoxia. Las estaciones P1 a P3 no fueron monitoreadas en el periodo seco debido a la sequía extrema.

La turbiedad fue intermedia entre los promedios de las demás ciénagas y no así la densidad fitoplanctónica como se verá en el capítulo correspondiente al análisis hidrobiológico, ya que aquí se registró la abundancia más alta entre las ciénagas. Los valores de turbiedad presentan las mayores determinaciones hacia los puntos P7 y P8 en ambos periodos, lo cual puede estar relacionado con la influencia del caño Pinguillo. Mientras que al norte en los puntos P1-P3 se registraron los menores valores, lo cual estaría relacionado con la abundancia permanente de macrófitas en el sector. La turbiedad es fomentada en buena medida por la escasa profundidad y la sequía extrema que permite la remoción y resuspensión de partículas sedimentarias con mayor facilidad a través de la agitación y la acción del viento, que persistió en la época de lluvias. Los valores de los sólidos suspendidos sobrepasaron el valor del objetivo de calidad máximo (30 mg/L) con valores medios de 50.3 mg/L en la época seca a 120.9 mg/L en la época lluviosa (Figura 130-D).

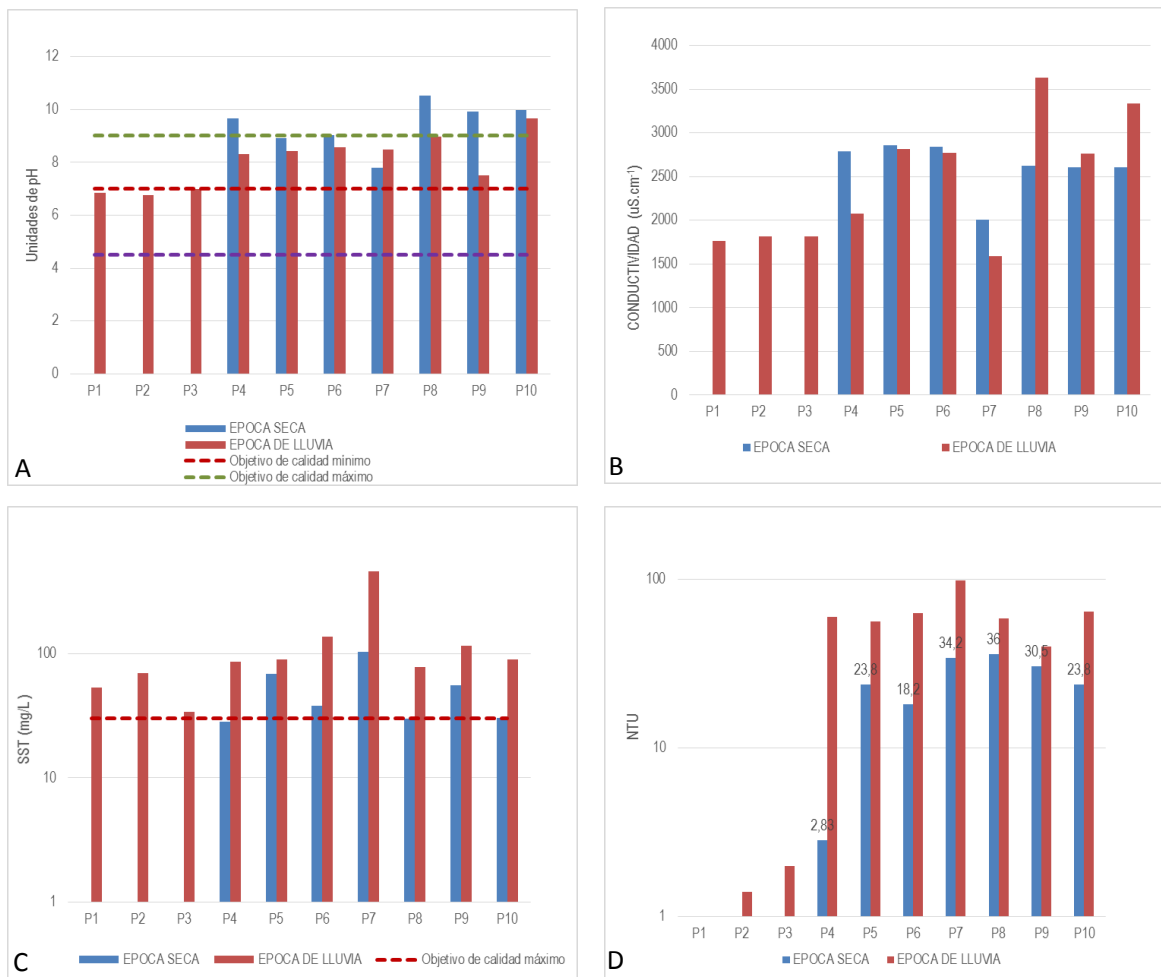


Figura 130. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga El Convento: A- pH; B – Conductividad; C- SST; D- Turbiedad.

Para la clorofila “a” se determinaron concentraciones promedio de 85199 mg/m³ en la época seca con valores extremos en los puntos P8 y P9 en el costado oriental del cuerpo de agua, mientras que en la época lluviosa se estimó un promedio inferior con 42.42 mg/m³ (Figura 131-A). Estos valores de clorofila coinciden aproximadamente con las determinaciones en la densidad del fitoplancton que registró abundancias entre 2 y 7 millones de individuos por litro en la época seca disminuyendo hacia la temporada lluviosa con densidades entre 716 ind/L y 780000 ind/L, lo cual implica una reducción en más de 10 veces la abundancia entre un período y otro.

Al igual que con la turbiedad, el promedio más bajo en la concentración de oxígeno disuelto fue determinado en aguas del punto P7 con un valor de 0.27 mg/L y 0.3 mg/L en la época seca y lluviosa respectivamente. La turbiedad estaría afectando la capacidad del fitoplancton para desarrollar los procesos fotosintéticos, de hecho en la época de lluvia es cuando se registran las densidades más bajas para el sistema en este punto (716 ind/L), aunque la relación no es tan clara en la época seca. Las condiciones en este sector estarían facilitadas por el estancamiento de las aguas en el caño Pinguillo que fluye desde la Ciénaga La Luisa, en este canal se registran fuertes olores fétidos y posiblemente se hallen descargas de aguas residuales.

No obstante, el promedio de concentración de oxígeno disuelto para la ciénaga fue de 6.68 mg/L en la época seca y de 8.34 mg/L en la época de lluvias, en ambos casos por encima del valor de referencia establecido como objetivo de calidad (3 mg/L) y de acuerdo al criterio para la preservación de flora y fauna de acuerdo con el decreto 1594 de 1984 (4 mg/L). Algunos valores fueron extremos indicando sobresaturación de oxígeno (110% - 160%) sobre todo en el período de lluvias (Figura 131-B).

Aunque se pueden presentar eventos de anoxia en horas de la noche y la madrugada que generan condiciones de estrés para el desarrollo y mantenimiento de la biota, la sobresaturación de oxígeno puede representar una fuente de inconvenientes para la salud de los organismos, en especial los peces. Los efectos de la sobresaturación del oxígeno y en especial cuando se combina con la del nitrógeno, con frecuencia producen embolia con gases o también llamada enfermedad de burbujas de gas, que provocan lesiones graves que además pueden ser la vía de entrada de agentes patógenos como bacterias y hongos (Jiménez et al. 1992). La Embolia de gas consiste en burbujas que se forman en el tejido y en el sistema vascular, causadas por la mayor presión de la que algunas membranas y el epitelio pueden soportar para impedir su paso (FAO-Ministerio de Agricultura y ganadería de Paraguay, 2011). La sobresaturación resulta de cuando los gases disueltos en el agua, en este caso oxígeno, pasan a tener una presión y solubilidad en el agua, mayor a la que le corresponde a la temperatura y presión hidrostática en ese momento (D'Aoust, 1989). Algunas referencias indican que la sobresaturación de gases totales entre 105% y 140% puede causar la enfermedad crónica, mientras que un porcentaje mayor a 140% puede causar la muerte de los peces en pocas horas (Post, 1987).

Los valores de DBO₅ sobrepasan los valores objetivo de calidad máximo (7 mg/L), excepto en las estaciones más al norte del sistema, con promedios de 13.95 mg/L en la época seca y escasa variación hacia la época de lluvias con 13.31 mg/L de O₂. La tendencia resulta en una mayor acumulación de materia orgánica al sur de la ciénaga donde además de la influencia del caño Pinguillo, es donde tiene mayor permanencia la actividad biológica, puesto que las estaciones más al norte estuvieron secas durante el primer período de monitoreo. La DQO también registró valores altos que indican la presencia de materia orgánica, con promedio de 182.6 mg/L en la época seca y de 158.91 mg/L de

O₂ durante el período de lluvias, con una distribución espacial similar a la DBO₅ (Figura 131-C). Se presume que buena parte de la materia orgánica proceda de fuentes autóctonas, puesto que las variaciones de la DBO₅ y DQO coinciden con cambios en la cobertura de macrófitas que pasó de 23.37% a 21.63% entre el primer y segundo muestreo respectivamente.

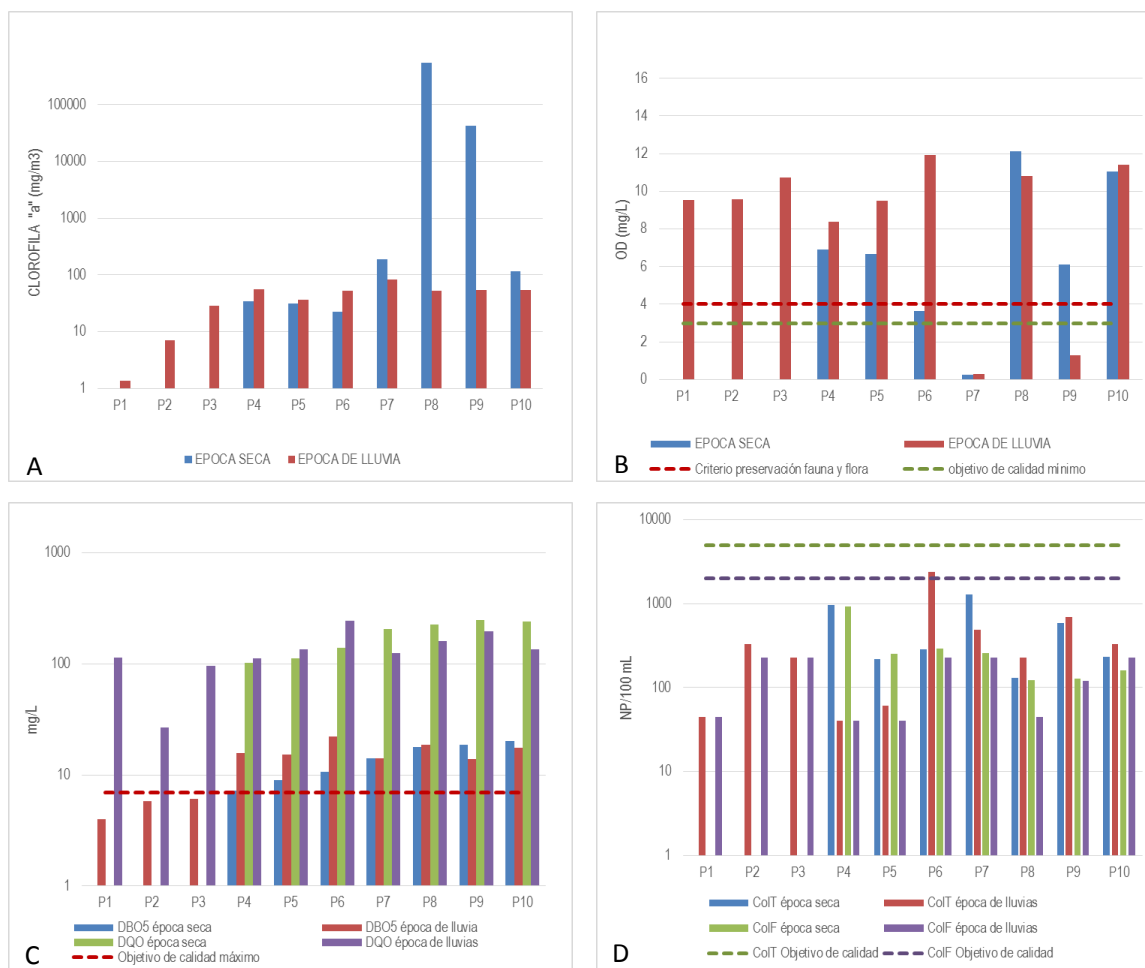


Figura 131. Valores de factores fisicoquímicos en la Ciénaga El Convento: A- Clorofila "a"; B- O.D.; C- DBO y DQO; D- Coliformes Totales (ColT), Coliformes Fecales (ColF).

Nutrientes y estado trófico. En la Ciénaga El Convento los compuestos nitrogenados en gran medida estuvieron dominados por el nitrógeno amoniacal en los períodos estudiados, que en promedio

superan el objetivo de calidad máximo establecido por la C.R.A. (0.5 mg/L). En promedio se registró una concentración de 2.15 mg/L en período seco y de 6.6 mg/L en el período lluvioso, estando el valor más alto de nitrógeno amoniacal en el punto P7 en la época de lluvias, con una media de 51.8 mg/L (Figura 132-A). Aunque este valor puntual puede afectar el promedio para toda la ciénaga, y una situación similar se puede presentar en los demás cuerpos de agua, con frecuencia, en varias estaciones de todas las ciénagas, se sobrepasó el nivel guía de 0.5 mg/L establecido como objetivo de calidad para estos cuerpos de agua, por lo que la condición fue generalizada para la extensión de los espejos de agua.

Puesto que el amoníaco en el agua no reviste importancia para la salud humana, la OMS no tiene recomendaciones para este parámetro de calidad de agua en cuanto al consumo humano y señala que la presencia de amoníaco puede atribuir olor y sabor a pH alcalino, con un umbral de 1.5 mg/L (OMS, 1995). La concentración con efectos tóxicos agudos para la biota vertebrada es relativamente alta, por ejemplo para algunas especies de peces sensibles se ha establecido en 9.11 mg/L (CL_{50} = efectos letales al 50% de la población bajo estudio) a un pH básico (7,77 unidades) (Jude, 1973). No obstante la mayor preocupación estaría asociada a los efectos crónicos, de los que se referencian concentraciones de 1.97 mg/L (CE_{20} = concentración a la que se presentan efectos adversos en el 20% de la población bajo estudio) en especies sensibles (Thurston et al. 1986). De esta y otra información exhaustiva sobre efectos toxicológicos en la fauna, algunos países como Argentina han adoptado como concentración aceptable valores relativamente bajos en dependencia de la temperatura y el pH, por ejemplo, el nivel guía para aguas a 30°C es de 0.05 mg/L de amoníaco a un pH de 9 unidades.

En este contexto, las concentraciones de nitrógeno amoniacal como el aquí registrado, podría generar alteraciones importantes en la sobrevivencia de la fauna presente, en combinación con otros factores de estrés.

La dominancia de nitrógeno amoniacal puede estar asociada al estado trófico del sistema y el escaso recambio de sus aguas, lo que hace que difiera de condiciones más saludables, puesto que suelen ser los nitratos el ion dominante en este tipo de sistemas (Roldán, 2008). Los nitratos registraron más bien concentraciones bajas, con promedio de 0.872 mg/L e el período seco con un aumento a 2.13 mg/L e la temporada lluviosa. Los nitritos que son un ion más inestable dentro del proceso de nitrificación, registraron concentraciones promedio de 0.11 mg/L y de 0.041 mg/L para los dos períodos seco y lluvioso respectivamente.

Los ortofosfatos presentan valores altos, considerados para cuerpos de agua eutrificados, con promedio para la época seca de 1.26 mg/L y 5.46 mg/L en la época de lluvias, así mismo se registraron

altos valores de fósforo total con promedios de 1.77 mg/L y 3.4 mg/L en las mismas épocas respectivamente (Figura 132-B).

Las concentraciones promedio de sulfatos oscilaron entre 18.22 mg/L en la época seca y 201.375 mg/L en época de lluvias con un alto valor en el punto 1 en la época de lluvias de 1101 mg/L (Figura 132-C) valor superior a 400 mg/L que es el límite referencia para aguas para consumo de acuerdo con el Decreto 1594/84, esto puede atribuirse al desecamiento precedente de la ciénaga hacia el sector. Se debe tener precaución en este punto, debido a que donde el pH es inferior a 8 unidades como en el punto P1, los sulfatos pueden sufrir transformación en ácido sulfhídrico, particularmente en los fondos anóxicos cargados de materia orgánica que caracteriza a los sistemas eutrofizados.



Figura 132. Valores de los nutrientes en la Ciénaga El Convento: A- Nitratos y Nitrógeno Amoniacal; B- Fosforo total y Ortofosfatos; C- Sulfatos.

La relación N/P muestra valores por debajo de 4 (Tabla 98, Figura 133), que son considerados hipertróficos con limitación del nitrógeno.

Tabla 98. Relación N/P en la ciénaga del Convento

Puntos de muestreo	Relación N/P ÉPOCA SECA	Relación N/P ÉPOCA DE LLUVIA
P1	*	1,13
P2	*	0,98
P3	*	0,41
P4	1,10	0,77
P5	1,75	0,68
P6	1,95	0,74
P7	0,40	9,24
P8	4,83	0,58
P9	6,96	0,88
P10	2,00	0,62
X	2,71	1,60

* No hay datos en este punto.

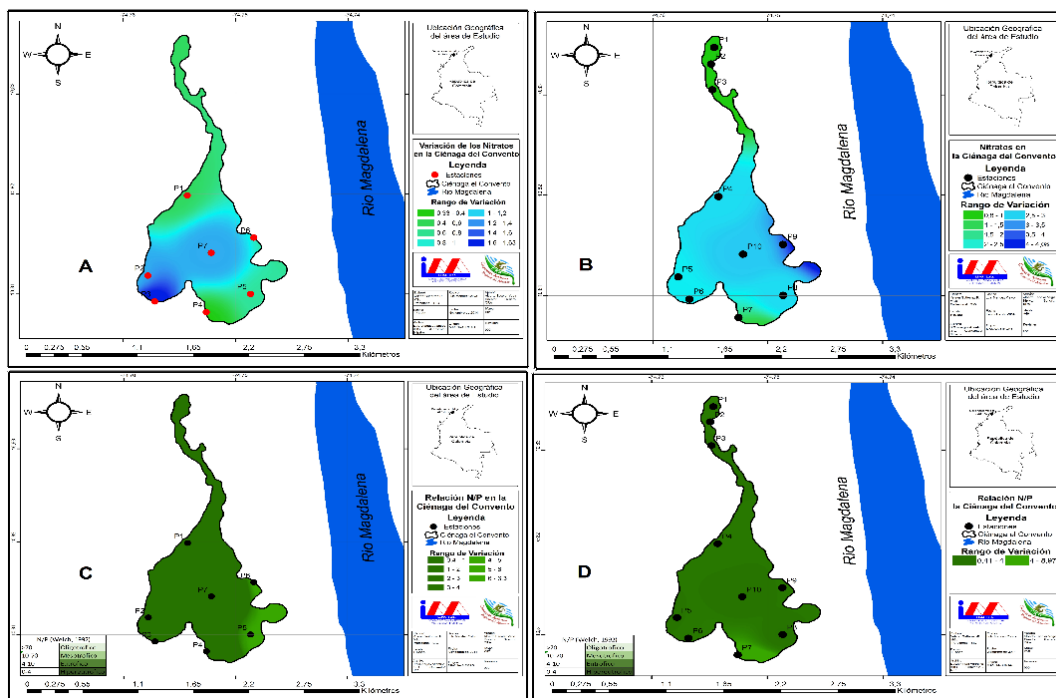


Figura 133. Mapa de variación de la relación N/P en la Ciénaga El Convento en la época seca (A) y de lluvias (B) y variación del nitrato en la época seca (C) y de lluvias (D).

Los indicadores de eutrofización aplicados en la Ciénaga El Convento corroboran lo descrito anteriormente, presentando una tendencia hacia eutrofia e hipertrofia (Tabla 99), con elevadas densidades de fitoplancton y altas concentraciones de ortofosfatos, que son la forma del fósforo mas asimilables por las macrófitas y el fitoplancton. Los gradientes indican que la parte centro y sur son las que registran estados tróficos más alterados con tendencia a la hipereutrofia, aunque se muestran mejoras en las condiciones en el período lluvioso, e el período seco las condiciones de sequía generan condiciones adversas y concentración de contaminantes y precursores del estado trófico (Figura 134).

Tabla 99. Indicadores de eutrofización en la Ciénaga El Convento

Indicador		Carlson (1980) (TSI)		Aizaki <i>et al.</i> (1981)		Volenweider (1981)	Margalef (1983)
Criterio	Oligotrófico	0-40		0-30		[4.2]	10-100 cel/mL
	Mesotrófico	40-50		30-50		[16.1]	100-1.000 cel/mL
	Eutrófico	50-70		50-80		[42.6]	1.000-1.000.000 cel/mL
	Hipereutrofico	70<TSI<100		>80			
Variable empleada		Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fósforo total mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Clorofila "a" mg/m ³	Fitoplancton (Cel/mL)
ÉPOCA SECA							
P4		108,9	65,3	6,3	63,2	34,5	3967,8
P5		107,2	64,4	7,8	62,2	31,3	2510,9
P6		121,3	61,2	-4,5	58,7	22,7	3973,4
P7		117,4	82,1	-1,1	81,9	190,0	4926,5
P8		106,1	160,3	8,7	168,9	553000,0	7101,4
P9		108,1	135,3	7,0	141,0	43000,0	5272,4
P10		107,0	77,3	8,0	76,6	117,0	5209,4
$\bar{X}$		110,9	92,3	4,6	93,2	85199,4	4708,8
ÉPOCA LLUVIOSA							
P1		113,38993	33,688293	2,42448	28,035708	1,37	87,576923
P2		125,67121	49,773106	-8,2646646	45,929966	7,06	157,6
P3		121,78341	63,565283	-4,8808784	61,273681	28,8	134,42593
P4		124,85997	69,983026	-7,5585953	68,413382	55,4	603,24667
P5		121,98854	65,889633	-5,0594106	63,859507	36,5	511,96444
P6		124,82656	69,342817	-7,5295093	67,701154	51,9	281,43778
P7		121,19304	73,79396	-4,3670393	72,653023	81,7	0,7166667
P8		118,86217	69,567056	-2,3383431	67,950618	53,1	780,32308
P9		121,5	69,8	-4,7	68,2	54,1	456,0
P10		116,7	69,8	-0,4	68,2	54,3	280,0
$\bar{X}$		119,1	69,8	-2,6	68,2	54,2	368,0

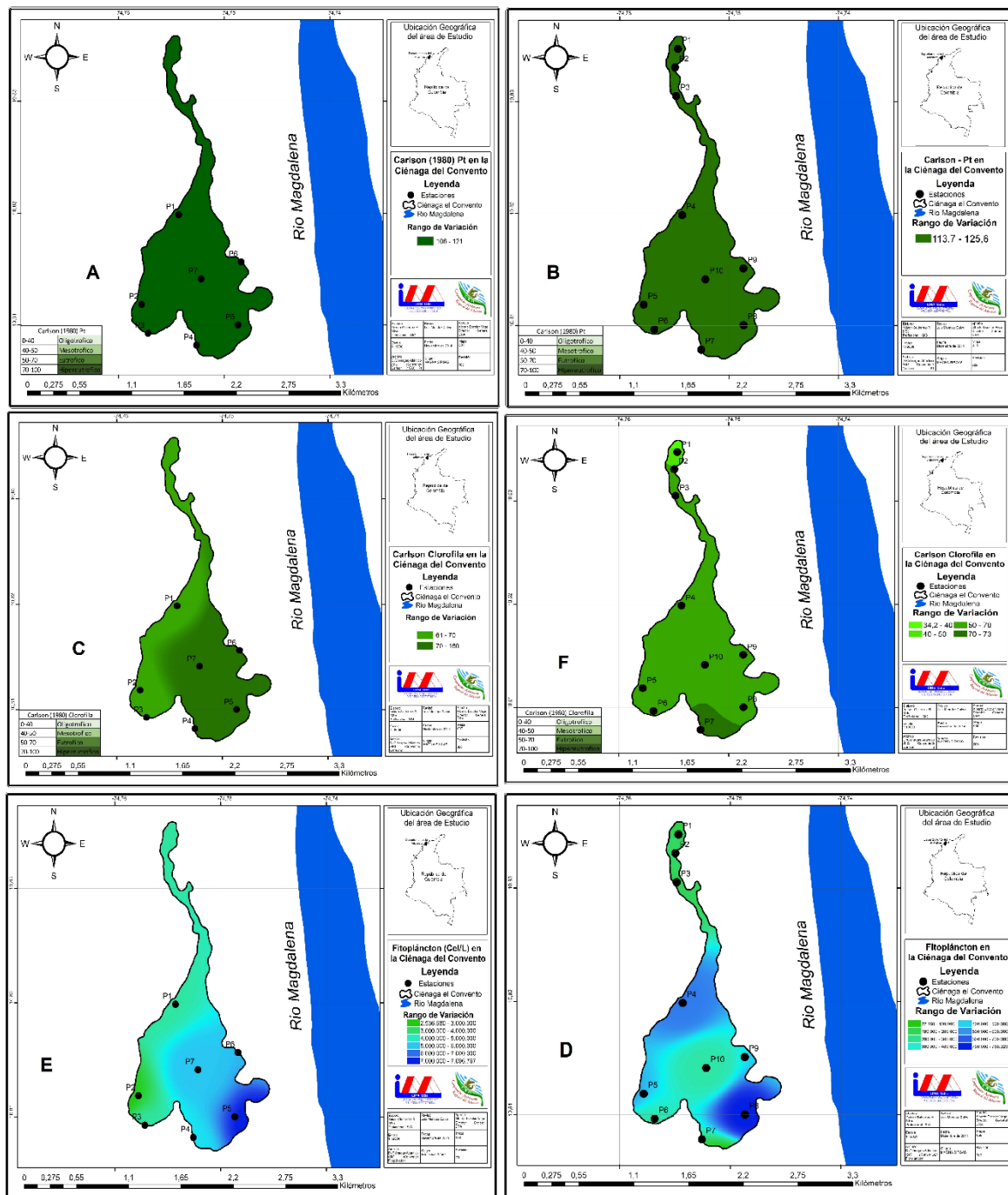


Figura 134. Mapa de variación del índice de Carlson en la Ciénaga del Convento en la época seca (A-Fósforo total), (C-Clorofila “a”), (E-Fitoplancton) y de lluvias (B- Fósforo total), (D- Clorofila “a”) y (F- Fitoplancton).

Índices de contaminación. Los índices de contaminación muestran al ICOMO con un valor medio de 0.395 en la época seca y 0.276 en la época de lluvia, que categorizan al sistema dentro de aguas con baja contaminación. Por su parte el ICOpH, presenta valores medios de 0.683 en la época seca, ubicando al sistema dentro de la categoría de aguas altamente contaminadas, que para la época de lluvias presenta una eminente recuperación, con un valor medio de 0.034, que determina aguas no contaminadas. El ICOSUS obtuvo un valor medio de 0.131 en la época seca para aguas sin contaminación, cambiando al igual que el resto de ciénagas a aguas con una baja contaminación, con un valor medio de 0.343 (Tabla 100 y Figura 135). En general los sólidos suspendidos y la contaminación orgánica parecen tener mayores efectos hacia el sector sur de la ciénaga, posiblemente por la influencia del caño Pinguillo. El pH tendría mayor relación con la actividad biológica de los productores primarios.

Tabla 100. Resultados de los valores de algunos indicadores de contaminación (ICO).

CIÉNAGA	ESTACIÓN	Época seca			Época de lluvias		
		ICOMO	ICOpH	ICOSus	ICOMO	ICOpH	ICOSus
CIÉNAGA DEL CONVENTO	P1	*	*	*	*	0,002	0,139
	P2	*	*	*	*	0,002	0,19
	P3	*	*	*	*	0,001	0,081
	p4	0,283	0,907	0,064	0,302	0,082	0,238
	p5	0,243	0,424	0,185	0,35	0,12	0,25
	p6	0,394	0,518	0,093	0,495	0,186	0,392
	p7	0,574	0,015	0,288	0,572	0,135	1
	p8	0,481	0,995	0,07	0,428	0,458	0,213
	p9	0,342	0,957	0,146	0,526	0,005	0,325
	p10	0,445	0,965	0,07	0,447	0,907	0,25
$\bar{x}$		0,395	0,683	0,131	0,276	0,034	0,343

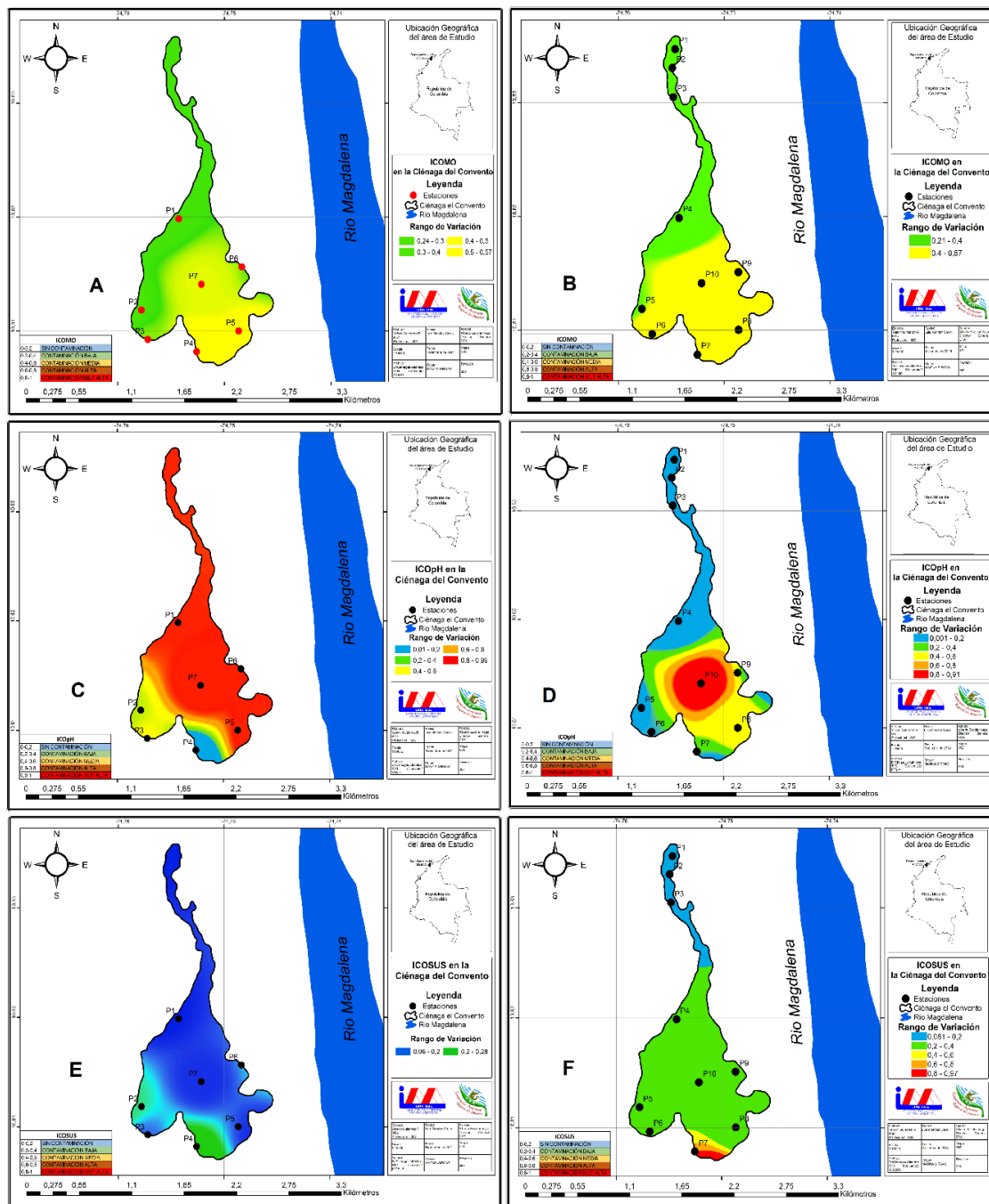


Figura 135. Mapa de variación de los índices de Contaminación en la Ciénaga del Convento en la época seca (A- ICOMO), (C-ICOPH), (E-ICOSUS) y de lluvias (B- ICOMO), (D- ICOPH) y (F- ICOSUS).

6.5.2 Características hidrobiológicas.

Perifiton. En la Ciénaga El Convento se encontraron 42 morfoespecies distribuidos en 5 phylum. Durante la época seca se registraron 24 taxa, 10 de ellas pertenecientes a las Ochrophytas. Durante este primer monitoreo solo se recogieron muestras a partir del punto de muestreo 4, ya que los 3 primeros se encontraron secos. Durante la época de lluvia se registraron 34 taxa correspondientes a 10 estaciones de muestreo, diez morfoespecies más con respecto al monitoreo anterior, con un incremento en las morfoespecies pertenecientes a los Phyla Ochrophyta, Cyanobacteria y Euglenozoa y presentó disminución en las morfoespecies del phylum Charophyta (Tabla 101).

Tabla 101 .Composición y Presencia del perifiton en los puntos de muestreo en la Ciénaga El Convento en las épocas seca (S) y lluviosa (LL).

Phylum	Morfoespecie	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
		S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
Ochrophyta	<i>Navicula sp1</i>	X		X		X		X				X		X		X		X		X	
	<i>Navicula sp2</i>					X	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X		
	<i>Eunotia sp1</i>	X		X				X	X				X				X	X			
	<i>Eunotia sp2</i>						X				X				X		X				
	<i>Pinnularia sp</i>	X																X		X	
	<i>Gyrosigma sp</i>			X		X												X			
	<i>Synedra sp</i>								X								X				
	<i>Nitzschia sp1</i>						X				X		X			X	X				
	<i>Nitzschia sp2</i>															X		X			
	<i>Cymbella sp</i>								X								X				
	<i>Gomphonema sp1</i>	X		X		X	X	X	X	X	X		X		X		X	X		X	
	<i>Gomphonema sp2</i>										X				X			X	X	X	
	<i>Melosira sp</i>	X								X		X			X	X				X	
Charophyta	<i>Cosmarium boeckii</i>																X				
	<i>Cosmarium sp2</i>																X				
	<i>Cosmarium sp3</i>								X		X								X		
Chlorophyta	<i>Netrium sp</i>										X				X						
	<i>Pediastrum duplex</i>								X				X				X				
	<i>Eudorina morum</i>													X				X			
	<i>Tetraedron sp</i>											X						X		X	
	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	X							X		X		X				X				

Phylum	Morfoespecie	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
		S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL	S	LL
Cyanobacteria	<i>Scenedesmus apiculatus</i>							X	X		X							X	X		X
	<i>Scenedesmus javanensis</i>							X				X				X		X			
	<i>Spyrogira ternata</i>													X				X	X		X
	<i>Ulotrix sp</i>	X					X			X	X		X					X		X	
	<i>Oedogonium sp</i>							X	X				X			X				X	X
	<i>Aphanocaspa sp.</i>	X										X		X							X
	<i>Artrospira sp</i>							X		X									X		
	<i>Oscillatoria sp 1</i>	X				X			X			X			X	X	X	X	X		
	<i>Oscillatoria sp 2</i>	X		X		X				X		X		X				X		X	
	<i>Lygmbia sp</i>	X							X		X		X	X				X		X	
Euglenozoa	<i>Spirulina subsalsa</i>						X								X			X			
	<i>Spirulina sp</i>					X			X					X			X	X			
	<i>Anabaena sp</i>								X					X	X			X	X		X
	<i>Merismopedia sp</i>																				X
	<i>Nostoc sp</i>																	X			
	<i>Euglena sp</i>	X				X	X				X			X		X	X	X	X	X	X
Euglenozoa	<i>Euglena viridis</i>																		X		
	<i>Phacus sp1</i>	X		X		X								X		X		X			
	<i>Phacus sp2</i>					X															X
	<i>Trachelonoma sp</i>					X		X		X	X							X		X	
	<i>Strombomona sp</i>															X		X			

La composición del perifiton en la ciénaga estuvo marcado por un alto porcentaje de diatomeas (Ochrophytas) que agruparon el 31% de los taxa, Los géneros mejor representados en este Phylum fueron Navicula, Eunotia, Gyrisigma, Synedra, Nitzschia y Gonphonema que estuvieron constituidos cada uno por 2 morfoespecies, seguida por las Cyanobacterias y Chlorophytas que agruparon cada uno el 24%, mientras que el Phylum de las Euglenozoa aportó el 14%. En menor proporción las Charophytas con representaron el 7% de la riqueza (Figura 136).

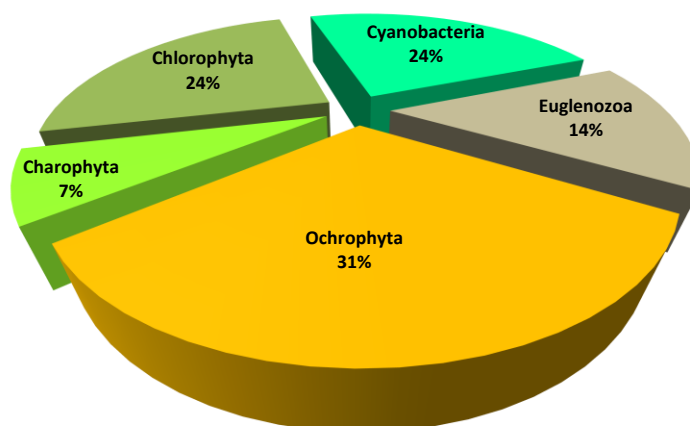


Figura 136. Distribución porcentual de los phyla del perifiton en la Ciénaga El Convento en la época seca y época de lluvia.

En la Figura 137-A se observa que la composición de perifiton en época seca estuvo dominada por las diatomeas, sobre todo en las estaciones de muestreo P8 y P7. Durante el monitoreo realizado en la época de lluvia (Figura 137-B) se incrementó la diversidad, donde las diatomeas aportaron la mayor cantidad de taxa, en especial en la estación P9 con 8 morfoespecies, también se presentó un incremento en el número de morfoespecies del phyla de las Cyanobacterias y Euglenozoa que realizaron sus máximos aportes a la riqueza específica en los puntos de monitoreo P7, P8, P9 y P10 y disminución en la riqueza del phylum de las Charophytas que solo aparecieron en 3 estaciones representados por la morfoespecie *Spirogyra ternata*.

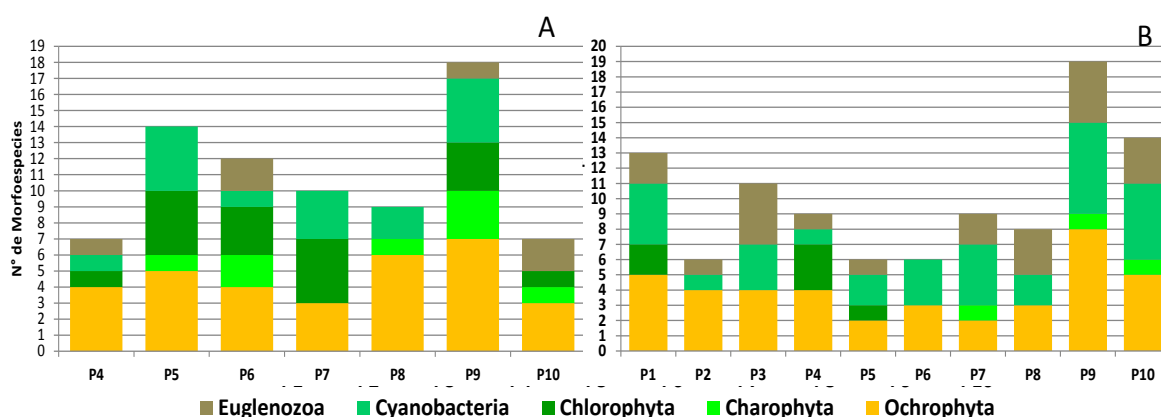


Figura 137. Distribución de la riqueza específica del perifiton en la Ciénaga El Convento. A: época seca, B: época de lluvia.

La densidad promedio del perifiton en la Ciénaga El Convento fue de 3220,7 Ind/cm² con densidades que oscilaron entre 1403,7 Ind/cm² para la estación P10 y 5490 Ind/cm² en la estación P9. El promedio de la abundancia del phylum de las Ochrophytas fue del 58%, siendo P10 la estación con mayor abundancia de diatomeas 71,4% (Figura 138-A). Así mismo, las morfoespecies con mayor densidad fueron *Navicua* sp, *Nitzschia* sp y *Gomphonema* sp1; la abundancia promedio del phylum de las Chlorophytas fue de 22% del total y presentándose la mayor abundancia relativa en la estación P7 con el 46% y una densidad de 2249 Ind/cm². Las morfoespecies con una mayor densidad fueron *Scenedesmus ellipticus* y *Ulotrix* sp, y las Euglenozoa presentaron los mayores porcentajes de abundancia en la estación P10 destacándose las morfoespecies del género de Euglena.

En el periodo de lluvia (Figura 138-B) si fue posible muestrear en todas las estaciones de monitoreo donde la densidad promedio del perifiton fue 2088 Ind/cm² presentando una disminución en la densidad en comparación al periodo seco. En la ciénaga, el porcentaje general de la abundancia relativa fue del 50% para el phylum de las Ochrophytas y los mayores porcentajes de abundancia relativa en los puntos de muestreo fueron para P2 y P3 con el 82% y 77% respectivamente; las taxa con mayor densidad fueron *Gomphonema* sp, *Navicula* sp y *Gyrosigma* sp, durante este periodo las Cyanobacterias presentaron un mayor porcentaje de la abundancia relativa (35%) a comparación del periodo anterior los puntos de muestreo P5 y P7 registraron las mayores abundancias con el 77% y 56% respectivamente, asimismo, las taxa con mayor densidad fueron *Artrospira* sp y las morfoespecies del género de las Oscillatoria. La presencia y abundancia de las Cyanobacterias en estos tipos de ecosistemas ha sido reseñada por González (1988) y De la Hoz (2003) que indican que estas son conocidas por abundar en aguas contaminadas o alteradas por actividades antrópicas evidenciadas en los cambios en la relación de nitrógeno y fósforo, fluctuaciones a las que son tolerantes (Margalef, 1983; Ramírez y Viña, 1998).

El phylum Euglenozoa realizó un importante aporte a los porcentajes de las abundancias relativas a comparación del monitoreo anterior teniendo su mayor participación en los puntos de muestreo P7, P4 y P8 con el 21%, 17% y 12% respectivamente, las morfoespecies *Euglena* sp y *Phacus* sp1 aportaron las mayores densidades para este phylum.

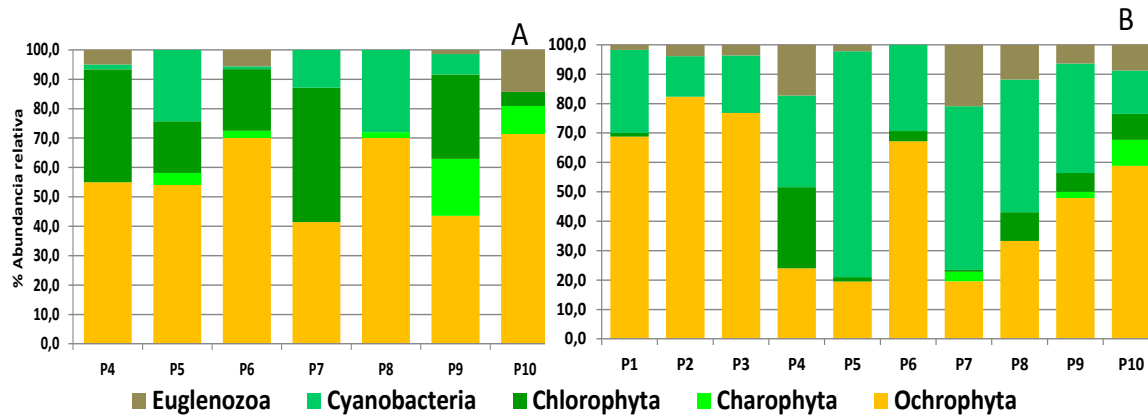


Figura 138. Distribución del % abundancia relativa discriminados por phyla del perifiton en la Ciénaga El Convento. A: época seca, B: época lluvia.

La diversidad ($H \log_e$) del perifiton en la ciénaga durante la época seca osciló entre los 1,52 en la estación P4 y 2,29 en la estación P5. De acuerdo con estos resultados, Roldan y Ramírez (2008) indican que sistemas con valores parecidos se encuentran en estado medianamente contaminado. La dominancia (λ) fue baja, registrándose los valores más altos en P4 y P6, donde morfoespecies como *Navicula* sp, *Nitzschia* sp, *Gomphonema* sp1 y *Euglena* sp registraron las mayores densidades. En cuanto a la Equidad (J) se caracterizó por presentar valores altos alcanzando su máximo en la estación P10 con un valor de 0,89; esta estación posee riqueza baja y distribución homogénea de la abundancia lo que genera baja dominancia y alta equidad (J).

Durante la época de lluvia el promedio de la diversidad ($H \log_e$) fue de 1,68 con valores que oscilaron entre los 1,05 en la estación P5 y 2,48 en la estación P9. Según Murgel (1984) y Roldan Ramírez (2008), los valores de diversidad obtenidos en la gran mayoría de los puntos de muestreo muestran un ambiente medianamente contaminado o moderadamente poluto. La dominancia presentó el máximo valor en la estación P5 (0,50) atribuida a la morfoespecie *Artrospira* sp con una densidad de 2577 Ind/cm², también se destacan las estaciones de muestreo P1, P2 y P3 donde las mayores abundancias son atribuidas a las morfoespecies *Navicula* sp1, *Gyrosigma* sp y *Gomphonema* sp1, en esta estaciones la equidad registró valores medios altos y la mayor equidad (J) se registró en la estación P4 con 0,89 esta estación se caracterizó por registrar una baja riqueza al igual que densidad y las morfoespecies estuvieron mejor distribuidas en su composición (Tabla 102).

Tabla 102. Índices ecológicos del ensamblaje perifítico en la Ciénaga El Convento en la época seca y lluvia

Periodo de monitoreo	Estación	Taxa (s)	N	Equidad (J')	H'(loge)	H'(loge10)	Dominancia (λ)	Diversidad de Simpson (1- λ)
Época seca	P4	7	2010	0,78	1,52	0,66	0,26	0,74
	P5	14	3823	0,87	2,29	0,99	0,15	0,85
	P6	12	3418	0,68	1,70	0,74	0,27	0,73
	P7	10	4923	0,86	1,98	0,86	0,17	0,83
	P8	9	1477	0,88	1,93	0,84	0,17	0,83
	P9	18	5490	0,75	2,16	0,94	0,18	0,82
	P10	7	1404	0,89	1,72	0,75	0,21	0,79
Época de lluvia	P1	13	4146	0,52	1,35	0,59	0,36	0,64
	P2	6	2740	0,76	1,37	0,59	0,35	0,65
	P3	11	2712	0,58	1,41	0,61	0,33	0,67
	P4	9	339	0,89	1,97	0,85	0,17	0,83
	P5	6	3761	0,58	1,05	0,46	0,50	0,50
	P6	8	1634	0,71	1,50	0,65	0,27	0,73
	P7	10	2469	0,69	1,60	0,69	0,30	0,70
	P8	10	541	0,78	1,81	0,79	0,24	0,76
	P9	24	1484	0,78	2,48	1,08	0,13	0,87
	P10	18	1056	0,81	2,35	1,02	0,15	0,85

El análisis de clasificación basado en el índice de Bray-Curtis, utilizando la composición específica y las densidades de las morfoespecies, sugiere que existe una jerarquización en la comunidad al realizar una comparación intermedia del 50%, bajo la cual se configuran dos clústeres durante la época seca (Figura 139-A), el primer clúster conformado por P6, P7 y P9 y el segundo por las estaciones P4 y P6. Esta distribución indica que existe una diferencia a nivel de comparación de 50% entre cada una de las estaciones en cuanto a la composición y densidades denotando que no existen diferencias significativas entre las estaciones. A excepción de las estaciones P8 y P10 que se caracterizaron por registrar bajas densidades y distribución heterogénea en su composición. En la Figura 139-B se observa el análisis en época de lluvia, formándose 2 grupos, el primero conformado por las estaciones P9 y P10 donde las densidades de las Euglenas y Chlorophytas fueron muy similares y el segundo conformado por las estaciones P2 y P6 que comparten densidades muy similares de las morfoespecies *Oscillatoria* sp2, *Gomphonema* sp1 y *Navicula* sp1. La heterogeneidad en la composición y densidades del perifiton en el resto de las estaciones de muestreo presentan porcentajes relativamente altas posiblemente por las interacciones de las condiciones tróficas y fisicoquímicas que están estructurando la comunidad. La abundancia de las macrófitas inciden en la cantidad de luz en la columna de agua y las condiciones hidrológicas para cada periodo de muestreo en función de la hidrodinámica de la ciénaga está determinando el comportamiento de la composición del perifiton.

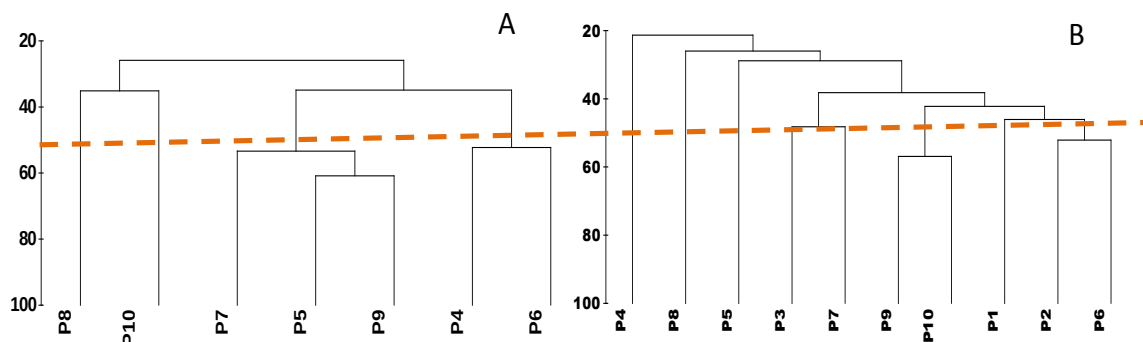


Figura 139. Dendrograma de similitud de Bray –Curtis para el ensamblaje del perifiton en la Ciénaga El Convento. A-época seca, B: época Lluvia.

Fitoplancton. La comunidad fitoplanctónica de la Ciénaga El Convento estuvo representada por 62 morfoespecies organizados en 30 familias distribuidas en 19 órdenes, 9 clases y ubicadas en 6 divisiones. El grupo más representativo a nivel de composición general fueron las clorófitas 29%, seguida de las Cyanobacterias con 16 taxa (25.8%), Euglenozoos con 12 (19.4%), Ocrofitas (17.7%) y finalmente las Dinophytas solo reportaron un género (*Peridinium sp*) correspondiente a un 1.6%.

Durante el primer monitoreo en la ciénaga se encontraron 27 morfoespecies, distribuidas en los grupos de forma similar a la composición general: clorófitas (33%) seguidas de las Euglenozoos y las Cyanobacterias (19% cada una), las ocrofitas (11%) y las dinofitas (4%).

Para el análisis de resultados durante este monitoreo no se tuvieron en cuenta los puntos de muestreo en la zona norte 1, 2 y 3 (P-1, P-2 y P-3), debido a que se estaban secos en la fecha de muestreo y como tal se reportaron en las planillas de campo. Las clorófitas dominaron en riqueza en el 42.8% de los puntos y codominantes con las cianobacterias en los restantes puntos excepto en P-7, en el que las Euglenozoos dominaron con un número de morfoespecies equivalente a un 40% del total reportadas para este punto en específico (Figura 140). Burgos (2010) manifiesta que hay muchas especies de esta división que están adaptadas a alimentarse en el sedimento en ausencia de luz, Siendo así un buen indicador de contaminación por materia orgánica y que también pueden indicar eutrofia en el sistema, dado que en sistemas eutróficos la producción se dispara, con el consecuente exceso de materia orgánica, concordando solo con el porcentaje para la composición. Las mayores riquezas se presentaron en los puntos P-5 con 22 morfoespecies y P-4 y P-6 con 19 y 18 respectivamente, a diferencia de P-9 donde solo se encontraron 9 taxa.

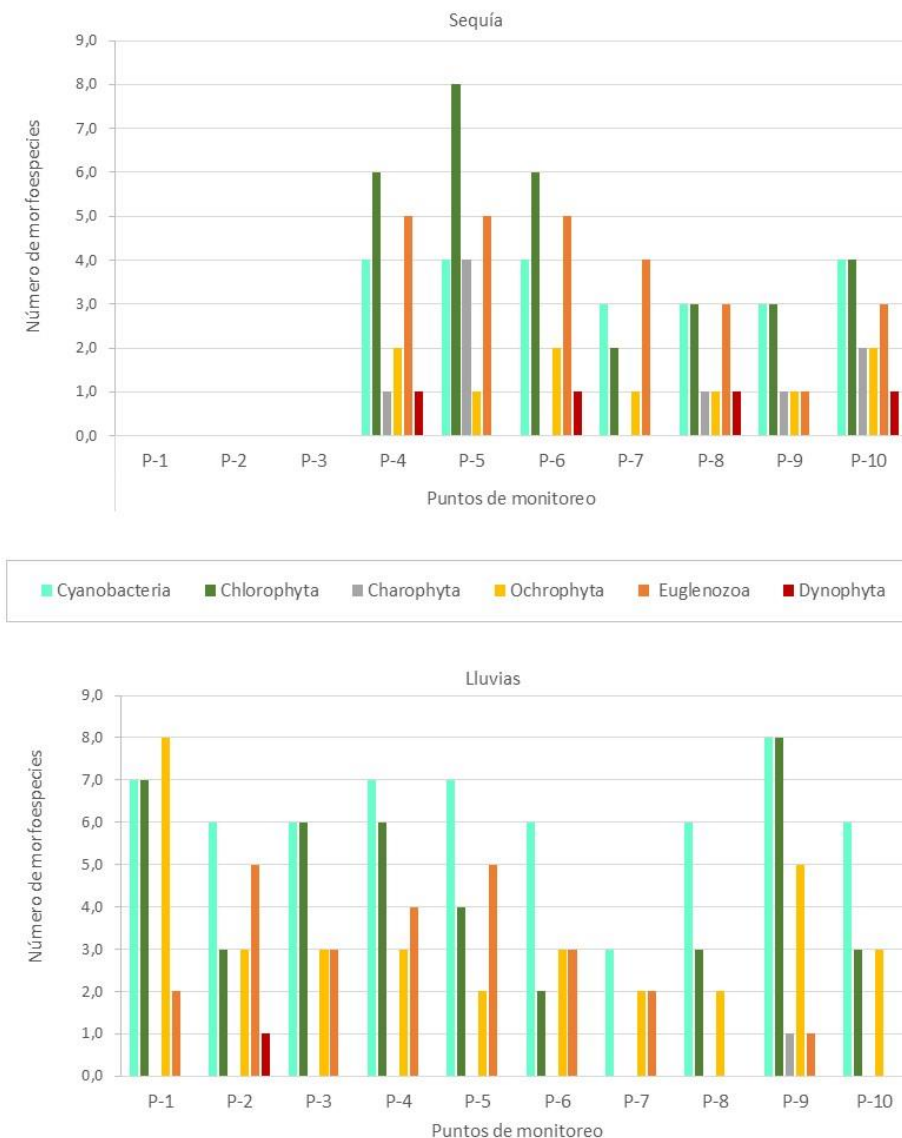


Figura 140. Riqueza del fitoplancton en la Ciénaga El Convento durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).

Para el periodo de lluvias en la ciénaga el número de morfoespecies casi duplica al periodo anterior con 52 taxa, el 30.8% fueron cianobacterias, el 28.8% clorófitas, 17.3% euglenoides y finalmente las desmidiás y dinoflajelados participaron cada una con el 1.9%. A nivel espacial, las algas verdeazules siguieron aportando la mayor variedad de taxones, solo en P1 las algas pardas realizaron un mayor aporte a la riqueza.

Durante el primer monitoreo se presentó un promedio de 4708827.8 Ind/L entre los siete puntos monitoreados; los valores mínimos y máximos se dieron en P2 y P8 con 2510919.5 y 5272385.4 Ind/L respectivamente, siendo el grupo de las Cyanobacterias las que superan ampliamente a las demás divisiones con un porcentaje casi del 100% reportando valores de abundancias promedio que sobrepasan la cifra en escala logarítmica (base 10) de 1000000 Ind/L (Figura 141), estos valores altísimos se dan gracias a que se evidencia una marcada dominancia por parte de la morfoespecie *Arthrospira sp* (32917363 Ind/L) y el menor valor lo reporta el grupo de las Dinophytas con escasas 116 Ind/L en promedio, y considerando que el fitoplancton es utilizado como organismo indicador de eutrofia, Roldan (2008) dice que en cuerpos de agua eutróficos la densidad de las Dinophytas es escasa., contrastando con las Cianofíceas predominantes en ambientes en que los niveles tróficos son elevados, lo cual se ajusta a los resultados arrojados en el estudio del muestreo general y específicamente a nivel de los puntos de muestreo.

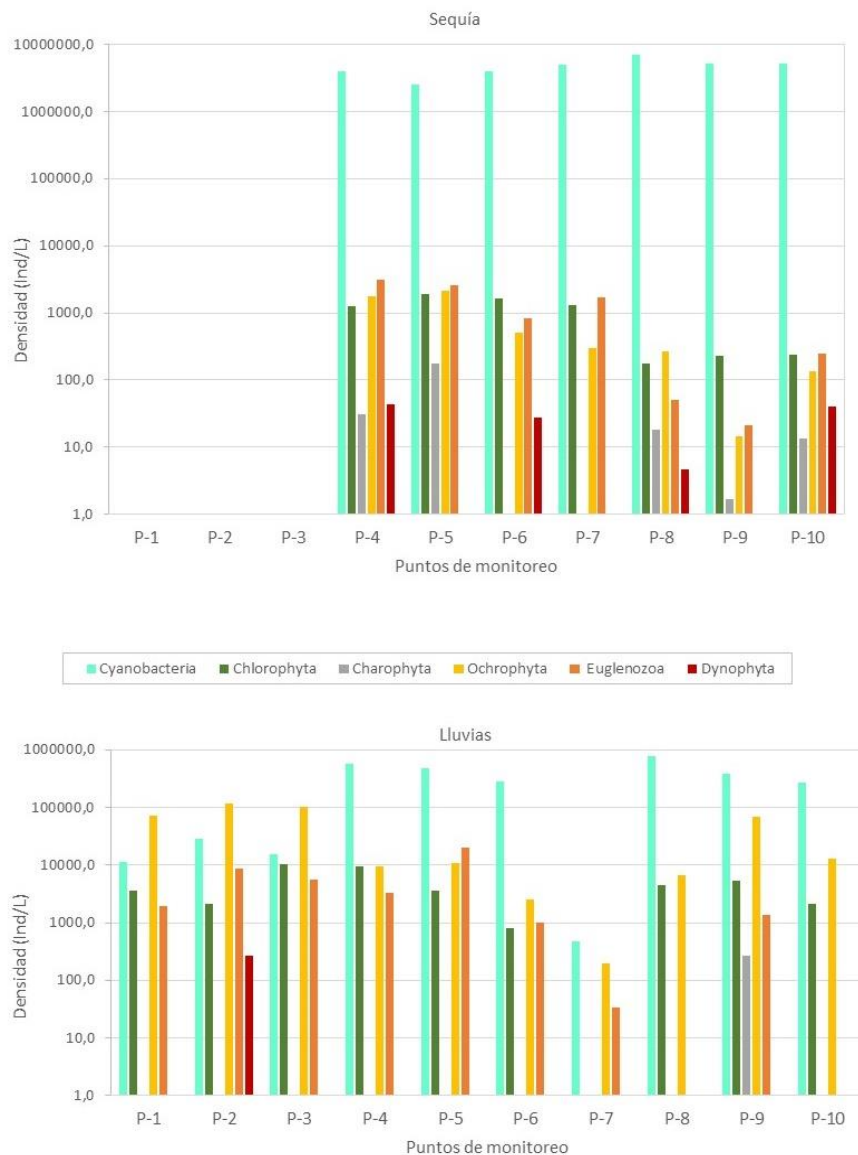


Figura 141. Densidad del fitoplancton en la Ciénaga El Convento durante los dos periodos de monitoreo (época de sequía y de lluvias).

En el segundo monitoreo, la densidad de la ciénaga disminuyó al 7% de la estimada durante la sequía (329332,1 Ind/L); P8 continuo registrando el mayor número de individuos (780323.1 ind/L), entre tanto P-7 fue el menor (716.7Ind/L) y se caracterizó por presentar mayor turbiedad, sólidos suspendidos totales, altos contenidos de nitrógeno amoniacal y bajos niveles de oxígeno disuelto y nitratos; estas

características, acompañadas de la presencia de las especies altamente tolerantes como las cianofitas *Arthrospira sp*, *Planktolymbya sp* y *Raphidiopsis sp* sustentan el posible efecto de actividades aledañas.

Las Cianobacterias fue la división más importante en el 70% de los puntos (P4 – P10), reuniendo más del 90% de la densidad total. Las morfoespecies *Arthrospira sp* y *Plankthotrix sp* concentraron el mayor número de individuos (72.1%) en cada una de estos punto. En el sector norte de la ciénaga (P1 – P3) las algas pardas fueron las más abundantes con *Nitzschia sp1* como taxón representativo al aportar el 73% de la abundancia, este genero se presenta en situaciones de turbulencia o mezcla (Pinilla, 1998) como las acontecidas en el periodo de lluvias, en donde lo somero del sistema posibilita el desarrollo de formas bentónicas en la columna de agua.

Los índices ecológicos en la Tabla 103, muestran un ensamblaje poco diverso principalmente en época seca por el predominio de la morfoespecie *Arthrospira sp*, manifestado en los valores de los índices de dominancia cercanos a 1. En el monitoreo para el periodo lluvioso aunque la magnitud del índice de dominancia de Simpson disminuyó, la diversidad continuó siendo baja, propia de sistemas contaminados (Roldan y Ramírez, 2008).

Tabla 103. Índices ecológicos para el fitoplancton registrado en la Ciénaga El Convento en los dos periodos de monitoreo (época sequía y de lluvias). Equidad (J'), Shannon y Wiener (H'), dominancia (λ) y diversidad de Simpson (λ^{-1}).

Punto	Época	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	λ^{-1}
P-1	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	0,395	1,254	0,545	0,568	0,432
P-2	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	0,437	1,263	0,549	0,524	0,476
P-3	Sequía	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
	Lluvia	0,433	1,252	0,544	0,551	0,449
P-4	Sequía	0,014	0,042	0,018	0,989	0,011
	Lluvia	0,389	1,164	0,506	0,405	0,595
P-5	Sequía	0,010	0,031	0,013	0,993	0,007
	Lluvia	0,459	1,327	0,576	0,356	0,644
P-6	Sequía	0,004	0,011	0,005	0,998	0,002
	Lluvia	0,400	1,056	0,459	0,420	0,580
P-7	Sequía	0,005	0,013	0,005	0,997	0,003
	Lluvia	0,850	1,654	0,718	0,223	0,777
P-8	Sequía	0,001	0,001	0,001	0,9997	0,000
	Lluvia	0,493	1,182	0,513	0,385	0,615
P-9	Sequía	0,00051	0,00113	0,00049	0,99981	0,00019

Punto	Época	J'	H' (Loge)	H' (Log10)	λ	$\lambda-1$
P-10	Lluvia	0,539	1,689	0,734	0,267	0,733
	Sequía	0,00099	0,00273	0,00119	0,99953	0,00047
	Lluvia	0,5630	1,3989	0,6075	0,3201	0,6799

El análisis de similitud para el fitoplancton durante el primer monitoreo, enseña la poca variabilidad entre los puntos de muestreo en cuanto a la distribución de la riqueza de especies y la abundancia con una similaridad superior al 65% (Figura 142). El dendrograma para la época de lluvias organiza las estaciones de muestreo en tres grandes grupos (60%) acorde a las abundancias: el primer grupo constituido por P7 con la mínima densidad, el segundo grupo conformado por los puntos en el norte de la ciénaga (P1- P3) con bajas densidades y el predominio de *Nitzschia sp*, finalmente el grupo con alta abundancia de individuos y dominancia de las algas verde azules.

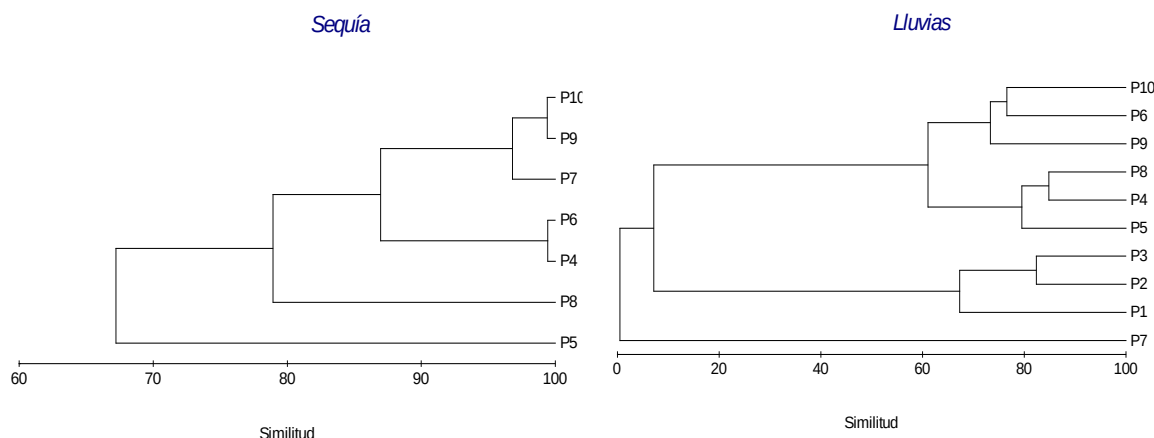


Figura 142. Dendrograma de clasificación para el fitoplancton en la Ciénaga El Convento durante los dos monitoreos.

Zooplankton. La comunidad zooplancónica en la Ciénaga El Convento en los dos periodos monitoreados estuvo representada por 48 morfoespecies, distribuidas taxonómicamente en 29 géneros, 22 familias, 7 órdenes, 5 clases y 2 phylla (Tabla 104).

Tabla 104. Composición taxonómica del zooplancton registrado en la Ciénaga El Convento en los dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	Brachionus	<i>Brachionus havanaensis</i>
					<i>Brachionus calyciflorus</i>
					<i>Brachionus angularis</i>
					<i>Brachionus urceolaris</i>
					<i>Brachionus caudatus</i>
					<i>Brachionus plicatilis</i>
				Keratella	<i>Keratella cochlearis</i>
				Platyias	<i>Platyias quadricornis</i>
			Lepadellidae	Lepadella	<i>Lepadella</i> sp
			Proalidae	Proales	<i>Proales</i> sp
			Proalinopsis	<i>Proalinopsis</i> sp	
			Synchaetidae	Polyarthra	<i>Polyarthra vulgaris</i>
			Epiphanidae	Epiphanes	<i>Epiphanes</i> sp
			Asplanchnidae	Asplanchna	<i>Asplanchna silvestri</i>
					<i>Asplanchna</i> sp
			Asplanchnopus	<i>Asplanchnopus</i> sp	
			Trichocercidae	Trichocerca	<i>Trichocerca</i> sp
			Euchlanidae	Euchlanis	<i>Euchlanis</i> sp
			Beauchampiella	<i>Beauchampiella eudactylota</i>	
			Mytilinidae	Mytilina	<i>Mytilina bisulcata</i>
			Lecanidae	Lecane	<i>Lecane papuana</i>
					<i>Lecane luna</i>
					<i>Lecane lunaris lunaris</i>
					<i>Lecane bulla</i>
					<i>Lecane leontina</i>
					<i>Lecane quadridentata</i>
					<i>Lecane elsa</i>
					<i>Lecane hastata</i>
					<i>Lecane stichaea</i>
					<i>Lecane cornuta</i>
					<i>Filinia terminalis</i>
					<i>Filinia longiseta</i>
					<i>Filinia opoliensis</i>
			Testudinellidae	Testudinella	<i>Testudinella patina</i>
			Hexarthridae	Hexarthra	<i>Hexarthra</i> sp
Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	Ceriodaphnia	<i>Ceriodaphnia reticulata</i>
					<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>
			Moinidae	Moina	<i>Moina micrura</i>
					<i>Moinodaphnia macleayi</i>
			Macrothricidae	Macrothrix	<i>Macrothrix</i> sp
			Chydoridae	Alona	<i>Alona</i> sp

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
				Leydigiopsis	<i>Leydigiopsis</i> sp
			Sididae	Diaphanosoma	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>
		Cyclopoida	Cyclopidae	Mesocyclops	<i>Mesocyclops brasiliensis</i>
	Maxillopoda	Calanoida	Diaptomidae	Notodiaptomus	<i>Notodiaptomus</i> sp
		-----	-----	-----	Nauplio indeterminado
	Ostracoda	Metacopina	-----	-----	Ostrácodo indeterminado
	Insecta	Diptera	-----	-----	Larva de díptero

Los rotíferos (clase Monogononta) en época seca constituyeron, con 26 morfoespecies, el mayor porcentaje de riqueza con el 68% del total, mientras que los microcrustáceos de la clase Branchiopoda (cladóceros), con 8 morfoespecies representaron el 21%, los de la clase Maxillopoda (copépodos) con 3 morfoespecies el 8% y los de la clase ostrácoda con 1 morfoespecie el 3% (Figura 143-B).

Para la época de lluvias no hubo registros de especies de la clase Maxillopoda y la comunidad estuvo constituida de la siguiente manera: 72% de las morfoespecies fueron rotíferos, 22% cladóceros, 3% ostrácodos e igual porcentaje fueron insectos (Figura 143-C). Por su parte, el registro general demuestra el dominio en riqueza de los rotíferos con el 73% de las morfoespecies registradas, seguido de los cladóceros con el 17%, copépodos con el 6% y ostrácodos e insectos individualmente con el 2% (Figura 143A).

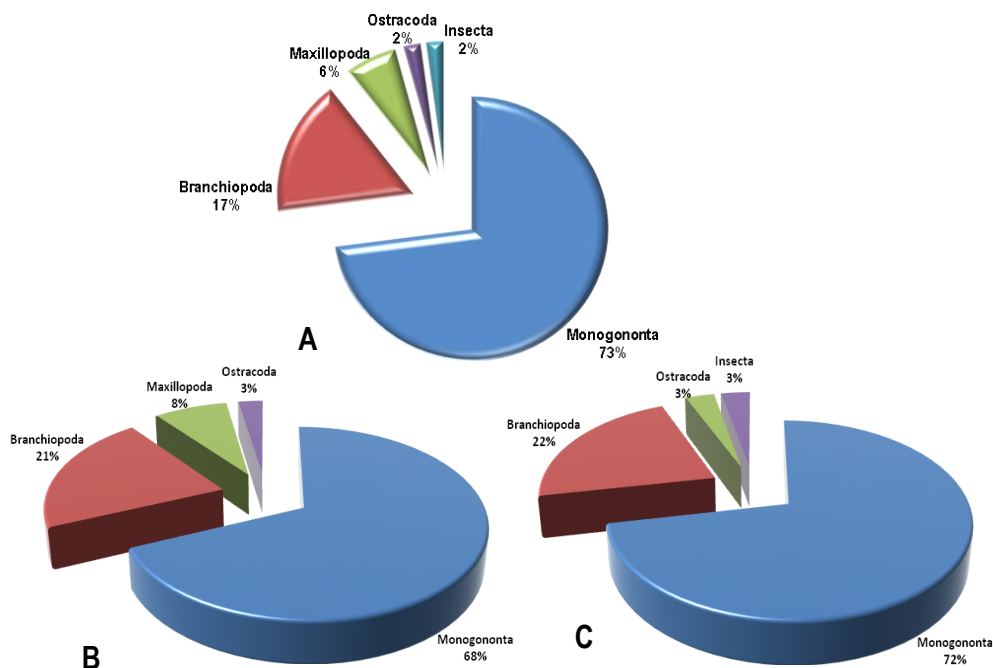


Figura 143. Riqueza de zooplancton por clase en la Ciénaga El Convento Tomás en los dos periodos de monitoreo. A) Riqueza Total; B) Riqueza en la Época seca; C) Riqueza en la Época de lluvias.

En época seca, la composición de morfoespecies estuvo dominada por el género *Brachionus*; *B. angularis*, *B. calyciflorus*, *B. havanaensis* y *B. plicatilis* obtuvieron las mayores abundancias. Estas especies, son descritas como resistentes a pH elevado y aguas abundantes en calcio, cloruros, sulfatos y carbonatos, es decir, cuerpos de agua altamente eutrofizados (Roldan y Ramírez, 2008).

En general las abundancias fueron altas y correspondieron con las altas abundancias de cianobacterias presentes, demostrando el papel polífago de estas especies, que consumen organismos que habitualmente no son digeridos por la mayoría del zooplancton, por ejemplo, *B. plicatilis* es considerada una especie no selectiva que se puede alimentar tanto de cianofíceas como de clorofíceas, pheofíceas, bacterias y levaduras (Hirayama et al. 1973).

Los puntos de muestreo P1, P2 y P3 no fueron monitoreados debido a que se encontraban secos. En tanto, en P7 no se registraron organismos debido a que las aguas de donde se tomaron las muestras tenían una fuerte influencia antrópica que causaba exceso de enriquecimiento de las mismas; durante los monitoreos se pudo observar que en este punto había una descarga de una alcantarilla proveniente de una curtiembre, lo que producía mal olor del agua, coloración oscura y la formación de una capa de grasa en la superficie. En este contexto, por el escaso volumen de agua de la ciénaga derivado del fuerte periodo seco que azotaba esta región, se generaba un ambiente hostil para la comunidad zooplanctónica, provocando su ausencia en este punto (Tabla 105).

Tabla 105. Promedio de Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga El Convento durante 5 días de monitoreo en época seca en 2014.

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<i>Brachionus havanaensis</i>	Seco	Seco	Seco	105,2	166,7	56,2	0,0	207,2	191,6	369,0
<i>Brachionus calyciflorus</i>	Seco	Seco	Seco	106,3	94,3	73,7	0,0	338,7	430,2	516,9
<i>Brachionus angularis</i>	Seco	Seco	Seco	344,1	78,8	35,6	0,0	424,6	500,8	401,8
<i>Brachionus urceolaris</i>	Seco	Seco	Seco	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Brachionus caudatus</i>	Seco	Seco	Seco	10,8	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0
<i>Brachionus plicatilis</i>	Seco	Seco	Seco	55,7	171,5	85,5	0,0	45,4	54,7	240,7
<i>Lepadella</i> sp	Seco	Seco	Seco	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0
<i>Proales</i> sp	Seco	Seco	Seco	2,0	2,1	9,3	0,0	5,6	0,0	0,8
<i>Polyarthra vulgaris</i>	Seco	Seco	Seco	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epiphanes</i> sp	Seco	Seco	Seco	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Asplanchna silvestri</i>	Seco	Seco	Seco	0,8	26,6	8,1	0,0	0,0	0,4	7,6
<i>Asplanchnopus</i> sp	Seco	Seco	Seco	73,6	40,2	0,0	0,0	21,4	1,1	11,8
<i>Trichocerca</i> sp	Seco	Seco	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0

Morfoespecie	Promedio (Individuos/Litro)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<i>Euchlanis</i> sp	Seco	Seco	Seco	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0
<i>Lecane papuana</i>	Seco	Seco	Seco	0,4	19,6	30,5	0,0	0,0	10,8	8,7
<i>Lecane luna</i>	Seco	Seco	Seco	2,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	6,5
<i>Lecane lunaris lunaris</i>	Seco	Seco	Seco	0,0	2,3	2,9	0,0	0,0	0,0	1,1
<i>Lecane bulla</i>	Seco	Seco	Seco	0,8	2,1	25,2	0,0	1,9	0,0	0,8
<i>Lecane leontina</i>	Seco	Seco	Seco	0,0	13,4	22,8	0,0	0,0	1,1	0,0
<i>Lecane quadridentata</i>	Seco	Seco	Seco	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lecane elsa</i>	Seco	Seco	Seco	0,0	2,3	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Filinia terminalis</i>	Seco	Seco	Seco	54,2	82,8	119,3	0,0	56,1	346,5	323,6
<i>Filinia longiseta</i>	Seco	Seco	Seco	7,5	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	11,5
<i>Filinia opoliensis</i>	Seco	Seco	Seco	0,0	2,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Testudinella patina</i>	Seco	Seco	Seco	0,0	0,3	2,4	0,0	3,0	0,0	0,0
<i>Hexarthra</i> sp	Seco	Seco	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	Seco	Seco	Seco	2,1	8,0	8,7	0,0	9,4	1,5	3,7
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	Seco	Seco	Seco	0,0	9,6	2,4	0,0	0,0	0,7	0,0
<i>Moina micrura</i>	Seco	Seco	Seco	26,6	114,5	85,7	0,0	79,8	42,9	50,2
<i>Moinodaphnia macleayi</i>	Seco	Seco	Seco	5,4	2,0	3,8	0,0	13,7	7,8	0,4
<i>Macrothrix</i> sp	Seco	Seco	Seco	1,2	6,4	18,4	0,0	0,0	0,5	2,2
<i>Alona</i> sp	Seco	Seco	Seco	0,0	7,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Leydigopsis</i> sp	Seco	Seco	Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	Seco	Seco	Seco	0,4	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	Seco	Seco	Seco	3,3	58,2	85,8	0,0	10,4	22,5	25,1
<i>Notodiaptomus</i> sp	Seco	Seco	Seco	6,2	7,4	8,2	0,0	0,0	1,6	2,0
Nauplio indeterminado	Seco	Seco	Seco	31,2	65,9	133,8	0,0	18,4	13,2	24,7
Ostrácodo indeterminado	Seco	Seco	Seco	0,6	3,7	4,1	0,0	3,4	3,3	0,4
Total (Ind/L)	0,0	0,0	0,0	861,2	994,9	852,2	0,0	1243,6	1633,2	2010,6

En época lluviosa, a excepción de P7 donde únicamente se registró una especie con una abundancia de 19.8 Ind/L producida por la alta intervención humana que se evidencia con el color oscuro y el mal olor del agua; las estaciones menos abundantes fueron P1 con 17.8 Ind/L y P2 con 52.4 Ind/L en las cuales no hay especies dominantes. Por otra parte, P4 y P5 con 959 Ind/L y 879.8 Ind/L respectivamente obtuvieron las mayores abundancias, otorgadas por las altas densidades de especies del género *Brachionus* que se caracterizan, según Pinilla (2010), por dominar en ecosistemas eutróficos, de pH alcalino, con altos contenidos de calcio, cloruros, sulfatos y carbonatos, además las abundancias de *Mesocyclops brasiliensis*, que según este mismo autor domina en aguas eutróficas y duras (Tabla 106).

Tabla 106. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga El Convento en época Lluviosa en 2014.

Morfoespecie	Total (Individuos/Litro)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<i>Brachionus havanaensis</i>	2,6	2,3	28,1	88,8	225,8	16,6	0,0	12,2	0,0	17,0
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
<i>Brachionus angularis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
<i>Brachionus caudatus</i>	5,2	1,1	65,5	592,0	444,9	126,2	0,0	53,6	19,7	58,2
<i>Keratella cochlearis</i>	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Platylabus quadricornis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lepadella</i> sp	1,6	2,3	4,7	3,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,6	0,0
<i>Proales</i> sp	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Proalinopsis</i> sp	0,5	12,5	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epiphanes</i> sp	0,0	0,0	0,0	3,0	63,1	13,3	0,0	9,2	0,0	5,7
<i>Asplanchna</i> sp	1,6	0,0	1,6	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Beauchampiella eudactylota</i>	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mytilina bisulcata</i>	0,0	1,1	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lecane papuana</i>	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lecane luna</i>	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lecane lunaris lunaris</i>	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lecane bulla</i>	0,5	8,0	0,8	5,9	0,0	0,0	0,0	1,5	1,6	0,0
<i>Lecane leontina</i>	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lecane hastata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
<i>Lecane stichaea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0
<i>Lecane cornuta</i>	0,0	1,1	0,8	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Filinia terminalis</i>	0,0	0,0	4,7	41,4	23,2	6,6	0,0	0,0	0,0	2,8
<i>Testudinella patina</i>	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i>	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	10,7	0,0	19,9
<i>Moina micrura</i>	0,5	0,0	2,3	14,8	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	4,3
<i>Macrothrix</i> sp	0,0	2,3	0,0	5,9	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	1,4
<i>Mesocyclops brasiliensis</i>	0,5	3,4	8,6	106,6	56,4	19,9	0,0	10,7	47,6	7,1
Nauplio indeterminado	3,1	5,7	14,0	71,0	49,8	3,3	19,8	36,7	4,9	75,3
Ostrácode indeterminado	0,5	0,0	1,6	3,0	6,6	3,3	0,0	7,7	3,3	4,3
Larva de díptero	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total (Ind/L)	17,8	52,4	139,6	959,0	879,8	199,2	19,8	151,5	80,4	198,8

A excepción de P1, P2, P3 y P7 donde no se pueden establecer comparaciones temporales debido a que no hubo agua o no se registraron individuos en alguna de las épocas, en la mayoría de las demás estaciones es evidente la superioridad de las abundancias registradas en la época seca (Figura 144),

producto de la proliferación de especies polípagas y altamente tolerantes a factores ambientales adversos (género *Brachionus*), que respondían a la amplia oferta alimenticia presentada en la ciénaga.

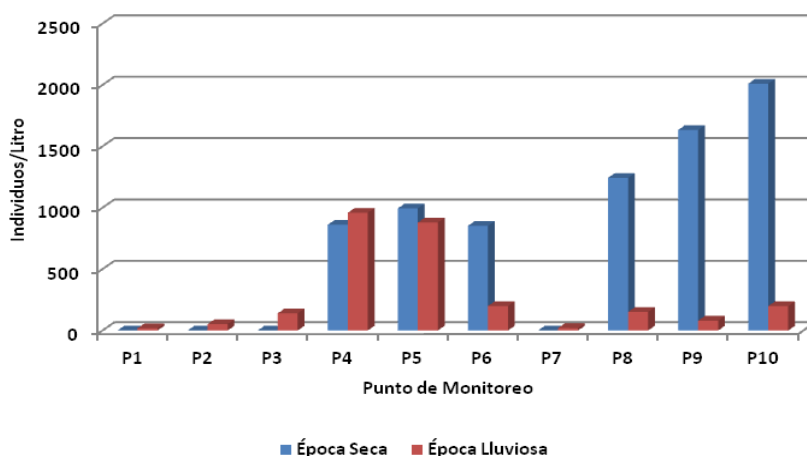


Figura 144. Individuos/Litro de zooplancton registrado en la Ciénaga El Convento durante la época seca y la época lluviosa en 2014.

En este cuerpo de agua se registraron valores medios de riqueza y diversidad en época seca y época de lluvias (Tabla 107). Las condiciones ambientales que afectan este ecosistema permiten describirlo como un cuerpo de agua eutrofizado donde solo proliferan morfoespecies con un alto grado de tolerancia a factores ambientales adversos, como es el caso del zooplancton registrado, que ha aprovechado el exceso de microalgas, principalmente cianobacterias, producidas en sistemas fuertemente enriquecidos, para satisfacer sus necesidades.

Tabla 107. Índices ecológicos del zooplancton registrado en la Ciénaga El Convento en los dos periodos de monitoreo (época seca y de lluvias).

Época Climática	Punto de Monitoreo	Índices ecológicos				
		*S	*N	*J'	*H'(log10)	*Lambda
Época Seca	1	-----	-----	-----	-----	-----
	2	-----	-----	-----	-----	-----
	3	-----	-----	-----	-----	-----
	4	24	861,02	0,64	0,89	0,21
	5	26	995,03	0,77	1,09	0,10
	6	30	852,08	0,78	1,15	0,09
	7	-----	-----	-----	-----	-----
	8	16	1243,72	0,65	0,78	0,23
	9	22	1633,08	0,55	0,74	0,22
	10	22	2010,58	0,61	0,82	0,18

Época Climática	Punto de Monitoreo	Índices ecológicos				
		*S	*N	*J'	*H'(log10)	*Lambda
Época Lluviosa	1	12	17,60	0,84	0,91	0,16
	2	16	52,30	0,88	1,06	0,12
	3	12	139,70	0,68	0,73	0,28
	4	17	959,20	0,50	0,61	0,41
	5	10	879,70	0,62	0,62	0,33
	6	8	199,20	0,63	0,57	0,43
	7	1	19,80		0,00	1,00
	8	12	151,40	0,76	0,82	0,21
	9	7	80,30	0,61	0,52	0,42
	10	12	198,80	0,69	0,75	0,25

*S = Riqueza; N = Número de individuos; J' = Equidad; H' = Diversidad de Shannon; Lambda = Dominancia de Simpson.

De la aplicación del índice de similitud de Bray-Curtis, en época seca, teniendo en cuenta una importancia superior al 50%, se puede apreciar que las estaciones P9 y P10 reportan similitudes superiores al 80% por presentar los valores más altos y aproximaciones en los registros de abundancia de algunas especies como *Filinia terminalis*, *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus havanaensis* y *Brachionus algalis*, entre otras. Lo mismo ocurre con P5 y P6 quienes registraron un 68% de similitud (Figura 145-A). Además, se aprecia una acumulación de organismos hacia los últimos 3 puntos monitoreados, lo que sugiere que hacia este sector se presentan mayores enriquecimientos que permiten la proliferación de fitoplancton apto para el consumo de estas especies polífagas y resistentes a variables ambientales que son desfavorables para otros organismos.

Por su parte, el clúster obtenido de los datos de la época lluviosa, teniendo en cuenta el mismo valor de importancia (50% de similitud), muestra que las estaciones P8 y P10 con 77.67% de similitud y P4 y P5 con el 73.1% se encuentran relacionadas esencialmente por los valores de abundancia de *Brachionus caudatus* y las formas larvales y maduras de copépodos (Figura 145-B).

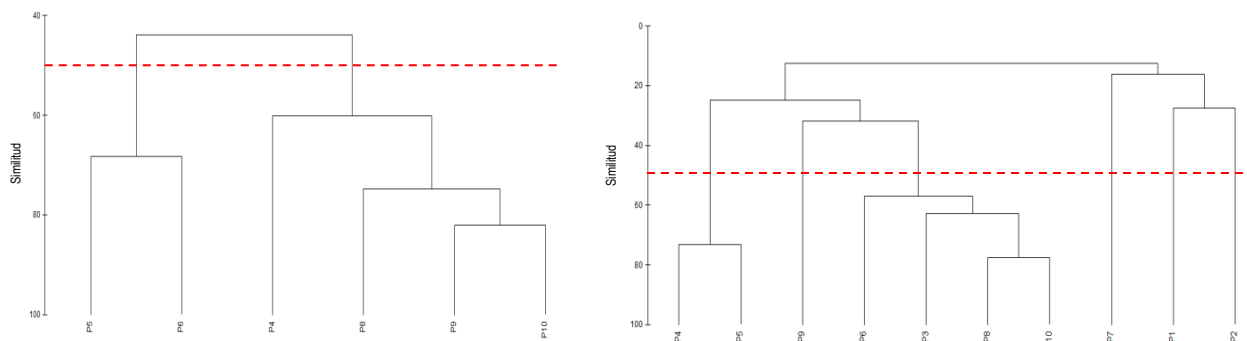


Figura 145. Clúster de similitud de Bray-Curtis según la abundancia de zooplancton en la Ciénaga El Convento en los dos periodos de monitoreo. A) Época seca, B) Época de lluvias.

Los valores de abundancia de los diferentes monitoreos realizados demuestran que en época seca las condiciones ambientales de la ciénaga se vuelven hostiles para el desarrollo del ensamblaje zooplanctónico, mientras que en el periodo de lluvias, al entrarle agua a la ciénaga a través de las escorrentías locales y el Río Magdalena, los flujos de nutrientes y organismos se renuevan.

Macrófitas. Se registró un total de 15 morfoespecies que taxonómicamente están distribuidas en 12 géneros, 10 familias, 9 órdenes, 2 clases y 1 división (Tabla 108).

Tabla 108. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga El Convento durante dos monitoreos realizados en 2014 (época seca y de lluvias).

División	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	Eichhornia	<i>Eichhornia crassipes</i>
					<i>Eichhornia azurea</i>
		Myrtales	Onagraceae	Ludwigia	<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>
					<i>Ludwigia erecta</i>
		Fabales	Fabaceae	Mimosa	<i>Mimosa pudica</i>
					<i>Pistia stratiotes</i>
		Alismatales	Araceae	Pistia	
				Lemna	<i>Lemna minor</i>
		Proteales	Nelumboniaceae	Nelumbo	<i>Nelumbo nucifera</i>
		Lamiales	Lentibulariaceae	Utricularia	<i>Utricularia foliosa</i>
		Poales	Cyperaceae	Cyperus	<i>Cyperus sp</i>
				Paspalum	<i>Paspalum sp</i>
					<i>Paspalum repens</i>

División	Clase	Orden	Familia	Género	Morfoespecie
		Zingiberales	Marantaceae	Thalia	<i>Thalia geniculata</i>
	Polypodiopsida	Salviniales	Salviniaceae	Salvinia	<i>Salvinia auriculata</i>
			Azollaceae	Azolla	<i>Azolla filiculoides</i>

En el consolidado general de la composición de la diversidad, el 70% estuvo formado por cinco órdenes, en el que Poales presentó la mayor riqueza, constituyendo individualmente el 19% de las morfoespecies registradas, seguido de los órdenes Salviniales, Alismatales, Myrtales y Commeniales por encima del 10% cada uno. Por su parte, los demás órdenes representaron el 30% (Figura 146).

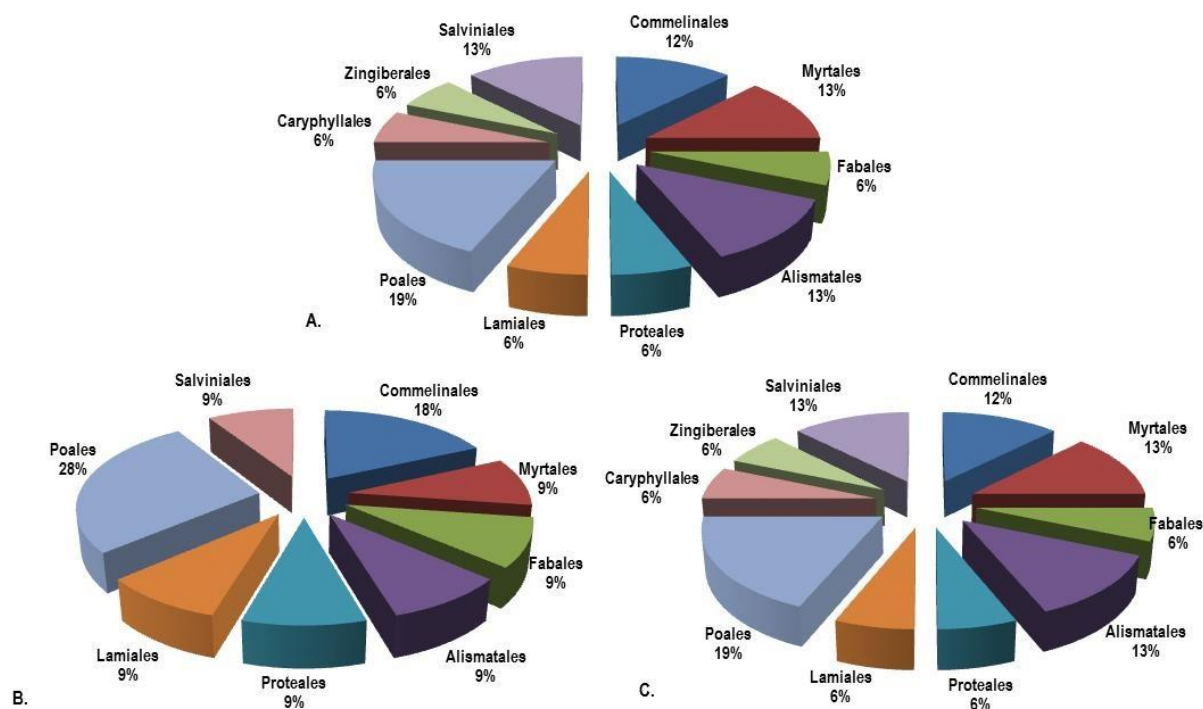


Figura 146. Riqueza de los órdenes de macrófitas registradas en la Ciénaga El Convento.

La macrófita de mayor cobertura, al igual que lo registrado en las ciénagas del Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela, Santo Tomás y Sabanagrande, fue *Eichhornia crassipes* que de acuerdo a Pinilla (2000), en su compilación bibliográfica sobre indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia, abunda en ecosistemas acuáticos eutróficos y aguas tranquilas.

Eichhornia crassipes es una macrófita acuática considerada una mala hierba debido a su impresionante producción de biomasa causada por los altos niveles de nutrientes en algunos cuerpos de agua, que restringe el movimiento del agua y navegación. Esta especie es tolerante a una amplia gama de condiciones, incluyendo, en gran medida ambientes contaminados, y se utiliza con éxito en sistemas de tratamiento de aguas residuales (Gopal, 1987; En Caldelas et al. 2009).

Aunque *E. crassipes* obtuvo las mayores coberturas en ambos periodos de monitoreo (59.43% en la época de ausencia de lluvias y 60.8% en el periodo lluvioso), es de destacar que hubo otras morfoespecies representativas en el sistema como es el caso de *Nelumbo nucifera*, *Nymphaea* sp y *Utricularia foliosa* (Tabla 109).

Nelumbo nucifera es una especie exótica de rápido crecimiento y muy agresiva que elimina toda vegetación sumergida o flotante que exista en la zona y forma un tapete de un metro de profundidad, monoespecífico e impenetrable para la fauna. En espectacular expansión, obstaculiza la circulación de los flujos de agua, inhibe la fotosíntesis y provoca una fuerte eutrofización (CMA, 2005). Este carácter invasivo de estas especies dominantes permite concluir que este ecosistema se encuentra eutrofizado.

Tabla 109. Porcentaje promedio de cobertura de las morfoespecies de macrófitas registradas en la Ciénaga El Convento.

Morfoespecie	Puntos de monitoreo ciénaga																			
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i>	Seco	5,6	Seco	0	Seco	0	7,2	0	0	0	0	0	0	0	17,6	0	0	0	0	0
<i>Ludwigia erecta</i>	Seco	0,8	Seco	0	Seco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eichhornia crassipes</i>	Seco	66,4	Seco	73,6	Seco	80,8	61,6	50,4	34,4	52,8	100	52,8	53,6	100	66,4	40	0	40,8	100	100
<i>Eichhornia azurea</i>	Seco	9,6	Seco	0	Seco	0	12	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0
<i>Azolla filiculoides</i>	Seco	2,4	Seco	0	Seco	0	0	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Utricularia foliosa</i>	Seco	0	Seco	0	Seco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Cyperus</i> sp	Seco	1,6	Seco	11,2	Seco	13,6	14,4	0	0	0	0	0	0	0	8,8	0	0	0	0	0
<i>Mimosa pudica</i>	Seco	0	Seco	0	Seco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	12	0	0	0	0
<i>Nelumbo Nucifera</i>	Seco	0	Seco	0	Seco	0	0	45,6	20	47,2	0	47,2	0	0	0	0	100	20	0	0
<i>Paspalum</i> sp	Seco	4	Seco	8,8	Seco	0	0	0	5,6	0	0	0	0	0	1,6	0	0	11,2	0	0
<i>Paspalum repens</i>	Seco	3,2	Seco	0	Seco	4	0	0	20	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
<i>Pistia stratiotes</i>	Seco	4	Seco	3,2	Seco	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0	0	2,4	0	4	0	0
<i>Salvinia auriculata</i>	Seco	1,6	Seco	1,6	Seco	0	4,8	1,6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Morfoespecie	Puntos de monitoreo ciénaga																			
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI	S	LI
<i>Thalia geniculata</i>	Seco	0	Seco	0	Seco	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,2	0	0	0	0
<i>Lenma nimor</i>	Seco	0,8	Seco	1,6	Seco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
	Seco	100	Seco	100	Seco	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Como fue la constante en las demás ciénagas del margen oriental del Departamento del Atlántico, la comunidad de macrófitas de la Ciénaga El Convento en las dos etapas de monitoreos se registraron de bajos valores de riqueza, diversidad y equidad en la ciénaga, la cual se encontraba altamente dominada por una especie, *E. crassipes*, tanto en la ciénaga como en los puntos ubicados en las estructuras hidráulicas, como también la presencia de *N. nucifera* en porcentajes importantes de cobertura (Tabla 110).

La dominancia de esta especie sobre el espejo de agua, permite deducir que este ecosistema presenta eutrofización a raíz de que cuerpos de agua que contienen niveles altos de nitrógeno, fósforo, potasio al igual que aguas contaminada con metales pesados como cobre y plomo no limitan su crecimiento (Atlas de especies invasoras del Caribe, 2011); probablemente estas sean las condiciones ambientales del sistema, además la alta presión que ejercen las poblaciones cercanas, así como la influencia de la intensa época seca que se estaba viviendo, son factores que ayudan a modelar las condiciones tróficas del sistema.

Tabla 110. Índices ecológicos para la cobertura de macrófitas registradas en los puntos de muestreo ubicados en la Ciénaga El Convento y en los Puntos hidráulicos en las épocas de sequía y lluvia de 2014.

Punto de muestreo	Periodo de muestreo	S	N	J'	H(Log 10)	λ
P1	Sequia	0,00	0,00	-	0,00	
	Lluvia	11,00	100,00	0,55	0,58	0,46
P2	Sequia	0,00	0,00	-	0,00	
	Lluvia	6,00	100,00	0,52	0,40	0,56
P3	Sequia	0,00	0,00	-	0,00	-
	Lluvia	4,00	100,00	0,46	0,28	0,67
P4	Sequia	5,00	100,00	0,73	0,51	0,42
	Lluvia	4,00	100,00	0,62	0,37	0,46
P5	Sequia	5,00	84,00	0,85	0,60	0,29
	Lluvia	2,00	100,00	1,00	0,30	0,50

Punto de muestreo	Periodo de muestreo	S	N	J'	H(Log 10)	λ
P6	Sequia	1,00	100,00	-	0,00	1,00
	Lluvia	2,00	100,00	1,00	0,30	0,50
P7	Sequia	3,00	100,00	0,71	0,34	0,48
	Lluvia	1,00	100,00	-	0,00	1,00
P8	Sequia	3,00	100,00	0,64	0,31	0,54
	Lluvia	7,00	100,00	0,86	0,73	0,23
P9	Sequia	1,00	100,00	-	0,00	1,00
	Lluvia	6,00	100,00	0,84	0,66	0,26
P10	Sequia	1,00	100,00	-	0,00	1,00
	Lluvia	1,00	100,00	-	0,00	1,00

En la Ciénaga El Convento durante el periodo de sequía se identificaron 26.9 Ha de macrófitas distribuidas principalmente hacia el norte y en algunos sectores del centro y sur en sus ribera, ocupando aproximadamente el 17.8% de la extensión de la ciénaga. Las cianobacterias fueron bien diferenciadas en una extensión de 9.26 Ha que equivalen al 6% de la cobertura.

En cuanto al periodo de muestreo la cobertura de las macrófitas estuvo representada por un área de 34.95 Ha distribuidas en su mayoría hacia el norte, centro y algunas zonas de ribera y sur, en una extensión total de 161,56 Ha. En cuanto a las cianobacterias, se registró un porcentaje de cobertura de 6.13%.

Esta ciénaga difiere de las demás debido a que se comporta hidrodinámicamente diferente pues tiene entradas independientes desde el Río Magdalena y no está controlada por estructuras hidráulicas (Figuras 147 y 148).

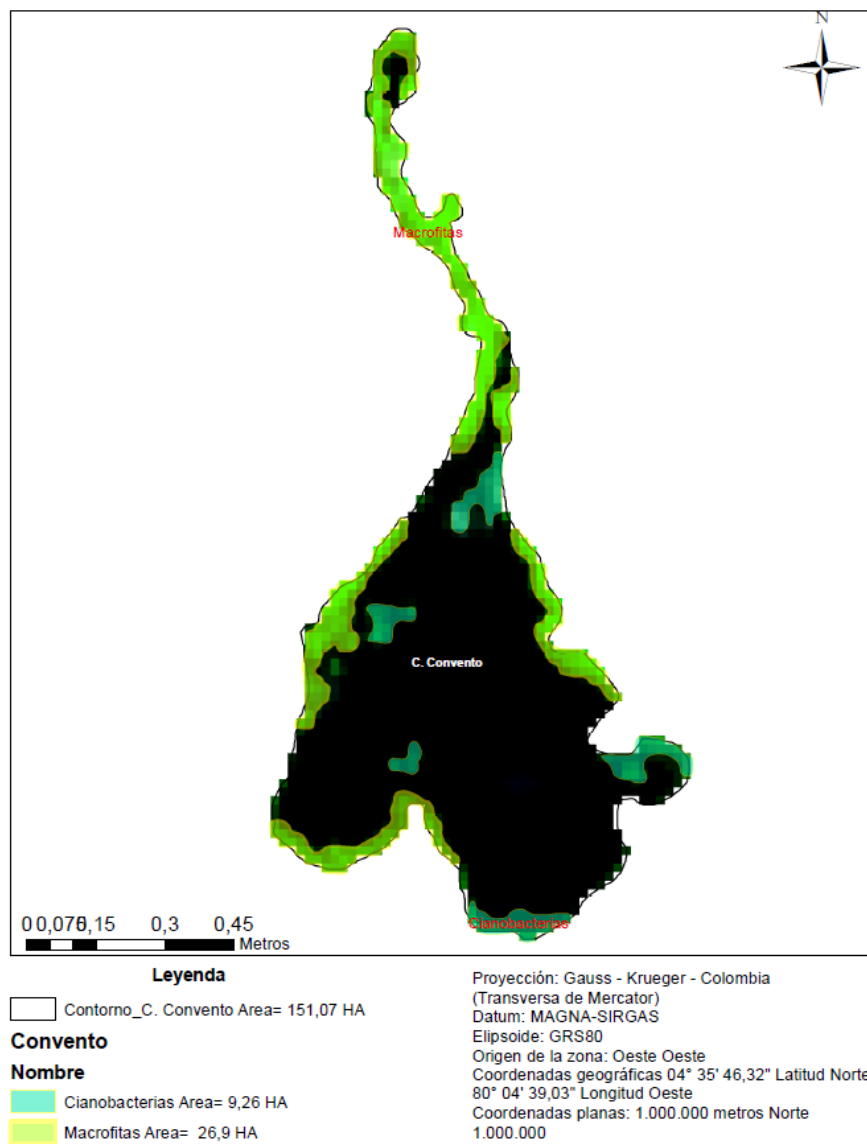


Figura 147. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en época seca de 2014 en la Ciénaga El Convento.

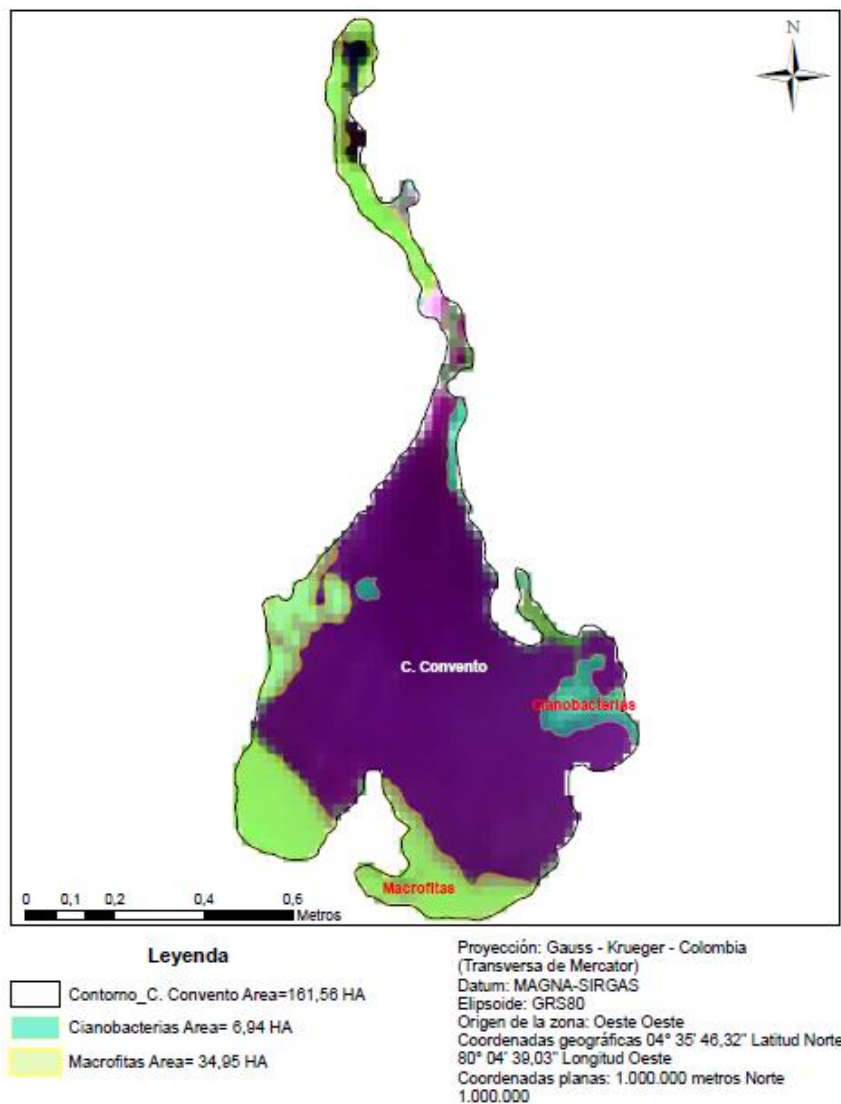


Figura 148. Cobertura de macrófitas y floraciones de cianobacterias en la época lluviosa de 2014 en la Ciénaga El Convento.

Macroinvertebrados bentónicos. En la ciénaga del convento la comunidad de macroinvertebrados, se caracterizó por presentar valores bajos de abundancia y riqueza en la época seca, con un total de 32 individuos, siendo *Chironomus* y *tubifex* los generos más representativos, con porcentajes de 53 y 31 respectivamente (Figura 149). En la época de lluvias se registró valores más altos de abundancia y riqueza, siendo aún los dípteros con el género *Chironomus* al igual que *Polymesoda*, el valor total de la abundancia en la época de lluvias fue de 291 individuos (Tabla 111).

Tabla 111. Composición taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrados en la Ciénaga El Convento.

Punto de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca	Época lluviosa
P1	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		2
	Mesogastroopoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		1
		Ampullaridae	<i>Pomacea</i>		2
	Trichoptera	Odontoceridae	<i>Marilia</i>		1
P2		Apullaridae	<i>Marisa</i>		
	Mesogastroopoda		<i>Pomacea</i>		
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		
			<i>Hydrobiosidae</i>		
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		
		Ancylidae	<i>Ferrisia</i>		
	Lepidóptera	Pyrilidae	<i>Ostrinia</i>		
	Coleóptera	Hydrophilidae	<i>Berosus</i>		
		Scirtidae	<i>Elodes?</i>		
P3	Mesogastroopoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		1
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		13
	Basommatophora	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>		11
P4	Unionoide	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>		17
P5		Thiaridae	<i>Melanoides</i>		8
	Mesogastroopoda	Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		3
			<i>Hydrobiosidae</i>		2
		Ampullaridae	<i>Pomacea</i>		1
	Unionoide	Hyriidae	<i>Polymesoda sp</i>		44
	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	16	
P6		Psychodidae			1
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	1	39
			<i>Tanypodinae</i>	2	
		Hydrobiidae	<i>Hydrobiosidae</i>		4
			<i>Litoridina</i>		7
	Mesogastroopoda		<i>Pomacea</i>		2
		Ampullaridae	<i>Marisa</i>		1
		Thiaridae	<i>Melanoides</i>		4
	Basommatophora	Limnaeidae	<i>Lymnaea</i>		2
		Physidae	<i>Physa</i>		1
	Unionoide	Hyriidae	<i>Polymesoda sp</i>	1	14
P7	Mesogastroopoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		3
	Unionoide	Hyriidae	<i>Plymesoda</i>		10

Punto de muestreo	Orden	Familia	Género	Época seca	Época lluviosa
P8	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Probezzia sp1</i>	1	54
		Chironomidae	<i>Chironomus</i>		
			<i>Tanypodinae</i>	1	
	Haplotaaxida	Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	
	Unionoida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	1	
P9	Diptera	Hyriidae	<i>Polymesoda sp</i>	2	1
	Unionoida	Tipulidae	<i>Tipula</i>		
		Chironomidae	<i>Chironomus</i>	4	
		Hyriidae	<i>Polymesoda sp</i>		
	Mesogastroopoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		
		Ampullaridae	<i>Pomacea</i>		
P10	Coleoptera	Hydrobiidae	<i>Amnicola</i>	1	1
		Elmidae	<i>Elmidae sp1</i>	1	
	Mesogastroopoda	Thiaridae	<i>Melanoides</i>		
		Hydrobiidae	<i>Litoridina</i>		
		Ampullaridae	<i>Marisa</i>		
	Unionoida	Hyriidae	<i>Polymesoda</i>		
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>		6

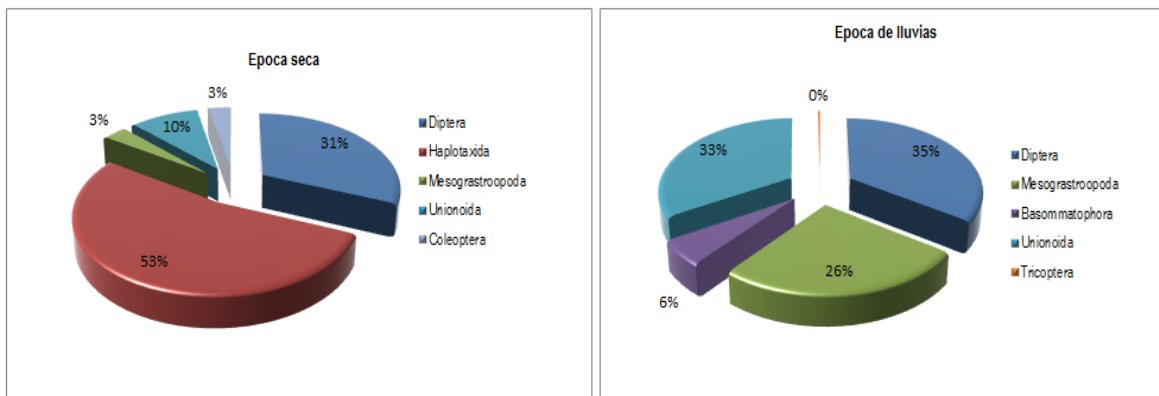


Figura 149. Composición de macroinvertebrados bentónicos por órdenes en la Ciénaga El Convento.

La Ciénaga El Convento, presenta un grupo con rangos amplios de tolerancia y algunos aunque tolerantes, poseen rangos más estrechos con concentraciones de materia orgánica altas. Es así como el grupo de moluscos presentes (euritolerantes) se acompaña de organismos que se presentan en cuerpos de agua en estiaje pero con condiciones más estables que aun permiten su sobrevivencia como el caso de coleópteros del género *Elmidae*. Esto evidencia valores de pH que aún no son ácidos porque permanece el espejo de agua, ya que este género es poco tolerante a pH inferiores a 6,5.

En la época de lluvias al igual que muchas de las ciénagas en estudio, los moluscos son la clase predominante, por los altos contenidos de materia orgánica y condiciones fisicoquímicas que favorecen el desarrollo de estos organismos (Tablas 112 y 113).

Tabla 112. Riqueza y abundancia por puntos de muestreo y épocas en la Ciénaga El Convento.

Puntos de muestreo	Riqueza		Abundancia	
	Época seca	Época de lluvias	Época seca	Época de lluvias
P1	4		6	
P3		3		25
P4		1		17
P5		5		58
P6	4	10	20	75
P7		2		10
P8	5	1	6	54
P9	3	4	6	15
P10		5		28

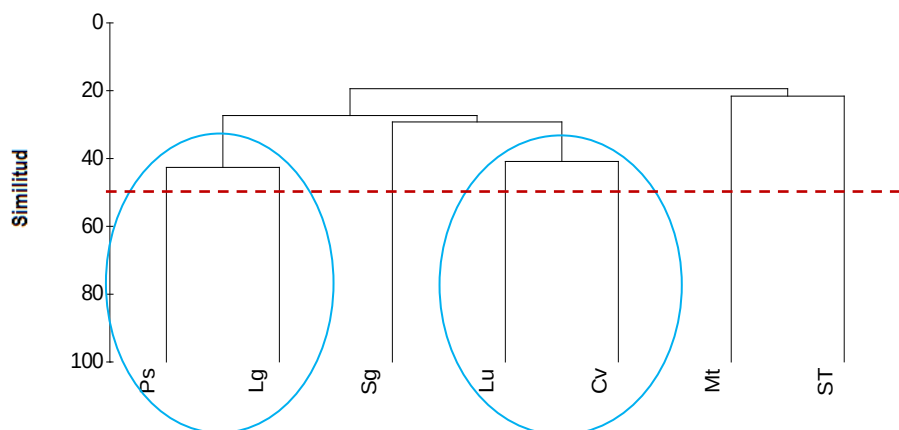
Tabla 113. Distribución de géneros en la época seca y de lluvias en la Ciénaga El Convento.

Géneros	Distribución por puntos		Total
	Época seca	Época de lluvias	E. Seca-E. Lluvias
<i>Gyraul</i>			
<i>Amnicola</i>	1		
<i>Chironomus</i>	2	3	
<i>Elmidae sp1</i>	1		
<i>Hydrobiosidae</i>		2	2
<i>Litoridina</i>		3	
<i>Lymnaea</i>		1	2
<i>Marilia</i>		1	1
<i>Melanoides</i>		7	34
<i>Physa</i>		1	1
<i>Polymesoda</i>		8	100
<i>Pomacea</i>		2	3
<i>Probezzia sp1</i>	1		1
<i>Tanypodinae</i>	1		3
<i>Tipula</i>	2		2
<i>Tubifex sp</i>	2		17

Análisis Comparativo entre el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela y las ciénagas de Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento. Este análisis comparativo se realizó solo para la época de sequía, debido que para el periodo de lluvias no se realizaron monitoreos en todas las ciénagas, pues las ciénagas de Paraíso y Manatí se reportaron secas.

Deduciendo del dendograma de similitud para las siete ciénagas en conjunto (Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela: Paraíso, Larga, La Luisa y Manatí; Santo Tomás; Sabanagrande y El Convento) a un nivel de sensibilidad del 50% todas se comportan como sistemas independientes, aislados debido a la extensa época seca y a medida que se extiende esta época va marcando más las condiciones ambientales que denotan este comportamiento. Tomando un nivel de comparación al 40% se notan dos cluster de similitud, el primero formado por las Ciénaga Paraíso y Larga, confirmando lo descrito por el dendograma realizado para el conjunto de ciénagas de Palmar De Varela, donde se notaba un parentesco entre estas ciénagas en niveles de riqueza y abundancia. El otro cluster de similitud lo conforman ciénagas La Luisa y El Convento, debido a su similitud en la composición y abundancia de las morfoespecies compartiendo entre ellas dos un total de 28 Morfoespecies (20 de Rotíferos, 4 de Cladoceros, 3 de Copepodos y 1 de ostracodos), en cambio el sistema de Sabanagrande se ajusta a niveles intermedios de eutrofización por la presencia de organismos que se hallan específicamente en ambientes que no están excesivamente perturbados como *Filinia opoliensis* y *Notodiatomus Maracaibensis*.

Por su parte las Ciénaga Manatí y Santo Tomás son las que más se alejan de las semejanzas que se presentan en los clúster de las demás ciénagas que forman la aglomeración general, pues forman un clúster detallado a un nivel de susceptibilidad aproximado al 20%, gracias a que las abundancias de las taxas zooplanctónicas fueron las más escasas en estos puntos, sobre todo de aquellas especies que son abundantes en niveles tróficos elevados como son las familias Brachionidae y Lecanidae, concordando con las densidades promedios registrados para las Cianofitas que no sobrepasan los 100 Ind/mL, con lo cual puede presumirse que en estas ciénagas el nivel de eutrofización es moderado a diferencia del complejo cenagoso que presenta niveles más tróficos elevados; no obstante conservan el patrón de relación composición-equilibrio de las morfoespecies que se presentó para las demás ciénagas donde predominan los microfiltradores como rotíferos y pequeños cladóceros y copépodos en estado de nauplio, siendo Rotífera el grupo predominante con familias de características euritípicas e indicadores de eutrofización de los sistemas dulceacuícolas (Figura 150).



Ps: Paraíso; Lg: Larga; Sg: Sabanagrande; Lu: La Luisa; Cv: El Convento; Mt: Manatí; ST: Santo Tomás

Figura 150. Dendrograma de similitud basado en el índice de Bray-Curtis para el Complejo de Ciénagas de Palmar de Varela Luisa, Larga, Manatí y Paraíso y las ciénagas de Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento, durante la época de sequía.

Ictiofauna. En la ciénaga del Convento se registraron seis (6) especies agrupadas en cuatro (4) familias distribuidas en dos (2) ordenes (Tabla 114). En total se capturaron 263 individuos que corresponden al monitoreo durante la época seca. De las especies registradas, el boachico (*P. magdalenae*) se encuentra registrada como especie vulnerable en Colombia, de acuerdo con Mojica *et al.* (2012) y dos se encuentran registradas como especies exóticas invasoras de acuerdo con la resolución 0848 del 23 de mayo de 2008 del MAVDT.

Tabla 114. Abundancia absoluta en número (AAN) de la ictiofauna capturada en la Ciénaga El Convento.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
CHARACIFORMES	Characidae	<i>Triphorteus magdalenae</i>									23	
	Prochilodontidae	<i>Prochilodus magdalenae</i> *						11			5	
PERCIFORMES	Cichlidae	<i>Andinoacara pulcher</i>				54		8			6	
		<i>Caquetaia kraussii</i>				81		35			23	
		<i>Oreochromis niloticus</i> **									7	
	Osphronemidae	<i>Trichopodus pectoralis</i> **									10	

*: Especie vulnerable (VU)- **: especie exótica invasora

La proporción en la contribución numérica de acuerdo a los órdenes registrados sigue dominando en esta ciénaga, al igual que en la mayoría de los casos, por los perciformes (85%), particularmente por los ciclidos *A. pulcher* y *C. kraussii* (Figura 151).

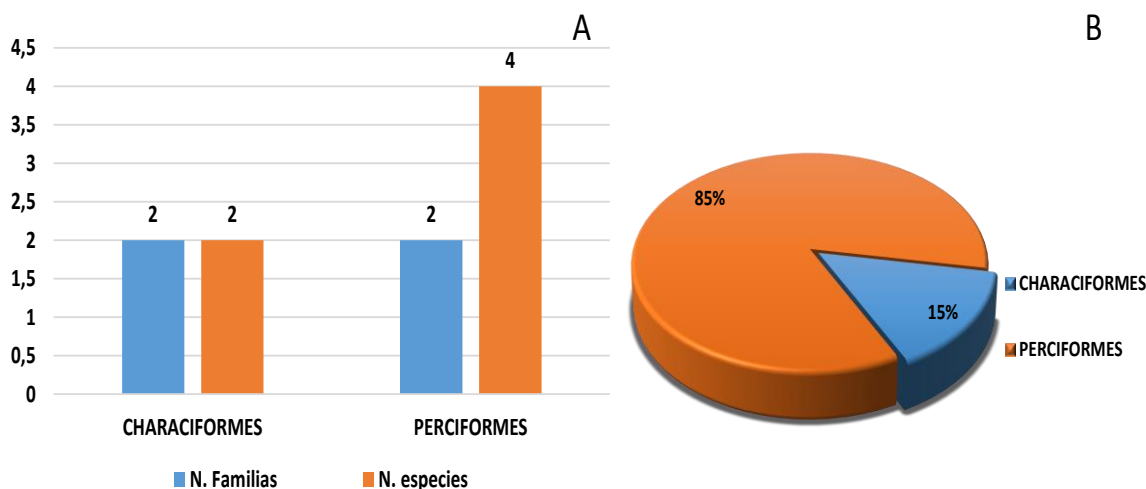


Figura 151. A, Distribución del número de familias y especies según los órdenes encontrados B, Porcentaje de distribución del número de individuos por orden.

En cuanto a la abundancia de la fauna íctica en las estaciones de muestreo P-4 reportó la mayor abundancia con 135 individuos aunque con una riqueza específica de 2 especies (Figura 152), siendo *Caquetaia Kraussii* (mojarra amarilla) la más abundante con 81 individuos. Muy contrario paso en la estación P-9 donde se registró una mayor riqueza (6 especies) y baja abundancia con 74 individuos, siendo las especies con mayor número de individuos la arenca (*T. magdalenae*) y la mojarra amarilla (*C. Kraussii*) con 23 peces cada una, seguida de la barbona (*T. pectoralis*) con 10 individuos; el bocachico (*P. magdalenae*) tuvo la menor captura con 5 unidades. La menor abundancia se reportó en P-6 con 54 ind y 3 especies donde *C. Kraussii* fue la más abundante con 35 individuos. La Distribución espacial en esta y otras ciénagas del sistema es difícil de interpretar debido a que los cuerpos de agua se encuentran compuestos casi que por charcas con condiciones diferentes en las que los procesos estocásticos que regulan esta comunidad en los planos inundables se complican. Cada sector es casi que independiente en sus condiciones, siendo un factor determinante en la estructura las condiciones asociadas al proceso de eutrofización, que tiende a disminuir la diversidad, por selección de las especies resistentes. Sin embargo las proporciones numéricas pueden estar asociadas a los diferentes grados de agolpamiento durante el proceso de disminución de nivel y desecamiento.

Aunque esta ciénaga no se secó del todo durante el período de sequía y conservó el espejo de agua en dirección sur, los resultados de la toma de muestra en el segundo período (época lluviosa) sin capturas, indica que el cuerpo de agua estaba disminuido en su capacidad de recuperación, que la debe esencialmente a su conexión con el río el cual presentó niveles muy bajos.

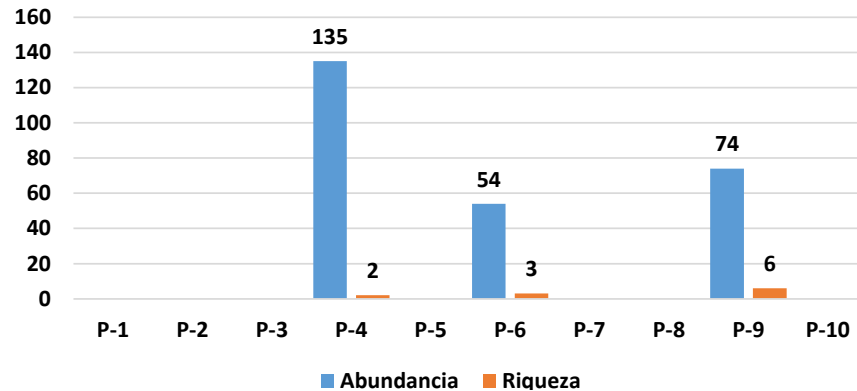


Figura 152. Abundancia y riqueza de la fauna ictica en las estaciones monitoreadas.

En cuanto a la distribución de las abundancias relativas de biomasa (ARB) *C. kraussi* y *A. pulcher* son las especies dominantes, con poca representación de especies comerciales, aun de la tilapia nilótica, que es una especie introducida muy productiva y con fuertes habilidades competitivas frente a otras especies locales (Figura 153).

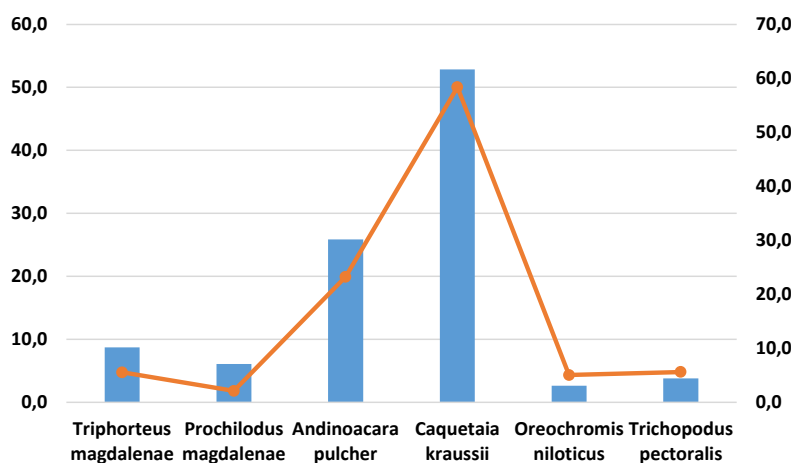


Figura 153. Distribución de los porcentajes de abundancia y biomasa para las especies ícticas capturadas en la Ciénaga de Convento.

Los índices ecológicos son propios de un ensamblaje poco diverso, a pesar de una dominancia (λ) relativamente baja. De estos indicadores y los demás estimados hasta el momento, se comenta que debido al estado de las ciénagas, este indicador debe evaluarse por la influencia que ejerce la riqueza específica más que la equidad entre sus componentes, cuando se quiere inferir sobre la calidad del sistema, puesto que en algunos casos a pesar de las condiciones del medio, la equidad arroja valores relativamente altos asociados a las abundancias relativas de unas pocas especies. En adelante debe evaluarse la estructura trófica y los morfotipos como una medida de la recuperación del sistema, en la medida que se recuperen los microhabitats que ofrece una mayor profundidad y los gradientes derivados de una mejor conectividad entre las ciénagas del plano inundable y el Río Magdalena (Tabla 115).

Tabla 115. Índices ecológicos del ensamblaje de peces en la ciénaga de Sabanagrade.

S	N	J'	H' (loge)	H' (log10)	Lamda	1-lamda
6	263	0,721	1,291	0,561	0,360	0,640

7. CONCLUSIONES

De los indicadores probados para determinar el estado trófico de los cuerpos de agua en jurisdicción de los municipios de Sabanagrande, Santo Tomás y Palmar de Varela se puede comentar que el índice de Carlson (1980) basado en las concentraciones de fósforo total, mostró ser el mas consistente de acuerdo con el estado aparente de las ciénagas, arrojando resultados en la mayoría de los casos que encajan para sistemas hipereutróficos. En pocas ocasiones reflejó un estado diferente en el promedio general hacia la eutrofia, particularmente en el período seco en la Ciénaga de Sabanagrande.

Los demás indicadores mostraron resultados más variables y contradictorios en ocasiones, lo cual es debido a factores como las interacciones de competencia entre productores primarios algales y la abundancia de macrófitas, principalmente especies flotantes como *E. crassipes* (taruya) que toma nutrientes del medio acuático. Estas interacciones generan subestimaciones a partir de los indicadores basados en nutrientes. Los indicadores basados en clorofila "a" subestiman la producción primaria de las macrófitas, que compiten significativamente con una gran cobertura en cada cuerpo de agua, lo mismo sucede con la densidad fitoplanctónica de la cual la clorofila "a" es un indicador indirecto. En este sentido, el índice de Carlson basado en fósforo total fue el menos sensible a estas interacciones, no obstante los demás indicadores tienen la utilidad de mostrar gradientes tanto espaciales como temporales, a excepción del índice de Aisaki *et al.* (1981) que arrojó resultados muy subestimados con respecto al estado real de las ciénagas, en particular cuando se empleó el valor de fósforo total.

Todas las ciénagas se registraron como hipereutróficas en lo que incidió significativamente las alteraciones en la hidrodinámica, el bajo nivel del Río Magdalena, la sequía extendida y su desecamiento, con pocas mejoras hacia el período lluvioso. De hecho, algunos cuerpos de agua como Ciénaga Larga, al sur de Ciénaga La Luisa y la Ciénaga Manatí permanecieron secas aun durante el periodo lluvioso sin posibilidad de realizar la toma de muestras.

Con excepción de la Ciénaga Paraíso en los dos períodos y Santo Tomás en la época seca, todo el sistema mostró colimitación o limitación hacia el nitrógeno para el desarrollo del fitoplancton, probablemente por competencia con las macrófitas, dado que el fitoplancton tuvo tendencia a densidades bajas, mientras la cobertura de las macrófitas fue alta.

Las características presentadas por las ciénagas generaron dificultades para la comparación de los datos entre períodos, puesto que se esperaba registrar el efecto de algunas estructuras hidráulicas que nunca estuvieron funcionando aun en la temporada lluviosa. De hecho, las ciénagas, aun en el período lluvioso registraron poca interconexión entre si y no fueron tributadas debidamente, ya que algunas

como la de Manatí que son indispensables intermediarios en la conexión con el Río Magdalena se mantuvieron secas. Los principales aportes se dieron por escasas escorrentías locales y la precipitación directa. En muchas ocasiones el análisis fue desbalanceado, puesto que no se pudieron tomar muestras en las mismas estaciones en los periodos a comparar.

No obstante, se pudieron evidenciar muchas características importantes relacionadas con la capacidad de recuperación de los sistemas y su calidad ambiental.

Resalta la dinámica de los nutrientes y la materia orgánica de origen autóctono. Es probable que gran parte de la producción del sistema se deba a la cobertura de macrófitas que aporta constantemente biomasa que al descomponerse mantiene el ciclo de los nutrientes en el sistema, con algunas entradas adicionales que corresponden a la precipitación directa, las escorrentías locales y algunos sistemas de bombeo de aguas pluviales y residuales, particularmente en las ciénagas La Luisa y de Santo Tomás. Escasos aportes se derivaron del Río Magdalena a través de las compuertas que regulan su flujo hacia ciénagas como Sabanagrande y Santo Tomás. Hacia el sur las compuertas y canales como caño Tigre no mostraron funcionalidad en ninguno de los periodos.

De los compuestos nitrogenados se destacó la alta concentración generalizada de nitrógeno amoniacal, que alcanzó concentraciones en algunos puntos de más de 50 mg/L lo que se estima puede ser perjudicial para la sobrevivencia de muchos organismos acuáticos. A esto se suman valores de sobresaturación de oxígeno que por encima de 105% tiene efectos crónicos adversos como pudo ser el caso de la ciénaga del Convento en la época de lluvias. En este periodo por ejemplo, la pesca fue casi inexistente tanto a nivel exploratorio como lo efectuado en este estudio como en la actividad artesanal comercial y de autoconsumo. De hecho, en algunas ciénagas como La Luisa registraron varios eventos de mortalidad masiva de peces atribuida a las condiciones adversas del medio. Los niveles de nitrógeno amoniacal estarían relacionados con la materia orgánica y las fluctuaciones drásticas en el contenido de oxígeno disuelto. Es posible que se registren estas fluctuaciones de oxígeno disuelto con tendencia a la hipoxia en algunas horas de la noche o la madrugada, dependiendo del periodo en que los vientos favorezcan el intercambio atmosférico, pero bajo tales condiciones se puede incrementar la disponibilidad de otras sustancias tóxicas además del amonio como el sulfuro de hidrógeno. Este último a partir de sulfatos que en la mayoría de los casos es abundante en ocasiones con más de 2000 mg/L como en la Ciénaga Paraíso o cerca a 1000 mg/L en la ciénaga del Convento.

Aunque el fósforo (fósforo total y ortofosfatos) registraron niveles altos, que se asocian al estado trófico del sistema, la relación N/P fue variable entre cada ciénaga y entre periodos mostrando en el balance estequiométrico limitación el nitrógeno la mayoría de las veces respecto a los requerimientos ideales para el desarrollo del fitoplancton. Se estima que estas variaciones pueden estar dadas por los aportes

exógenos de los nutrientes en el período de lluvias pues en casi todas las determinaciones se observa aumento en la concentración de nutrientes como el fósforo hacia el período lluvioso, en lo que tendría influencia el lavado de los suelos inmediatamente adyacentes a los cuerpos de agua donde se desarrolla comúnmente actividades agropecuarias y ganadería. Sin embargo hay una influencia importante en el balance N/P determinado por la competencia con otros productores primarios como las macrófitas flotantes. Al respecto, no se observaron relaciones evidentes entre los estados de limitación de nitrógeno con la estructura del fitoplancton, de hecho esta comunidad con frecuencia presentó densidades bajas aun cuando los nutrientes fueron abundantes; en muchas ocasiones predominaron las cianobacterias que proliferan comúnmente en momentos de limitación de nitrógeno ya que pueden tomar este de la atmósfera. El aporte de las algas verdeazules estaría relacionado con la turbiedad del agua y el efecto de sombra producido por las macrófitas dado que muchos de estos organismos pueden sobrevivir y desarrollarse bien bajo condiciones de baja iluminación.

La materia orgánica registró valores casi siempre por encima de los objetivos de calidad al referirse a la DBO₅; paralelamente la DQO registró niveles altos propios de algún tipo de contaminación orgánica. Se estima, como ya se mencionó, que gran parte de la materia orgánica estuvo asociada al desarrollo de la vegetación acuática, de hecho las variaciones temporales de la DBO₅, coincidieron con las variaciones en la cobertura de macrófitas en todo el sistema de ciénagas. La cobertura de macrófitas alcanzó en ocasiones más del 50% de la cobertura del espejo de agua como en el caso de la Ciénaga de Santo Tomás, donde se estimaron algunos de los mayores promedios de DBO₅.

En cuanto a la calidad microbiológica del agua se registraron frecuentemente bajas concentraciones por debajo de los objetivos de calidad tanto para coliformes totales como para coliformes fecales. Algunos valores altos de coliformes fueron asociados a las descargas de sistemas de bombeo como en el caso de Ciénaga La Luisa, donde el sistema lleva aguas residuales de la población de Palmar de Varela.

Se calcularon varios índices de contaminación: orgánica (ICOMO), por pH (ICOpH) y por sólidos suspendidos (ICOSUS). Llama la atención los altos valores de pH en la mayoría de las ciénagas lo cual se reflejó en el respectivo índice de contaminación. En la mayoría de los casos se registraron valores con tendencia a la basicidad y con frecuencia sobrepasando el límite superior establecido como objetivo de calidad por la C.R.A. (9 unidades). Los altos valores de pH se atribuyen al desbalance en el sistema de carbonatos originado por una alta productividad, que al extraer el CO₂ del agua durante la fotosíntesis ocasiona el predominio de carbonatos y bicarbonatos. Estos niveles se suman a las condiciones de estrés del medio para la sobrevivencia de organismos como los peces. Un pH muy básico, cuando supera las diez unidades puede producir exceso de mucosidad en la base de los filamentos branquiales de los peces generando problemas para el intercambio iónico y la respiración. La mayoría de las ciénagas presentaron determinaciones por encima de las diez unidades en uno o

los dos períodos monitoreados, con excepción de la ciénaga Sabanagrande. Esta última es la que registró para este indicador y los otros, algunos de los valores más bajos de contaminación.

El índice de contaminación por sólidos suspendidos muestra con frecuencia un aumento en su expresión hacia la temporada de lluvias, lo cual puede estar asociado a las escorrentías locales que arrastran materiales de erosión así como por la acción de los vientos y la escasa profundidad. Los niveles determinados indican contaminación variable para sólidos suspendidos en todas las ciénagas y épocas. Las ciénagas de Paraíso y La Luisa presentaron contaminación alta en el período lluvioso, seguidas de Santo Tomás que para ese período registró una contaminación media. En la época seca la Ciénaga Larga registró el mayor nivel del ICOSUS.

En cuanto al índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) se combinaron los resultados de coliformes fecales, el porcentaje de saturación de oxígeno y la DBO₅. Como resultado se evidenciaron cambios en todas las ciénagas que aumentaron la expresión del índice del período seco hacia el período de lluvias, la mayoría hacia valores que indican una contaminación media, excepto en la Ciénaga Paraíso que registró baja contaminación en el mismo período. La contaminación de este tipo estuvo más consistente en las ciénagas La Luisa y al sur en la Ciénaga Larga. Estos valores estarían influidos por la saturación y sobresaturación de oxígeno en la mayoría de las estaciones de las ciénagas monitoreadas.

Cabe anotar que dentro de los tensores destacados, se registraron con gran frecuencia valores muy altos de conductividad, que probablemente están asociados al déficit hídrico de las ciénagas, con valores cercanos a 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en algunos puntos como en la Ciénaga Paraíso, aunque los promedios en general para todo el sistema están alrededor de los 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el período seco y disminuyendo alrededor de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el período de lluvia. Las altas conductividades pueden resultar en factores de estrés para aquellos organismos que no tienen la capacidad de osmoregulación adecuada.

A nivel de comunidades hidrobiológicas, se debe destacar la similitud en la composición de las macrófitas en estas ciénagas del margen oriental del Río Magdalena dado que la reproducción de estas se ve favorecida por los enriquecimientos que se han generado a raíz del fuerte período seco registrado. Siendo *E. crassipes* la especie que domina en todo el conjunto de ciénagas del margen oriental con más del 50% de cobertura en promedio, el cual es considerado como un indicador de elevados niveles de eutrofización para estos cuerpos de agua.

En el caso específico de la Ciénaga El Convento la presencia de otras especies de macrofitas como *Nelumbo nucifera*, de rápido crecimiento, muy agresiva y por tanto de carácter invasivo permite concluir que este ecosistema se encuentra eutrofizado.

La estructura de la comunidad del perifiton en cada una de las ciénagas, mostraron cambios espacio temporales, donde las máximas densidades se registraron en la ciénaga de Sabanagrande con 4486 ind/cm², la densidad más baja se presentaron en la ciénaga paraíso con 1496,5 ind/cm² en época seca. Durante el periodo de lluvias las densidades oscilaron entre 3972,5 ind/cm² ciénaga Santo Tomas y 2088 ind/cm² en la ciénaga del Convento. Las diatomeas del Genero Navícula y Gomphonema estuvieron presentes en todas las ciénagas y registraron las mayores abundancias en cada uno de los periodos de monitoreo es un aspecto común y frecuente, debido a la capacidad de adherencia que tienen los organismos de este grupo y su éxito reproductivo.

Es complicado establecer relaciones y procesos estocásticos propios de la comunidad perifítica de sistemas del plano inundable del río Magdalena, debido al comportamiento del conjunto de ciénagas, con relación a las alteraciones en la incidencia de luz en la columna de agua y las interacciones hidrológicas producto de las modificaciones sustanciales de la hidrodinámica, con alta turbiedad en algunos casos y tendencia al desecamiento aun en el período de lluvias, debido a la falta de entrada de agua consecuencia del estado de las estructuras hidráulicas que facilitan la conexión con el río Magdalena, los bajos niveles del río a causa de la sequía extendida y el taponamiento de canales. Tales condiciones han alterado la naturaleza de las ciénagas, hacia un estado trófico de alta producción dominada por macrófitas acuáticas flotantes, principalmente *E. crassipes*, que por el efecto de sombra y su divagación en los sectores de escasa profundidad, alteran la colonización y permanencia de la matriz perifítica en los sustratos disponibles, con efectos en diferente magnitud para cada cuerpo de agua.

Así, la producción primaria ha quedado a expensas de la vegetación acuática que compite además por recursos como los nutrientes limitando el desarrollo de las microalgas del perifiton y las del plancton.

En cuanto al ensamblaje fitoplanctónico, se destaca el predominio de las Cianobacterias en las ciénagas del Complejo Cenagoso de Palmar de Varela con excepción de la ciénaga Paraíso donde fue predominante en época de lluvias *Cryptomonas sp* a raíz de su capacidad para formar quistes de resistencia ante las condiciones adversas que se presentaron en la ciénaga por su extrema sequía.

En las ciénagas estudiadas la frecuencia y dominancia de los géneros Dolichospermum, Planktothrix, Microcystis, y Arthrospira dan indicio de las condiciones eutróficas, aun que en algunos casos las densidades como en la Ciénaga de Santo Tomás se vieron influidas en época de sequía por el dominio de las macrófitas.

En la ciénaga de Sabanagrande el fitoplancton presentó un comportamiento más natural, típico de los planos de inundación exhibiendo en el periodo seco un alto número de individuos de cianobacterias

acorde con las condiciones de eutróficas del sistema y para época de lluvias disminución de la densidad a niveles oligotróficos con el predominio de los euglenófitos indicadores también de la presencia de materia orgánica en el cuerpo de agua

La constante presencia y abundancia de macrófitas en las ciénagas del Complejo cenagoso de Palmar permitió el desarrollo de morfoespecies zooplancónicas tolerantes a condiciones ambientales adversas, como fue el caso de las especies del género *Brachionus*, cuya presencia fue habitual en todos los puntos monitoreados, en donde estuvo representado por más de 1 especie, indicando que estos cuerpos de agua se encuentran altamente eutrofizados.

En la Ciénaga de Santo Tomás, la baja representación de organismos del zooplancton, principalmente en época seca, permite inferir que las condiciones ambientales, que generaban sectores con aguas turbias, presencia macrófitas flotantes y sumergidas, y presencia de vegetación descompuesta, son las causantes de un posible enriquecimiento por exceso de materia orgánica. En cambio, en la Ciénaga de Sabanagrande, la presencia de algunas especies como *Filinia opoliensis* y *Notodiptomus maracaibensis*, entre otras, que aunque no fueron dominantes en el sistema, y que son definidas por autores como Burgos (2010), como ausentes en humedales con grados eutróficos muy elevados, permiten deducir que los niveles eutróficos de este ecosistema podrían ser más variables.

Por su parte, en la Ciénaga El Convento, los valores medios de riqueza y diversidad registrados permiten describirlo como un cuerpo de agua eutrofizado donde solo proliferan morfoespecies con un alto grado de tolerancia a factores ambientales hostiles, como es el caso del zooplancton registrado, que ha aprovechado el exceso de microalgas, principalmente cianobacterias, producidas en sistemas fuertemente enriquecidos, para satisfacer sus necesidades.

En los cuerpos de agua del Complejo de Ciénagas de Palmar, la presencia dominante de algunas morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos tolerantes a condiciones fisicoquímicas desfavorables que limitan su desarrollo, como es el caso de *Polymesoda sp* que posee un elevado potencial de invasión; *Chironomus sp*, que habita en fangos y arena con abundante materia orgánica en descomposición; y, las especies del género *Tubifex*, que viven en fondos con escaso oxígeno y en cuerpos de agua con una carga alta de materia orgánica, indican que las ciénagas de este complejo poseen contaminación acuática de tipo orgánica. Así mismo, estas variables fisicoquímicas condicionan el establecimiento de la riqueza y abundancia de las comunidades en los cuerpos de agua, como por ejemplo, en la Ciénaga Larga, es muy probable que valores altos de conductividad y sólidos suspendidos hayan restringido el establecimiento de este grupo.

Del mismo modo, la colonización de géneros sin inconveniente para desarrollarse en sitios con altos valores de materia orgánica (*Chironomus*, *Problezzia* y *Melanoides*); a bajas concentraciones de

oxígeno (*Tubifex*); y a pH bajos (*Gyrallulus* e *Hirudininae*), siendo este último indicador de aguas con valores altos de nitritos, define las ciénagas de Santo Tomás, Sabanagrande y El Convento como cuerpos de agua con exceso de materia orgánica, la cual es aprovechada por organismos con rangos amplios de tolerancia y otros que aunque tolerantes, poseen rangos más estrechos de concentraciones, lo que les permite asentarse.

La ictiofauna de las ciénagas en el complejo de Palmar de Varela y los cuerpos de agua de los municipios de Sabanagrande y Santo Tomás, tuvo una estructura general poco diversa, debido principalmente a la escasa riqueza específica que para el total fue de 13 especies agrupadas en 3 órdenes y siete (7) familias.

De todas las especies se registran dos, el barbul (*Pimelodus grosskopfii*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) en categoría vulnerable (VU) y una, el chango (*Cynopotamus magdalenae*) como casi amenazada de acuerdo con Mojica et al., (2012).

Se registran además dos especies que son consideradas exóticas invasoras, *Oreochromis niloticus* (tilapia nilótica) y *Trichopodus pectoralis* (barbona) de acuerdo con la resolución 0848 de 2008 del MAVDT.

El orden Perciformes fue dominante en todo el sistema en cuanto al número de individuos, con aporte mayoritario de los ciclidos.

Llama la atención la escasez de siluriformes en todas las ciénagas, lo cual estaría determinado por los hábitos de este grupo, pues por lo general prefieren aguas más turbias asociadas al río Magdalena debido a que tienen adaptaciones sensoriales para la ubicación de recursos. Sin embargo tendría cierta incidencia la tolerancia a las condiciones de eutrofia que presentaron las ciénagas en general.

La mayoría de las especies registradas tienen preferencia por ambientes eutrofizados, con resistencia media a alta para la contaminación orgánica y la mineralización, particularmente los ciclidos.

Las especies mojarra azul (*A. pulcher*) y la majarra amarilla (*C. kraussii*) fueron dominantes en número y biomasa en todo el sistema. Estas especies tienen alguna importancia comercial, sin embargo, la estructura muestra que son individuos pequeños los que están aportando a la biomasa.

Son escasas las especies de interés comercial. En algunos casos, como las ciénagas de El Convento y Sabanagrande se registraron especies como el bocachico o el barbul, que tienen una posición importante en la pesca artesanal de la cuenca, aunque aquí fueron poco representativas en número y biomasa.

La estructura que muestran los índices tiene un gradiente en sentido sur-norte, siendo la estructura más simple hacia el sur, en las ciénagas del complejo de Palmar de Varela, que tuvieron los mayores efectos por el desecamiento y aislamiento del río Magdalena.

Algunos factores como el pH, los cambios presumibles en la concentración de oxígeno disuelto en el ciclo diario y otras interacciones biológicas, como la dominancia de cianobacterias posiblemente tóxicas tuvieron incidencia en la simplicidad de la estructura de este ensamblaje, todo determinado por las alteraciones del flujo hídrico, la sequía extrema, el bajo nivel del río y la disminución notable de la profundidad.

La disminución de la profundidad fue absoluta e indiscutiblemente la causa principal de las alteraciones de la ictiofauna en algunas ciénagas como Manatí y Larga, pues en el período de lluvias no fue significativo el cambio de la profundidad, de hecho estuvieron totalmente secas. En el resto de ciénagas posiblemente la recuperación de parte de la cobertura del espejo de agua se debió a la precipitación directa y escasas escorrentías locales, sin recuperación de la ictiofauna, que estuvo casi en su totalidad ausente con respecto al esfuerzo de pesca empleado.

La ausencia casi total de la ictiofauna en el muestreo de época de lluvias, no implica que este componente no exista en los remanentes de las ciénagas, pero sí se encuentra asociado a una disminución notable de sus poblaciones, debido a las alteraciones de la sobrevivencia causada por condiciones adversas e interacciones biológicas como la predación (piscivoría) por parte de otras especies terrestres y la influencia posible de florecimientos algales tóxicos asociados a las condiciones de eutrofia e hipereutrofia.

De acuerdo a lo anterior, la capacidad de recuperación del sistema queda a expensas inicialmente de la recuperación de su dinámica hídrica y la comunicación con el río Magdalena, de manera que se diluyan condiciones de estrés, se propicien micro-hábitats en las ciénagas, se mantengan los flujos de materia y especies con el río, y se activen los procesos reproductivos de las especies riofílicas.

Igualmente se hace necesario la regulación de la pesca, pues en algunas ciénagas se hizo evidente la sobrepesca con trasmallos, aun bajo las condiciones adversas de las ciénagas, lo cual pudo incidir notablemente en las poblaciones remanentes de algunas especies comerciales y de autoconsumo.

8. REFERENCIAS

AGUILERA, I; PÉREZ, R & MARAÑÓN, A. 2010. "Determinación de sulfato por el método turbidimétrico en aguas y aguas residuales. Validación del método". Rev. Cub. Qca. (Cuba). Vol. 22, No. 3, pp. 39-44.

AIZAKI, M. O.; OTSUKI, M.; FUKUSHIMA, M.; HOSOMI & MURAOKA. 1981. Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. Verh. Internat. Verein Limnol. 21:675-681.

ALABASTER, J. S., & LLOYD, R. 1980. Water quality criteria for freshwater fish. European Inland Fisheries Advisory Commission Report (FAO). Buttersworth, London-Boston. 297 pp.

ALBA-TERCEDOR, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y Calidad de las aguas de los ríos. En: IV Simposio del agua en Andalucía. SIAGA., Almería. Vol II: p.203-213.

ALONSO, M. (1996.) Crustacea. Branchiopoda. En: Fauna Ibérica, vol 7. Ramos, M. A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, Madrid. 486 pp.

ÁLVAREZ-LEÓN, R. 2003. Ictiofauna del complejo fluvio-lagunar-estuarino de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia), antes de las obras civiles de recuperación de los caños. Dahlia. Rev. Asoc. Colomb. Ictiol. 6:79-90 <http://www.acictios.org/Dahlia%206/Revista%206,%20Art.5.%20Alvarez-Leon.%20ICTIOFAUNA%20DEL%20COMPLEJO%20FLUVIO-LAGUNARESTUARINO.pdf>

APHA. 2012. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 22 Ed. Washington: Amer Pub Health Ass. Washington, DC.

ARAUJO, F. 1998. Adaptation of the index of biotic integrity based on fish assemblages in the Paraíba do Sul River, RJ, Brazil. Rev. Bras. Biol. (online). Nov. 1998, vol. 58, núm. 4.

ARDILA, M & GÁLVIS, R. 1997. Limnología: Peces de ecosistemas de ríos y lagos. Academic Press Elsevier. Third Edition. United States of America. 980p.

ATLAS DE ESPECIES INVASORAS DE PUERTO RICO Y LAS ANTILLAS. (2011). Universidad de Puerto Rico, Mayagüez. Call Box 9000, Mayagüez.

BADII, M., LANDEROS, J., Y CERNA, E. (2007). Patrones de asociación de especies y sustentabilidad (Species association patterns and sustainability) .Daena: International Journal of Good Conscience. 3(1): 632-660. Octubre 2007– Marzo 2008. ISSN 1870-557X.

BÉCARES, E., CONTY, A., RODRÍGUEZ-VILLAFÑE, C., & BLANCO, S. (2004). Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos. *Revista Ecosistemas*, 13 (2).

BIGGS, B.J.F. & CLOSE, M.E. (1989). Periphyton biomass dynamics in gravel bed rivers: the relative effects of flows and nutrients. *Freshwater Biology*, 22, 209– 231.

BIGGS, B.J.F. & THOMSEN, H.A. (1995). Disturbance of stream periphyton by perturbations in shear stress: time to structural failure and differences in community resistance. *Journal of Phycology*, 31, 233–241.

BLANCO, V; SOLIPÁ, G; & OLAYA, N. 2003. Crecimiento y mortalidad de la yalúa (*Cyphocharax magdalenae*, Steindachner, 1878) en el río Sinú, Colombia. *MVZ-Córdoba* 8(2):332. <http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/MVZ-82/332.pdf>

BOHÓRQUEZ, A. y ARDILA, J. (1996) *Ecología de aguas continentales*. Bogotá. UNINCCA. 1996. 31p.

BOTHWELL, M.L. (1988). Growth rate responses of lotic periphytic diatoms to experimental phosphorus enrichment: the influence of temperature and light. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45, 261–270.

BOUVY, M; NGANSOUMANA, B; SAMBA, K; SEYNI, S; PAGANO, M; ROBERT, A. 2006. Phytoplankton community structure and species assemblage succession in a shallow tropical lake (Lake Guiers, Senegal). *Aquatic Microbiology Ecology*, 45: 147-161.

BOWEN, S. 1983. Detritivory in neotropical fish communities. *Environmental Biology of Fishes*, 9: 137-144.

BITRAGO, S & BROOKS, M. 2007. Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma* Bleeker (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. *Zootaxa* 1512: 1-38
Dahl, G. 1971. Los peces del Norte de Colombia. INDERENA. Bogotá D.E. 391 p.

BURGOS, M. (2010). Atlas de organismos planctónicos en los Humedales de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. pp251. URL: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/rediam/contenidos_ordenacion/PDF/Atlas_Org_Planctonicos_1.pdf.

BURKHOLDER, J. (2001). Eutrophication and oligotrophication.. En: Asher S. (ed.) Encyclopedia of biodiversity. Academic Press United States. 649-670 pp.

CALA, P. 2001. Ictiofauna de agua dulce de Colombia en el contexto global neotropical y su estado actual: una revisión bibliográfica. *Dahlia (Rev. Asoc. Colombiana. Ictiol.)* 4: 3- 14.

CALDELAS, C; IGLESIA-TURIÑO, S; ARAUS, J; BORT, J & FEBRERO, A. (2009). Physiological responses of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms to the combined exposure to excess nutrients and Hg. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 21: 1–12.

CAMACHO, A; GILES, M; ORTEGÓN, A; PALAO, M; SERRANO, B & VELÁZQUEZ, O. (2009). Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México. 17 p.

CARLSON, R. E. 1980. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361-369.

COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 3930 de octubre 25 de 2010. Por medio del cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II del Decreto – ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2008. Resolución 0848 del 23 de mayo de 2008. Por la cual se declaran algunas especies exóticas como invasoras y se señalan las especies introducidas ilegalmente al país que pueden ser objeto de cría en ciclo cerrado y se adoptan otras determinaciones. http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/08/res_0848.pdf

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA). 2010. Escala de clasificación de la calidad del agua conforme a la Demanda Química de oxígeno (DQO).

CONDE-PORCUNA, J.M., RAMOS-RODRÍGUEZ, E., MORALES-BAQUERO, R. (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. Instituto del Agua, Universidad de Granada, Ramón y Cajal 4, 18071 Granada, España. *Ecosistemas* 13 (2): 23-29.

CONSEJERIA DEL MEDIO AMBIENTE - JUNTA DE ANDALUCÍA (CMA). (2005). Manual de restauración de ecosistemas mediterráneos. Andalucía – España. 232 p.

CONTRERAS-BALDERAS, S; EDWARDS, R; LOZANO-VILANO, M & GARCÍA- RAMÍREZ, M. 2002. Índice biológico de integridad en el río Sabinas, Coahuila, México. Res. VII Cong. Nal. de Ict., Puerto Ángel, Oaxaca, México, 3 pp.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA) – CORMAGDALENA – CONSERVACION INTERNACIONAL. 2007. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del Río Magdalena en el departamento del Atlántico. 732 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA), CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA (CORMAGDALENA) Y CONSERVACIÓN INTERNACIONAL (CI). (2007). Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del Río Magdalena en el Departamento del Atlántico. 732 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA), UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO (UNIATLÁNTICO) Y FUNDACIÓN PROCEDER SIGLO 21 (PR21). (2012). Diagnóstico ambiental y estrategia de rehabilitación de la Ciénaga de Luruaco, Atlántico. Barranquilla – Colombia. 266 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA). (2007). Documentación del estado de las cuencas hidrográficas en el Departamento del Atlántico. Barranquilla – Colombia. p 8.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA). (2013). Estructuración y Especialización de los Índices de uso del agua – IUA en la jurisdicción de Corporación Autónoma Regional Del Atlántico -CRA-. Contrato N° 00218 de 2012 - Corporación Autónoma Regional del Atlántico. Barranquilla. 187p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA). 2011. Resolución 000258 del 13 de abril de 2011. Por el cual se establecen los objetivos de calidad para las cuencas hidrográficas de la jurisdicción para el periodo 2011-2020. 9 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA)., DAMAB., CORMAGDALENA y C.I. 2006. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica de la ciénaga de Mallorquín.

COVICH, A & THORP, J. 1991. Crustacea: Introducción and Peracarida. En: THORP, J & COVICH, A (Eds). Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press Inc. San Diego, California. pp 665-689.

DAHL, G. 1971. Los peces del Norte de Colombia. INDERENA. Bogotá D.E. 391 p.

DARRIGRAN, G. (2002). Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions*. 4: 145-156.

DARRIGRAN, G. 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions*. 4: 145-156.

DÍAZ, V. Y CAMARGO, L. 2008. Hábitos alimenticios del Cocobolo (*Aequidens pulcher* Gill, 1858) en la Ciénaga Grande de Llorica, Colombia [Trabajo de pregrado]. [Llorica (Córdoba), Colombia]: Programa de Acuicultura, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba.

EIGENMANN, C. 1922. The fishes of Northwestern South America, Part I. The freshwater fishes of Northwestern South America, including Colombia, Panamá, and the Pacific slopes of Ecuador and Perú, together with an appendix upon the fishes of the Río Meta in Colombia. *Mem. Carnegie Mus.*, 9 (1): 1-346

ESTEVEZ, F. 1998. Fundamentos de Limnología. Editorial Interciencia Ltda. Río de Janeiro. Brasil.

FABRI, R. & LECLERCQ, L. (1986): Végétation de diatomées des rivières du nord de l'Ardenne (Belgique): types naturels et impact des pollutions. In: RICARD M. (ed.). *Proceedings of the 8th International Diatom Symposium*. Paris 1984. Otto Koeltz, Koenigstein.

FORRÓ, L., KOROVCHINSKY, N. M., KOTOV, A. A., & PETRUSEK, A. (2008). Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. In *Freshwater Animal Diversity Assessment* (pp. 177-184). Springer Netherlands. URL: <http://decapoda.nhm.org/pdfs/27704/27704.pdf>.

GALLO, E. (2003). The importance of stream invertebrates to riverine ecosystem function. *Ecology & Geomorphology of Streams: The Scott river study*. UC Davis, Department of Geology. Disponible en Internet: http://watershed.ucdavis.edu/scott_river/history.html. Consultado: Junio de 2004.

GALVIS, G.; MOJICA, J.I. y CAMARGO, M. 1997. Peces del Catatumbo. Bogotá (Colombia): Asociación Cravo Norte. p. 118.

GARCÍA-PADILLA, M & MOREIRA, J. (2010). Atlas de los organismos planctónicos de Andalucía. Primera edición. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla – España. 251 p. ISBN 9788492807574.

GAVILÁN-DÍAZ, R. (2000). Limnológica comparativa de tres lagos Neotropicales del Magdalena Medio Santandereano, (Colombia), con énfasis en un estudio de la diversidad de comunidades zooplanctónica y su relación con la dinámica hidrológica de los sistemas regionales. Tesis (Doctoral). Universidad Federal de San Carlos, Brasil.

GENKAI-KATO, M. (2007). Macrophyte refuges, prey behavior and trophic interactions: consequences for lake water clarity. Ecol. Lett. 10: 105-114.

GRACA, M. (2001). The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams: A review International Review of Hydrobiology 86(4-5): 383-393.

GRANADO, C; HERNÁNDEZ, A; CARVAJAL, J; JIMÉNEZ, L; GULFO, A & ÁLVAREZ, F. 2012. Regionally nested patterns of fish assemblages in floodplain lakes of the Magdalena River (Colombia). Department of Plant Biology and Ecology, Faculty of Biology, University of Sevilla, Box 1095, 41080 Sevilla, Spain. Ichthyology Group; Sciences Institute, University of Antioquia, Medellin, Colombia.

GRIJALVA – PINEDO, Alfredo. (2006). Flora útil, Etnobotánica de Nicaragua. GOBIERNO DE NICARAGUA - MINISTERIO DE AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES, EMBAJADA DE ESPAÑA EN NICARAGUA. Primera edición. Managua – Nicaragua. 352 p. ISBN 99924-903-8-1.

GRIMM, N. B. & FISHER, S. G. (1989). Stability of periphyton and macroinvertebrates to disturbance by flash floods in a desert stream. J. N. Am. Benthol. Soc. 8: 293–297.

GUTIERREZ, L. Y BORJA, R. (1996) Estudio Limnológico de las ciénagas de Luruaco, Tocagua y E Totumo. Informe Técnico Corporación Regional Autónoma del Atlántico.

HARPER, D. 1992. Eutrophication of Freshwaters. Principles, problems and restoration. Chapman & Hall. 327 pp. London

HERNÁNDEZ-MARINÉ, M., ROLDÁN, M., CLAVERO, E., CANALS, A., ARIÑO, X. 2001, Nova Hedwigia Beih., 123, 235.

HIMAT. (1987). Zonificación Hidrológica del departamento del Atlántico. Citado por: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO (CRA). Documentación del estado de las cuencas hidrográficas en el Departamento del Atlántico. Barranquilla – Colombia. 2007. p 5.

HIRAYAMA, K; WATANABE, T & KUSANO, T. (1973). Fundamental studies on physiology of rotifer for mass culture III. Influence of phytoplankton density on population growth. Bull. Japan. Soc. Sci.Fish. 39 (11): 1123-1127.

IANNACONE, J & ALVARIÑO, L. (2007). Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú. Gayana (Concepción), 71(1), 49-65.

IANNACONE, J & ALVARIÑO, L. 2007. Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú. Gayana (Concepción), 71(1), 49-65.

INGER, D; DELUQUE, J; REYES, S & SIERRA, T. (2004). Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados a las macrófitas de la Ciénaga del cerro San Antonio. VI Seminario Colombiano de Limnología, Montería, Colombia.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. (2006). Atlas climatológico de Colombia. p 29.

IZAGUIRRE, I & VINOCUR, A. 1994. Algal assemblages from shallow lakes of the Salado river basin (Argentina). Hydrobiologia 289: 57-64.

IZAGUIRRE, I. & VINOCUR, A. (1994). Algal assemblages from shallow lakes of the Salado river basin (Argentina). Hydrobiologia 289: 57-64.

JEPPESEN, E; LAURIDSEN, T; KAIRESALE, T & PERROW, M. (1998). Impact of submerged macrophytes on fishzooplankton relationships in lakes. In E. Jeppesen, Ma. Søndergaard, Mo. Søndergaard & K Christoffersen (eds.). The structuring role of submerged macrophytes in lakes. Ecological Studies Volume 131, 1998, pp 91-114. URL: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-0695-8_5.

JIMÉNEZ-SEGURA, L; GRANADO-LORENCIO, C; GULFO, A; CARVAJAL, J; HERNÁNDEZ, A; ÁLVAREZ, F; ECHEVERRY, J; MARTÍNEZ, A & PALACIO, J. 2011. Uso tradicional de los recursos naturales pesqueros y conservación de la biodiversidad en regiones tropicales subdesarrolladas: hacia un modelo de Ecología de la Reconciliación. Informe final. Universidad de Antioquia, Universidad de Sevilla, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Cormagdalena. 170 pág.

JUNK, W; BAYLEY, P; SPARKS, R. 1989. The "flood pulse" concept in river floodplain systems. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 106: 110-127.

KALFF, J. (2002). Limnology-Inland water ecosystem. ISBN 0-13- 033775-7. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458 USA 2002; 592 p.

KARR, R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities Fisheries 6(6):21-27.

KILHAM, P & HECKY, R. 1988. Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. Limnology and Oceanography 33:776-795.

MAJEWSKI-ALGARTE, V.; MORESCO, C.; RODRIGUES, L. (2006). Algas do perifíton de distintos ambientes na planície de inundação do alto rio Paraná. Acta Sci. –Biol. Sci. 28(3):243-251.

MALDONADO-OCAMPO, J.A., VARI, R.P. Y USMA, J.S. 2008. Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. Biota Colombiana 9 (2) 143-237.

MALDONADO-OCAMPO, J.A.; ORTEGA-LARA, A.; USMA O., J.S.; GALVIS V., G.; VILLANAVARRO, F.A.; VÁSQUEZ G., L.; PRADA- PEDREROS, S. Y ARDILA R., C. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt». Bogotá, D.C. – Colombia 346 pp.

MANSUR, M; CALLIL, C; CARDOSO, F & IBARRA, J. (2004). Umaretrospectiva e mapeamento da Invasão de espécies de Corbicula (Mollusca, Bivalvia, Veneroida, Corbiculidae) oriundas do Sudeste Asiático, na América do Sul. En Silva, JSV y Souza, RCCL Água deLastro e bioinvasão. Interciencia. pp39-58.

MARGALEF, R., (1983). Limnología. Ediciones Omega. Barcelona: 1010 pp.

MÁRQUEZ-CALLE, G. (2008). El hábitat del hombre caimán y otros estudios sobre ecología y sociedad en El Caribe. Parque Cultural del Caribe – Universidad Nacional de Colombia. Ed. Nomos. Barranquilla, Colombia. 166 pp.

MEERHOFF, M. (2006). The structuring role of macrophytes on trophic dynamics of shallow lakes under a climate warming scenario. Ph.D. Thesis, Aarhus Universitet, Dinamarca.

MEERHOFF, M., MAZZEO, N., MOSS, B., & RODRÍGUEZ-GALLEGO, L. (2003). The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake. *Aquatic Ecology* 37: 377-391.

MERRITT, R.W. AND CUMMINS, K.W. (1996). An introduction to the aquatic insects of North America. Third Edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, USA. 163 pp.

MILES, C. 1947. Los peces del Río Magdalena. Ministerio de Economía Nacional. Sección de Piscicultura Pesca y Caza. Ed. El Gráfico. Bogotá, Colombia.

MILLS, D. & VEVERS, G. 1989. The Tetra encyclopedia of freshwater tropical aquarium fishes. New Jersey, USA: Tetra Press. p. 208.

MITCHELL, D. (1985). African aquatic weeds and their management. En: P. Denny (Ed), *The Ecology and Management of African Wetland Vegetation*, W. Junk, Dordrecht. pp 177-202.

MOJICA, J.I.; CASTELLANOS, C.; USMA, S. & ÁLVAREZ-LEÓN, R. 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias naturales Universidad nacional de Colombia, Ministerio del medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

MOJICA, J.I.; USMA, O.J.S.; ÁLVAREZ, L.R. y LASSO, A. C. (Eds). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Instituto de Ciencias naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá D.C., Colombia, 319 p.

MUNN, C. 2004. *Marine Microbiology: ecology and applications*. New York: BIOS Scientific Publisher.

OLAYA-NIETO, Ch.W.; BAUTISTA-BLANCO, A.L. y PEREZ-PISCIOTTI, M. 2010. Biología reproductiva del cocobolo (ANDINOACARA PULCHER Musilová *et al.*, 2009) (PISCES: CICHLIDAE) en la Ciénaga Grande de Llorica (Córdoba), Colombia. *Actual Biol* 32(92):65-73 <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v32n92/v32n92a6.pdf>

OROZCO, C; PÉREZ, A; GONZÁLEZ, M, RODRÍGUEZ, F & ALFAYATE, J. (2005). Contaminación ambiental. Una visión desde la química. Ed. Thomson, España, pp. 631-650.

ORTIZ-MUÑOZ, V. Y ALVAREZ-LEÓN, R. 2008. Caracterización de la tolerancia ambiental de las comunidades ícticas en subsidarios de los ríos Cauca y Magdalena (Colombia). *Memoria de la*

Fundación La Salle de Ciencias Naturales 169:7-20 <http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/7-Memoria169%207-20.pdf>

PAERL, H. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (cyanobacteria). En: Sandgren, C. (Ed.). 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cap. 7: 261-315. Cambridge. Univ. Press. 442 pg.

PAERL, H.W. (1988): Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. *Limnology and Oceanography*, 33(4):823-847.

PARRA, O; AVILÉS, D; BECERRA, J; DELLAROSSA, V & MONTOYA, R. 1986. First toxic blue-green algal bloom recorder for Chile: A preliminary report. *Gayana Bot.* 43(1-4): 15-17.

PELECHATA, A., PELECHATY, M. & PUKACZ, A. 2006. An attempt to the trophic status assessment of the lakes of Lubuskie Lakeland. *Limnological Review* 6:239-246.

PINILLA, G. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Centro de Investigaciones Científicas. Bogotá - Colombia. 67pp. ISBN: 958-9029-15-9.

PINILLA, G. y DUARTE, J. 2006. Estudios e investigaciones de las obras de restauración ambiental y de navegación dle Canal del Dique. CORMAGDALENA-UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Bogotá. 97 p.

PIZARRO, C.L.; De VICENTE, I.; MORENO, O.E., AMORES, V. y EL MABROUKI, M K. 2003. Estudios de diagnóstico y viabilidad en el control de la eutrofización de las lagunas de la Albufera de Adra. *Limnetica* 22(1-2):135-154
http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne22/L22a135_Control_eutrofizacion_lagunas_Adra..pdf.

POWER, M.E. & STEWART, A.J. (1987). Disturbance and recovery of an algal assemblage following flooding in an Oklahoma stream. *American Midland Naturalist*, 117, 333–345.

PRYSTAY, W. (1998). Assessment of constructed wetlands for the reduction of nitrogen and phosphorus. Proceedings 6th International Conference on Wetland Systems for Water pollution Control, Brasil.

QUINTANA, X; BOIX, D; BADOSA, A; BRUCET, S; GASCÓN, S; GESTI, J; LÓPEZ-FLORES, R; POUROVIRA, Q; TROBAJO, R. & MORENO-AMICH, R. (2004). *Limnología de los humedales*

costeros mediterráneos. El caso de Aiguamolls de l'Empordà. Ecosistemas 2004/2. URL: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=14>.

RAMÍREZ, A. Y VIÑA, G. (1998). Limnología Colombiana, Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis. Panamericana, Formas e Impresos S.A. Bogotá – Colombia. 293 p. ISBN 958-9029-06-X.

RAMÍREZ, A., RESTREPO, R., CARDEÑOSA, M. 1999. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formaciones. Ciencia Tecnología y Futuro 1(5): 89-99.

RAMÍREZ, J. J. 2000. Fitoplancton de agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias. Medellín: Ed. Universidad de Antioquia. Medellín Colombia. 207p. ISBN 958-655-384-8

REYNOLDS, C. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge. 384 p

REYNOLDS, C. 1996. Plant life of the pelagic. Proceedings of the International Association for Theoretical and Applied Limnology 26:97-113.

REYNOLDS, C. 2006. Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. 535 pp. New York.

REYNOLDS, C; JAWORSKI, G; CMIECH, H & LEEDALE, G. 1981. On the annual cycle of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa* Kütz. Emend. Elenkin. Phil. Trans. R. Soc. London. 293:419-477.

RODRÍGUEZ, C. (2003). Los peligros de la eutrofización de los cuerpos de agua por vertimientos de las aguas residuales. Ingeniería Hidráulica & Ambiental. Vol. XXIV, No. 2. p 7-11.

RODRÍGUEZ-OLARTE, D; CORONEL, J; AMARO, A; DONALD, C & TAPHORN, B. Línea base para la estimación de la integridad en comunidades de peces en la cuenca del río Tocuyo, vertiente del Caribe Venezuela; Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales ISSN 0037-8518 versión impresa v.66 n.165 Caracas ene. 2006.

ROLDÁN, G Y RAMÍREZ, J. (2008). Fundamentos de Limnología neotropical. 2ª Edición. Colombia, Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 442 p. ISBN: 978-958-714-144-3.

ROLDÁN, G. (1992). Fundamentos de Limnología Neotropical. 1º edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colección Ciencia y Tecnología U de A. Medellín, Colombia. 529 pp.

ROLDÁN, G. (1996). Guía para el estudio de los macro-invertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. FEN-Colombia, COLCIENCIAS - Universidad de Antioquia, Medellín. 217 pp.

ROSEMOND, A. D. (1994). Multiple factors limit seasonal variation in periphyton in a forest stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 13, 333– 344.

ROTT, E. (1991): Methodological aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers. In: WHITTON B.A., ROTT E. & FRIEDRICH G. (eds.) *Use of algae for monitoring rivers*, 9-16 pp. Institut für Botanik, Universität Innsbruck.

RUÍZ-CABARCAS, A. (2012). Análisis del impacto de los fenómenos El Niño y La Niña en la producción agrícola del departamento del Atlántico. Universidad Nacional de Colombia. Facultad Ciencias Humanas, Departamento Geografía. Tesis presentada como requisito para optar al título de: Magister en Geografía. Bogotá D.C., Colombia. 73 p.

RUTTNER-KOLISKO, A. (1974). Plankton rotifers. Biology and taxonomy. English translation of *Die Binnengewässer* v. 26, part 1. 146 p.

SABATER, F. & ARMENGOL, J. (1988): Relationships between Diatom Assemblages and Physico-chemical Variables in the River Ter (NE Spain). *Internationale Revue der Gesamten hydrobiologie* 73 (2): 171-179.

SALAMANCA, E.J.; KINTZ, J. L. Y MUÑOS E. 2012. Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos. Estudio de caso en la Laguna del Río Cauca. Universidad del Valle y Universidad Autónoma de Occidente. ISBN978 598 765 021 1. Cali Colombia.

SALAS, H.J. y MARTINO, P. 1996. Curso de eutroficación en lagos cálidos tropicales. Enfoque del problema de eutroficación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (CEPIS). Organización Panamericana de la Salud (OPS). Organización Mundial de la Salud (OMS). Lima, Perú. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd33/sala13/041477-enfoqueeutrofication.pdf>.

SALAS, H.J. y MARTINO, P. 2001. Metodologías simplificadas para la evaluación de la eutroficación en lagos cálidos tropicales. Versión actualizada 2001. Programa Regional CEPIS/HPE/OPS 1981 – 1990.

SANABRIA-ARANDA, L; GONZÁLEZ-BERMÚDEZ, A; TORRES, N; GUISANDE, C; MANJARRÉS-HERNÁNDEZ, A; VALOYES-VALOIS, V; DÍAZ-OLARTE, J; ANDRADE-SOSSA, C & DUQUE. S. 2008. Predation by the tropical plant *Utricularia foliosa*. *Freshwater Biology*. 51: 1999-2008.

SANABRIA-ARANDA, L; GONZÁLEZ-BERMÚDEZ, A; TORRES, N; GUISANDE, C; MANJARRÉS-HERNÁNDEZ, A; VALOYES-VALOIS, V; DÍAZ-OLARTE, J; ANDRADE-SOSSA, C & DUQUE. S. (2008). Predation by the tropical plant *Utricularia foliosa*. *Freshwater Biology*. 51: 1999-2008.

SCHILLER, D., MARTI, E., RIERA, J.L., & SABATER, F. (2007). Effects of nutrients and light on periphyton biomass and nitrogen uptake in Mediterranean streams with contrasting land uses. *Freshwater Biology*. 52, 891–906.

SLÁDECKOVA, A. & SLÁDECÉK, V. (1977). Periphyton as indicator of the reservoir water quality II. Pseudoperiphyton. *Arch. Hydrobiol. Berth. Limgebh. Limnol*. 9.

SOUSA, R; NOGUEIRA, A; GASPAR, M; ANTUNES, C & GUILHERMINO, L. (2008). Crecimiento y muy alta producción de las especies alóctonas invasoras *Corbicula fluminea* (Müller, 1774): posibles implicaciones para el funcionamiento de los ecosistemas. *Estuarios, costeras y de plataforma Science*. 80, 289 – 295.

SPRINGER, Monika. 2010. Trichoptera. Capítulo 7. *Rev. biol. trop* vol.58. suppl.4. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000800007&script=sci_arttext.

STEDNICK, J.D. & HALL, E.B. 2003. Applicability of trophic status indicators to Colorado plains reservoirs. *Colorado Waters. Resources Research Institute. Completion report 195*. Colorado State University.

STEEVES, P.A., WALDRON, M.C., & FINN, J.T. 1999. Aquatic macrophyte mapping using Thematic Mapper imagery and a geographic information system. 1999 ESRI Users Conference, San Diego, CA, July 26-30, 1999. <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap507/p507.htm>

STEINMAN, A. D. (1996). Effects of grazers on freshwater benthic algae. In: *Algal Ecology* (Eds R.J Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe), pp. 341–373. Academic Press, California.

STEVENSON, R.J. & PAN, Y. (1999): Assessing environmental conditions in rivers streams with diatoms. In: STOERMER E.F. & SMOL J.P. (eds.) *The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences*, 11-40 pp. Cambridge University Press, Cambridge.

SULLIVAN M.J. & CURRIN C.A. (2000): Community structure and functional dynamics of benthic microalgae in salt marshes. In: WEINSTEIN M.P. & KREEGER D.A. (eds.) Concepts and Controversies in Tidal marsh ecology, 81-106 pp. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

SULLIVAN M.J. (1999): Applied diatom studies in estuaries and shallow coastal environments. In: STOERMER E.F. & SMOL J.P.(eds.) The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences, 334-351 pp. Cambridge University Press, Cambridge.

SULLIVAN, M & CURRIN, C. 2000: Community structure and functional dynamics of benthic microalgae in salt marshes. In: WEINSTEIN M.P. & KREEGER D.A. (eds.) Concepts and Controversies in Tidal marsh ecology, 81-106 pp. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

SULLIVAN, M.1999. Applied diatom studies in estuaries and shallow coastal environments. In: STOERMER E.F. & SMOL J.P.(eds.) The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences, 334-351 pp. Cambridge University Press, Cambridge.

SURIANI, A; FRANÇA, R & ROCHA, O. (2007). A malacofauna bentônica das represas do médio rio Tietê (São Paulo, Brasil) e uma avaliação ecológica das espécies exóticas invasoras, *Melanoides tuberculata* (Müller) e *Corbicula fluminea* (Müller). Revista Brasileira de Zoologia. 24(1): 21-32.

TESOLÍN, G. & TELL, G. (1996). The epiphytic algae on floating macrophytes of a Paraná river floodplain lake. Hydrobiologia 333: 111-120.

THORNTON, K; KIMMEL, B & PAYNE, F. 1990. Reservoir limnology: ecological perspectives. Nueva York (U. S. A.): Wiley. p. 246.

TORRES, J.F. Y PINILLA, G.A. 2011. Revisión de las características limnológicas de los sistemas acuáticos de la región de La Mojana. Estudio de la construcción de un canal paralelo de la vía existente entre San Marcos-Majagual.Achí. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/6180/1/gabrielpinilla.2011.pdf>.

UNEP-IETC. (2001), Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios; uma abordagem integrada ao problema da eutrofização. IETC Technical Publication Series 11. Sao Pablo.

VIDAL, L. A. 2010. Manual de fitoplancton hallado en la ciénaga Grande de Santa Marta y Cuerpos de agua aledaños. Universidad Tadeo Lozano. Bogotá Colombia.

VILLABONA-GONZÁLEZ, S; AGUIRRE, N & ESTRADA, A. (2011). Influencia de las macrófitas sobre la estructura poblacional de rotíferos y microcrustáceos en un plano de inundación tropical. *Revista de biología tropical*, 59(2), 853-870. URL: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v59n2/a25v59n2.pdf>.

VOLLENWEIDER, R. A. & JANUS, L. L. 1981. Statistical models for predicting hypolimnetic oxygen Research Institute. Canada Centre for Inland Waters. Ontario. 38 p.

VILLAMAGNA, A & MURPHY, B. (2010). Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology*. 55, 282-298.

VYMAZAL, J. 1995. *Algae and Element Cycling in Wetlands*. Lewis Publishers. 689 pp. Boca Raton

WELCH, E. B. 1992. *Ecological Effects of Wastewater. Applied Limnology and Pollutant Effects*. 2nd. Ed. Chapman & Hall London, UK. pp: 82–88.

WERNER, V.R., LAUGHINGHOUSE IV, H.D., FIORE, M.F., SANT'ANNA, C.L., HOFF, C., SANTOS, K.R.S., NEUHAUS, E. B., MOLICA, R.J.R., HONDA, R.Y. & ECHENIQUE, R.O. 2011. Morphological and molecular studies of *Sphaerospermopsis torques-reginae* (Cyanobacteria, Nostocales) from South American water blooms. *Phycologia* 51(2): 228-238.)

WETZEL, R. 1983. Attached algal-substrata interactions: fact, myth, and when and how? Pp: 207-215. En: Wetzel, R. (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. Proceedings of the First International Workshop on Periphyton of Freshwater Ecosystems held in Vaxjo, Sweden, 14-17 September 1982. Dr. W. Junk Publishers. The Netherlands.

WHITTON, B. A. Y POTTS, M. [EDS.] 2000. *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 669 pp.

WIEBE, A.H. 1931. Note on the exposure of several species of pond fishes to sudden changes in pH. *Trans. Amer. Microsc. Soc.* 50:380–383.

WINEMILLER KO. 1996. Dynamic diversity in fish assemblages of tropical rivers. En: Cody ML, Smallwood JA (editores). *Long-term studies of vertebrate communities*. Orlando (USA): Academic Press. p. 99-134.

WITSCHI, W.A., & ZIEBEL, C.D. 1979. Evaluation of pH shock on hatchery-reared rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.* 41:3–5.



LABORATORIO LIMA LTDA

CARACTERIZACIÓN DE LOS HUMEDALES DE LOS MUNICIPIOS DE SABANAGRANDE, SANTO TOMÁS Y PALMAR DE VARELA, 2014



LABORATORIO LIMA LTDA

CARACTERIZACIÓN DE LOS HUMEDALES DE LOS MUNICIPIOS DE SABANAGRADE, SANTO TOMÁS Y PALMAR DE VARELA, 2014

RESPONSABLE

LUIS MENDEZ CALVO

Director Técnico

Elaborado Por: Karina Castellanos Romero / *Biólogo*

Marío Olaciregui Escalante / *Biólogo*

Pedro Mancera Quevedo / *Biólogo*

Luis Fernando Castro/ Ingeniero Sanitario

Revisado Por: Yeisy Cabarcas / *Asistente de Calidad y Gerencia*

LOS RESULTADOS SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS. ESTOS NO PODRÁN SER REPRODUCIDOS PARCIAL O TOTALMENTE SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL LABORATORIO LIMA LTDA. CUALQUIER TIPO DE OBSERVACIÓN REQUERIDA POR EL CLIENTE Y RELACIONADA CON LOS RESULTADOS EMITIDOS, SOLO PODRA ACEPTARSE DENTRO DE LOS 8 DÍAS SIGUIENTES A LA ENTREGA DEL PRESENTE INFORME. DE IGUAL MANERA LAS MUESTRAS QUE LO PERMITAN, SE CONSERVARÁN DURANTE UN PERÍODO DE TIEMPO IGUAL AL ESTABLECIDO POR EL LABORATORIO PARA LA ACEPTACIÓN DE OBSERVACIONES DE PARTE DEL CLIENTE. CUMPLIDO ESTE TERMINO EL LABORATORIO PROCEDERÁ A LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MISMAS. EL CLIENTE SE HACE RESPONSABLE POR LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS CUANDO ESTOS SEAN REMITIDOS POR CORREO ELECTRONICO O VIA FAX.