



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 1 de 404

INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO- C.R.A.

***Estudio de caracterización de comunidades hidrobiológicas
realizado los días 24,25, 26,27, 28,31 de julio y 02 de agosto de
2023.***

**DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO
JULIO-AGOSTO 2023)**



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	23
2. OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GENERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3. GENERALIDADES.....	25
3.1 NORMATIVA APLICABLE	25
3.2 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	25
3.3 RESPONSABLES DEL INFORME.....	25
3.4 EMPRESA RESPONSABLE DEL ESTUDIO	26
4. METODOLOGÍA DEL MONITOREO	29
4.1 CARACTERÍSTICAS DEL MONITOREO	29
4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	29
4.2.1 Cuenca Río Magdalena.....	30
4.2.2 Cuenca Canal del Dique.....	40
4.2.3 Cuenca Litoral	43
4.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	49
4.4 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	52
4.4.1 Etapa de campo.....	53
4.4.2 Etapa de laboratorio	57
4.5 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	59
4.5.1 Incertidumbre del resultado (U±).....	63
5. RESULTADOS.....	64
5.1 CUENCA RÍO MAGDALENA.....	64
5.1.1 Ciénaga de Malambo	64
5.1.2 Ciénaga Mesolandia	86
5.1.3 Ciénaga Sabanagrande	101





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 3 de 404

5.1.4	Ciénaga de Santo Tomás	121
5.1.5	Ciénaga El Uvero	143
5.1.6	Ciénaga la Luisa	157
5.1.7	Ciénaga La Larga	169
5.1.8	Río Magdalena	180
5.2	CUENCA CANAL DEL DIQUE	194
5.2.1	Embalse El Guájaro	194
5.2.2	Ciénaga San Juan de Tocagua	221
5.2.3	Ciénaga Manatí	236
5.3	CUENCA LITORAL	247
5.3.1	Ciénaga Paraíso	267
5.3.2	Ciénaga Mallorquín	279
5.3.3	Ciénaga El Rincón	296
5.3.4	Ciénaga Balboa	312
5.3.5	Ciénaga Los Manatíes	323
5.3.6	Ciénaga del Totumo	331
6.	CONCLUSIONES	346
6.1	CUENCA RÍO MAGDALENA	346
6.1.1	Ciénaga de Malambo	346
6.1.2	Ciénaga Mesolandia	347
6.1.3	Ciénaga Sabanagrande	348
6.1.4	Ciénaga de Santo Tomás	349
6.1.5	Ciénaga El Uvero	350
6.1.6	Ciénaga la Luisa	351
6.1.7	Ciénaga La Larga	352
6.1.8	Río Magdalena	353
6.2	CUENCA CANAL DEL DIQUE	354
6.2.1	Embalse El Guájaro	354
6.2.2	Ciénaga San Juan de Tocagua	355
6.2.3	Ciénaga Manatí	356



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 4 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

6.3	CUENCA LITORAL.....	358
6.3.1	Ciénaga Paraíso	360
6.3.2	Ciénaga Mallorquín.....	361
6.3.3	Ciénaga el Rincón.....	362
6.3.4	Ciénaga Balboa	363
6.3.5	Ciénaga Los Manatíes.....	364
6.3.6	Ciénaga del Totumo	365
7.	BIBLIOGRAFÍA	367
8.	ANEXOS	403
9.	HISTÓRICOS DE CAMBIOS.....	404



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Empresas responsables de los análisis de muestras.....	26
Tabla 2. Identificación de la muestra.	27
Tabla 3. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Mesolandia.	30
Tabla 4. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Malambo.	31
Tabla 5. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Sabanagrande.	32
Tabla 6. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Santo Tomás.	33
Tabla 7. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga el Paraíso.....	34
Tabla 8. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga el Uvero.	36
Tabla 9. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga la Luisa.....	37
Tabla 10. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en el Río Magdalena.....	38
Tabla 11. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en el Embalse El Guájaro.	40
Tabla 12. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Tocagua.....	41
Tabla 13. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Luruaco.....	42
Tabla 14. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga del Totumo.	43
Tabla 15. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Balboa.	45
Tabla 16. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Mallorquín.....	46
Tabla 17. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga los Manatíes.....	47
Tabla 18. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga del Rincón.	48
Tabla 19. Ubicación geográfica del punto de monitoreo.	49
Tabla 20. Listado de los métodos empleados para la toma de muestra.....	53
Tabla 21. Listado de los métodos empleados para el análisis de las muestras.....	57
Tabla 22. Índices ecológicos	60
Tabla 23. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col...61	
Tabla 24. Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col. y ASPT, Significado y colores para representaciones cartográficas.....	62
Tabla 25. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la ciénaga Malambo.....	64
Tabla 26. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga Malambo.	65
Tabla 27. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga Malambo.	66



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 6 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 28. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.....	69
Tabla 29. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.....	70
Tabla 30. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la ciénaga Malambo.....	72
Tabla 31. Densidad (Ind/cm ²) de las morfoespecies perifíticas en la ciénaga Malambo.....	73
Tabla 32. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la ciénaga Malambo.	73
Tabla 33. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	77
Tabla 34. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.	77
Tabla 35. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga Malambo.....	78
Tabla 36. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Malambo.	79
Tabla 37. Clasificación taxonómica de las especies icticas reportadas en la ciénaga de Malambo.	83
Tabla 38. Abundancia y abundancia relativa de especies icticas reportadas en la ciénaga Malambo.....	83
Tabla 39. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Mesolandia.	86
Tabla 40. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Mesolandia.	87
Tabla 41. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Mesolandia.	87
Tabla 42. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.....	91
Tabla 43. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.....	91
Tabla 44. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga Mesolandia.	95
Tabla 45. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Mesolandia.....	95
Tabla 46. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Sabanagrande.	101
Tabla 47. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Sabanagrande.	102
Tabla 48. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Sabanagrande.....	103
Tabla 49. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.....	107



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 7 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 50. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	107
Tabla 51. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga Sabanagrande.	109
Tabla 52. Densidad (Ind/cm ²) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga Sabanagrande. ...	110
Tabla 53. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga Sabanagrande.	111
Tabla 54. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	115
Tabla 55. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.	115
Tabla 56. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observadas en ciénaga de Sabanagrande.	116
Tabla 57. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Sabanagrande.	117
Tabla 58. Clasificación taxonómica de las especies de peces en la ciénaga de Sabanagrande.	118
Tabla 59. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de especies de peces en la ciénaga de Sabanagrande.	119
Tabla 60. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga de Santo Tomás.	121
Tabla 61. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás.	123
Tabla 62. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás.	123
Tabla 63. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	128
Tabla 64. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	128
Tabla 65. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga de Santo Tomás.	130
Tabla 66. Densidad (Ind/cm ²) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga de Santo Tomás.	131
Tabla 67. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga de Santo Tomás.	131
Tabla 68. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	136
Tabla 69. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.	136
Tabla 70. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observadas en ciénaga de Santo Tomás.	137
Tabla 71. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Santo Tomás.	137



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 8 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 72. Clasificación taxonómica de la comunidad de peces de la ciénaga de Santo Tomás.	140
Tabla 73. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la comunidad de peces de la ciénaga de Santo Tomás.	140
Tabla 74. Riqueza de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga Santo Tomás	141
Tabla 75. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la Ciénaga Santo Tomás	142
Tabla 76. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga El Uvero.	143
Tabla 77. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga El Uvero.	144
Tabla 78. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	146
Tabla 79. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	147
Tabla 80. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga El Uvero.	149
Tabla 81. Densidad (Ind/cm ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga El Uvero.	150
Tabla 82. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	152
Tabla 83. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.	152
Tabla 84. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observadas en ciénaga Uvero.	154
Tabla 85. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Uvero.	154
Tabla 86. Clasificación taxonómica de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga Uvero	155
Tabla 87. Porcentaje de Cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la Ciénaga Uvero.	156
Tabla 88. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga la Luisa.	157
Tabla 89. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga la Luisa.	158
Tabla 90. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	161
Tabla 91. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	161
Tabla 92. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga la Luisa.	163
Tabla 93. Densidad (Ind/cm ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga la Luisa.	164



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 9 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 94. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	166
Tabla 95. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.	166
Tabla 96. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observadas en ciénaga La Luisa.	167
Tabla 97. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de la morfoespecie de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga La Luisa.	167
Tabla 98. Clasificación taxonómica de las macrófitas reportadas en la ciénaga la Luisa	168
Tabla 99. Porcentaje de cobertura de macrófitas en la ciénaga la Luisa.....	168
Tabla 100. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga La Larga.	169
Tabla 101. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga La Larga.	170
Tabla 102. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	172
Tabla 103. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	173
Tabla 104. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga La Larga.	175
Tabla 105. Densidad (Ind/cm ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga La Larga.	176
Tabla 106. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	178
Tabla 107. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.....	178
Tabla 108. Clasificación taxonómica de las macrófitas reportadas en la ciénaga la Larga.	179
Tabla 109. Porcentaje de cobertura de macrófitas en la ciénaga la Larga.....	179
Tabla 110. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en el Río Magdalena.	180
Tabla 111. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en el Río Magdalena.	181
Tabla 112. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en el Río Magdalena.	182
Tabla 113. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	186
Tabla 114. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	186
Tabla 115. Clasificación taxonómica de la comunidad de peces en el Río Magdalena.	191
Tabla 116. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la comunidad de peces en el Río Magdalena.	192
Tabla 117. Clasificación taxonómica de las macrófitas reportadas en el Río Magdalena	192



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 10 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 118. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en el Río Magdalena	192
Tabla 119. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en el Embalse El Guájaro.	194
Tabla 120. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en el Embalse El Guájaro. .	196
Tabla 121. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en el Embalse El Guájaro.	197
Tabla 122. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	202
Tabla 123. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	202
Tabla 124. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en el Embalse El Guájaro.	205
Tabla 125. Densidad (Ind/cm ²) de las morfoespecies perifíticas en el Embalse El Guájaro.	207
Tabla 126. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en el Embalse El Guájaro.	207
Tabla 127. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	212
Tabla 128. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.....	212
Tabla 129. Clasificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos observadas en el embalse El Guájaro.	213
Tabla 130. Densidad (Ind/m ²) de macroinvertebrados bentónicos observadas en el Embalse El Guájaro.	214
Tabla 131. Abundancia relativa (%) de macroinvertebrados bentónicos observadas en el Embalse El Guájaro.	214
Tabla 132. Clasificación taxonómica de las especies de peces en el Embalse el Guájaro.....	217
Tabla 133. Abundancia (Individuos) de especies de peces en el Embalse el Guájaro.....	218
Tabla 134. Abundancia relativa (%) de especies de peces en el Embalse el Guájaro.	218
Tabla 135. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas en el embalse El Guájaro.	219
Tabla 136. Porcentaje de cobertura (%) de las morfoespecies de macrófitas en el embalse El Guájaro.	220
Tabla 137. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga San Juan de Tocagua.	221
Tabla 138. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga San Juan de Tocagua.	222
Tabla 139. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga San Juan de Tocagua.	223
Tabla 140. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	227



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 11 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 141. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	227
Tabla 142. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga de Tocagua.	230
Tabla 143. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Tocagua.	230
Tabla 144. Clasificación taxonómica de la comunidad de peces de la ciénaga de San Juan de Tocagua.	233
Tabla 145. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la comunidad de peces de la ciénaga de San Juan de Tocagua.	234
Tabla 146. Clasificación taxonómica de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga San Juan de Tocagua.	234
Tabla 147. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la ciénaga San Juan de Tocagua.	234
Tabla 148. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Manatí.	236
Tabla 149. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Manatí.	237
Tabla 150. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	240
Tabla 151. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	240
Tabla 152. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga Manatí.	242
Tabla 153. Densidad (Ind/cm ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga Manatí.	243
Tabla 154. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	245
Tabla 155. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.	245
Tabla 156. Clasificación taxonómica de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga Manatí.	246
Tabla 157. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la ciénaga Ciénaga Manatí.	246
Tabla 158. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la ciénaga Luruaco.	247
Tabla 159. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga Luruaco.	248
Tabla 160. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga Luruaco.	249
Tabla 161. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	252



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 12 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 162. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	253
Tabla 163. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la ciénaga Luruaco.	254
Tabla 164. Densidad (Ind/cm ²) de las morfoespecies perifíticas en la ciénaga Luruaco.	255
Tabla 165. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la ciénaga Luruaco.	255
Tabla 166. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	259
Tabla 167. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.	259
Tabla 168. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga de Luruaco.	260
Tabla 169. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Luruaco.	260
Tabla 170. Clasificación taxonómica de la comunidad de peces de la ciénaga de Luruaco.	263
Tabla 171. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la comunidad de peces de la ciénaga de Luruaco.	264
Tabla 172. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Paraíso.	267
Tabla 173. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Paraíso.	269
Tabla 174. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	271
Tabla 175. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	271
Tabla 176. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga Paraíso.	273
Tabla 177. Densidad (Ind/cm ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga Paraíso.	274
Tabla 178. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	276
Tabla 179. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.	276
Tabla 180. Clasificación taxonómica de las especies icticas reportadas en la ciénaga Paraíso.	277
Tabla 181. Abundancia y abundancia relativa de especies icticas reportadas en la ciénaga Paraíso.	277
Tabla 182. Clasificación taxonómica de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga Paraíso.	278
Tabla 183. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la ciénaga Ciénaga Paraíso.	278



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 13 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 184. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Mallorquín.....	279
Tabla 185. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Mallorquín. .	282
Tabla 186. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Mallorquín.	284
Tabla 187. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	289
Tabla 188. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	289
Tabla 189. Clasificación de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga de Mallorquín.	292
Tabla 190. Densidad (Ind/m ²) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Mallorquín.....	292
Tabla 191. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Mallorquín.....	292
Tabla 192. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga El Rincón.....	296
Tabla 193. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en a Ciénaga El Rincón.	298
Tabla 194. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga El Rincón.	299
Tabla 195. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	304
Tabla 196. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	304
Tabla 197. Clasificación de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga El Rincón.....	308
Tabla 198. Densidad (Ind/m ²) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga El Rincón.	308
Tabla 199. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga El Rincón.	308
Tabla 200. Clasificación taxonómica de especies icticas reportadas en la ciénaga el rincón.....	309
Tabla 201. Abundancia de las especies de peces reportadas en la ciénaga el Rincón.	310
Tabla 202. Abundancia relativa (%) de las especies de peces reportadas en la ciénaga el Rincón.	310
Tabla 203. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Balboa.	312
Tabla 204. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Balboa.....	313



Tabla 205. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Balboa.	313
Tabla 206. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	317
Tabla 207. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	318
Tabla 208. Clasificación taxonómica de la especie reportada en la ciénaga de Balboa	321
Tabla 209. Abundancia (Individuos) y Abundancia relativa de la especie reportada en la ciénaga de Balboa	321
Tabla 210. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Los Manatíes.	323
Tabla 211. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Los Manatíes.	324
Tabla 212. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	326
Tabla 213. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.	326
Tabla 214. Clasificación taxonómica de la especie reportada en la ciénaga Los Manatíes.	330
Tabla 215. Abundancia (Individuos) y Abundancia relativa de la especie reportada en la ciénaga Los Mantíes.....	330
Tabla 216. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la ciénaga del Totumo.	331
Tabla 217. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga del Totumo..	332
Tabla 218. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga del Totumo.	332
Tabla 219. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.	336
Tabla 220. Registro fotográfico de las morfoespecies observadas.	336
Tabla 221. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga del Totumo.	339
Tabla 222. Densidad (Ind/cm ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga del Totumo.....	340
Tabla 223. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.	342
Tabla 224. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.....	342
Tabla 225. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observadas en ciénaga el Totumo.....	343
Tabla 226. Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga el Totumo.	343
Tabla 227. Clasificación taxonómica de la especie reportada en la ciénaga del Totumo.....	344



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 15 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Tabla 228. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la especie íctica en la ciénaga del Totumo.	345
Tabla 229. Anexos del informe técnico.	403
Tabla 230. Históricos de cambios.	404





ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Toma de muestras de fitoplancton en campo.....	54
--	----





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciénaga de Mesolandia y puntos de muestreo.....	30
Figura 2. Ciénaga de Malambo y puntos de muestreo.	31
Figura 3. Ciénaga de Sabanagrande y puntos de muestreo.	32
Figura 4. Ciénaga de Santo Tomás y puntos de muestreo.	33
Figura 6. Ciénaga el Paraíso y puntos de muestreo.	35
Figura 7. Ciénaga el Uvero y puntos de muestreo.....	36
Figura 8. Ciénaga la Luisa y puntos de muestreo.	37
Figura 9. Río Magdalena y puntos de muestreo.	39
Figura 10. Embalse El Guájaro y puntos de muestreo.....	40
Figura 11. Ciénaga del Totumo y puntos de muestreo.	44
Figura 12. Ciénaga de Balboa y puntos de muestreo.	45
Figura 13. Ciénaga de Mallorquín y puntos de muestreo.....	46
Figura 14. Ciénaga los Manatíes y puntos de muestreo.	47
Figura 15. Ciénaga del Rincón y puntos de muestreo.....	48
Figura 1. Localización geográfica de los puntos de monitoreo	52



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la ciénaga Malambo.	67
Gráfica 2. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la ciénaga Malambo.	68
Gráfica 3. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga Malambo por punto de monitoreo.	68
Gráfica 4. Densidad (Ind/cm ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en la ciénaga Malambo.	74
Gráfica 5. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la ciénaga Malambo.	75
Gráfica 6. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en la ciénaga Malambo.	76
Gráfica 7. Densidad (Ind/m ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Malambo.	80
Gráfica 8. Contribución porcentual de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga Malambo.	81
Gráfica 9. Contribución de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga Malambo.	81
Gráfica 10. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en la ciénaga de Malambo.	84
Gráfica 11. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga Mesolandia.	88
Gráfica 12. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Mesolandia.	89
Gráfica 13. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Mesolandia por punto de monitoreo.	90
Gráfica 14. Densidad (Ind/m ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Mesolandia.	96
Gráfica 15. Contribución porcentual de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Mesolandia.	97
Gráfica 16. Contribución de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad por punto de monitoreo en la ciénaga de Mesolandia.	98
Gráfica 17. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga Sabanagrande.	104
Gráfica 18. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Sabanagrande.	105
Gráfica 19. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Sabanagrande por punto de monitoreo.	106



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 19 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Gráfica 20. Densidad (Ind/cm ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en la Ciénaga Sabanagrande.	112
Gráfica 21. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga Sabanagrande.	113
Gráfica 22. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en la Ciénaga Sabanagrande.	114
Gráfica 23. Contribución porcentual de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Sabanagrande.	117
Gráfica 24. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en la ciénaga de Sabanagrande.	119
Gráfica 25. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la Ciénaga de Santo Tomás.....	125
Gráfica 26. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga de Santo Tomás.	126
Gráfica 27. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctonicas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás por punto de monitoreo.....	127
Gráfica 28. Densidad (Ind/cm ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en la Ciénaga de Santo Tomás.....	133
Gráfica 29. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga de Santo Tomás.....	134
Gráfica 30. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en la Ciénaga de Santo Tomás.	135
Gráfica 31. Densidad (Ind/m ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Santo Tomás.	138
Gráfica 32. Contribución porcentual de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Santo Tomás.	139
Gráfica 33. Contribución de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga de Santo Tomás.	139
Gráfica 34. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en la ciénaga de Santo Tomás.....	141
Gráfica 35. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga El Uvero.	145
Gráfica 36. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga El Uvero.	151
Gráfica 37. Contribución porcentual de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Uvero.....	155
Gráfica 38. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga la Luisa.	160
Gráfica 39. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga la Luisa.	165



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 20 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Gráfica 40. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga La Larga.	171
Gráfica 41. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga La Larga.	177
Gráfica 42. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en el Río Magdalena.	183
Gráfica 43. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en el Río Magdalena.	184
Gráfica 44. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en el Río Magdalena por punto de monitoreo.....	185
Gráfica 45. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en el Embalse El Guájaro.	199
Gráfica 46. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en el Embalse El Guájaro.	200
Gráfica 47. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en el Embalse El Guájaro por punto de monitoreo.	201
Gráfica 48. Densidad (Ind/cm ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en el Embalse El Guájaro.	209
Gráfica 49. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en el Embalse El Guájaro.	210
Gráfica 50. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en el Embalse El Guájaro.	211
Gráfica 51. Densidad (Ind/m ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en El Embalse El Guájaro.	215
Gráfica 52. Contribución a la densidad total de los phylum de macroinvertebrados bentónicos registrados en el Embalse El Guájaro.	216
Gráfica 53. Contribución de los phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad por punto de monitoreo en el Embalse El Guájaro.	217
Gráfica 54. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en el Embalse el Guájaro.	219
Gráfica 55. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga San Juan de Tocagua.	224
Gráfica 56. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga San Juan de Tocagua.....	225
Gráfica 57. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga San Juan de Tocagua por punto de monitoreo.....	226
Gráfica 58. Densidad (Ind/m ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Tocagua.	231
Gráfica 59. Contribución porcentual de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Tocagua.	232



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 21 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Gráfica 60. Contribución de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga de Tocagua.....	233
Gráfica 61. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Manatí.....	239
Gráfica 62. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga Manatí.....	244
Gráfica 63. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la ciénaga Luruaco.....	250
Gráfica 64. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la ciénaga Luruaco.....	251
Gráfica 65. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga Luruaco por punto de monitoreo.....	251
Gráfica 66. Densidad (Ind/cm ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en la ciénaga Luruaco.....	256
Gráfica 67. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la ciénaga Luruaco.....	257
Gráfica 68. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en la ciénaga Luruaco.....	258
Gráfica 69. Densidad (Ind/m ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Luruaco.....	261
Gráfica 70. Contribución porcentual de los órdenes de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Luruaco.....	262
Gráfica 71. Contribución de las órdenes de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga de Luruaco.....	263
Gráfica 72. Abundancia (Individuos) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Peces en la ciénaga de Luruaco.....	265
Gráfica 73. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Paraíso.....	270
Gráfica 74. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga Paraíso.....	275
Gráfica 75. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la Ciénaga Mallorquín.....	286
Gráfica 76. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Mallorquín.....	287
Gráfica 77. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Mallorquín por punto de monitoreo.....	288
Gráfica 78. Densidad (Ind/m ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Mallorquín.....	293
Gráfica 79. Contribución porcentual de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Mallorquín.....	294



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 22 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Gráfica 80. Contribución I de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga de Mallorquín.	295
Gráfica 81. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la Ciénaga El Rincón.....	301
Gráfica 82. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga El Rincón.....	302
Gráfica 83. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga El Rincón por punto de monitoreo.....	303
Gráfica 84. Densidad (Ind/m ²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga El Rincón.	309
Gráfica 85. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en la ciénaga de Luruaco.	311
Gráfica 86. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la Ciénaga Balboa.	315
Gráfica 87. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Balboa.....	316
Gráfica 88. Contribución a la densidad total de las clases fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Balboa por punto de monitoreo.	316
Gráfica 89. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Los Manatíes.	325
Gráfica 90. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la ciénaga del Totumo.	333
Gráfica 91. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la ciénaga del Totumo.....	334
Gráfica 92. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga del Totumo por punto de monitoreo.	335
Gráfica 93. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga del Totumo.....	341





1. INTRODUCCIÓN

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO C.R.A., contrató los servicios de **SERAMBIENTE S.A.S.**, para desarrollar una caracterización de comunidades hidrobiológicas en cincuenta y tres (53) puntos, ubicados en las ciénagas del departamento del Atlántico. Los puntos de muestreo fueron seleccionados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico, con el fin de verificar el estado de la calidad del agua para su programa de control y seguimiento ambiental.

El monitoreo se llevó a cabo los días 24,25, 26,27, 28,31 de julio y 02 de agosto de 2023 por el laboratorio de SERAMBIENTE S.A.S., dicho laboratorio se encuentra acreditado por el IDEAM para la toma de muestras y análisis de parámetros hidrobiológicos. Los parámetros evaluados son los solicitados por el cliente, los cuales fueron: fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos, macrófitas y peces.

El presente informe presenta la etapa de campo y los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua superficial. Los métodos de medición y análisis empleados son los definidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed. 23 de 2017.





2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Caracterizar las comunidades hidrobiológicas de los cuerpos de agua lénticos del Departamento del Atlántico durante julio y agosto de 2023 con el fin de evaluar su estado actual de calidad, en cumplimiento de lo establecido en el Plan de Acción Institucional 2020-2023.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la composición de las comunidades hidrobiológicas (fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos, peces y macrófitas acuáticas) en el área de estudio.
- Estimar la densidad de las comunidades hidrobiológicas que se encuentran en el área de estudio.
- Cuantificar la diversidad y calidad del hábitat aplicando los índices de diversidad más comunes.





3. GENERALIDADES

3.1 Normativa aplicable

En la legislación colombiana no existe una normativa de referencia que regule específicamente los resultados hidrobiológicos. El análisis de las diferentes comunidades se hizo tomando en cuenta aspectos como riqueza, abundancia y estructura, este último referido al cálculo de los índices ecológicos, estableciendo además la posible condición bioindicadoras de los diferentes grupos y su relación con el aspecto fisicoquímico.

3.2 Información de la empresa

Razón social: Corporación Autónoma Regional del Atlántico-C.R.A.
Correo contacto ambiental: rcotamo@crautonomia.gov.co
Departamento: Departamento del Atlántico
Municipio: Barranquilla
Actividad económica: Ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

3.3 Responsables del informe

Elaboró:

Nombre y firma

Revisó:



Nombre y firma

Aprobó:

Nombre y firma

3.4 Empresa responsable del estudio

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO-C.R.A., contrató los servicios de **Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. -SERAMBIENTE S.A.S.**, para desarrollar el estudio de caracterización de comunidades hidrobiológicas en las ciénagas del departamento del Atlántico. SERAMBIENTE S.A.S., es una empresa acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia -IDEAM, a través de la Resolución 2577 de 2022¹ para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades competentes; ubicada en la carrera 41 # 73B-72 en la ciudad de Barranquilla. El laboratorio responsable de cada uno de los análisis de la muestra y su respectiva resolución de acreditación ante el IDEAM se detalla en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Empresas responsables de los análisis de muestras.

Laboratorio	Parámetro	Resolución de acreditación
SERAMBIENTE S.A.S.	Zooplankton	Resolución 2577 de 2022
	Fitoplancton	
	Macrófitas acuáticas	
	Macroinvertebrados Bentónicos	
	Perifiton	
	Peces	

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

¹ La presente resolución se encuentra vigente hasta tanto no se emita una nueva resolución de acreditación por parte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, lo anteriormente indicado se encuentra soportado bajo Radicado No.: 20236010035891 del 26 de mayo de 2023

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 27 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Asimismo, la **Tabla 2**, contiene el número de identificación asignado por el laboratorio de SERAMBIENTE S.A.S., así como también, el número de reporte asociado y la fecha de la toma de las muestras.

Tabla 2. Identificación de la muestra.

Sitio de muestreo		Ciénagas del departamento del Atlántico		
Tipo de estudio		Caracterización de comunidades hidrobiológicas		
Identificación de la muestra	No.Reporte	Fecha	Ciénaga	Nombre de punto
206215		27/07/2023	Ciénaga Mesolandia	P1
206216				P2
206217		24/07/2023	Ciénaga de Malambo	P1
206218				P2
206219		24/07/2023	Ciénaga Sabanagrande	P1
206220				P2
206221		25/07/2023	Ciénaga Santo Tomás	P1
206222				P2
206223		26/07/2023	Ciénaga Paraíso	P1
206224			Ciénaga La Larga	P1
206225			Ciénaga La luisa	P1
206226			Ciénaga Manatí	P1
206227			Ciénaga Uvero	P1
206228		31/07/2023	Ciénaga San Juan de Tocagua	P1
206229				P2
206230		31/07/2023	Ciénaga Luruaco	P1
206231			Ciénaga Luruaco	P2
206232		27/07/2023	Ciénaga de Mallorquín	P1
206233				P2
206234				P3
206235				P4
206236				P5
206237				P6
206238				P7
206239		27/07/2023	Ciénaga Rincón	P1
206240				P2
206241				P3
206242				P4
206243				P5
206244				P6
206245		28/07/2023	Ciénaga Totumo	P1
206246				P2
206251		1/08/2023	Embalse El Guájaro	P1
206252				P2
206253				P3
205254				P4
206255				P5





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 28 de 404

Sitio de muestreo		Ciénagas del departamento del Atlántico		
Tipo de estudio		Caracterización de comunidades hidrobiológicas		
Identificación de la muestra	No.Reporte	Fecha	Ciénaga	Nombre de punto
206256				P6
206257				P7
206258				P8
206259				P9
206260		26/07/2023	Río Magdalena	P1
206261		2/08/2023		P2
206262				P3
206247		28/07/2023	Ciénaga Balboa	P1
206248				P2
206249				P3
206250		28/07/2023	Ciénaga Manatés	P1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



4. METODOLOGÍA DEL MONITOREO

4.1 Características del monitoreo

El muestreo se realizó según los requerimientos de la **CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO-C.R.A.**, los cuales fueron realizar la toma de muestra de los parámetros hidrobiológicos (fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos, macrófitas acuáticas y peces) en 53 puntos de muestreo, ubicados en el área de estudio, con el fin de dar cumplimiento de lo establecido en el Plan de Acción Institucional 2020 - 2023. Cabe aclarar que en cuatro (4) puntos de no se pudo efectuar la toma de muestras debido a la alta cobertura vegetal.

Previo a la toma de muestras se prepararon los reactivos y materiales necesarios para la preservación y envasado de las muestras, según lo indicado en (aquí se citan los métodos de análisis empleados). La toma de muestras se realizó los días 24,25, 26,27, 28,31 de julio y 02 de agosto de 2023. Así mismo, se efectuó la medición de los parámetros *in situ* pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura.

El monitoreo se realizó siguiendo lo establecido en los procedimientos internos de SERAMBIENTE S.A.S. para monitoreo de comunidades hidrobiológicas PO-PSM-35 Procedimiento para toma y procesamiento de muestras de plancton, PO-PSM-36 Procedimiento para toma y procesamiento de muestras de perifiton, PO-PSM-37 Procedimiento de captura y procesamiento de muestras de macroinvertebrados bentónicos, PO-PSM-38 Procedimiento para toma y procesamiento de muestras de peces y PO-PSM-39 Procedimiento para toma y procesamiento de macrófitas.

4.2 Descripción de los puntos de muestreo

A continuación, se presenta la descripción del punto de monitoreo, el cual se encuentra relacionado en el **Anexo 2**, formatos de campo (*FO-PO-PSM-33-02 Plan de monitoreo para Hidrobiológicos*, *FO-PO-PSM-33-03 Planilla de campo para hidrobiológicos* y *FO-PO-PSM-13-03 Cade de custodia*).





INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

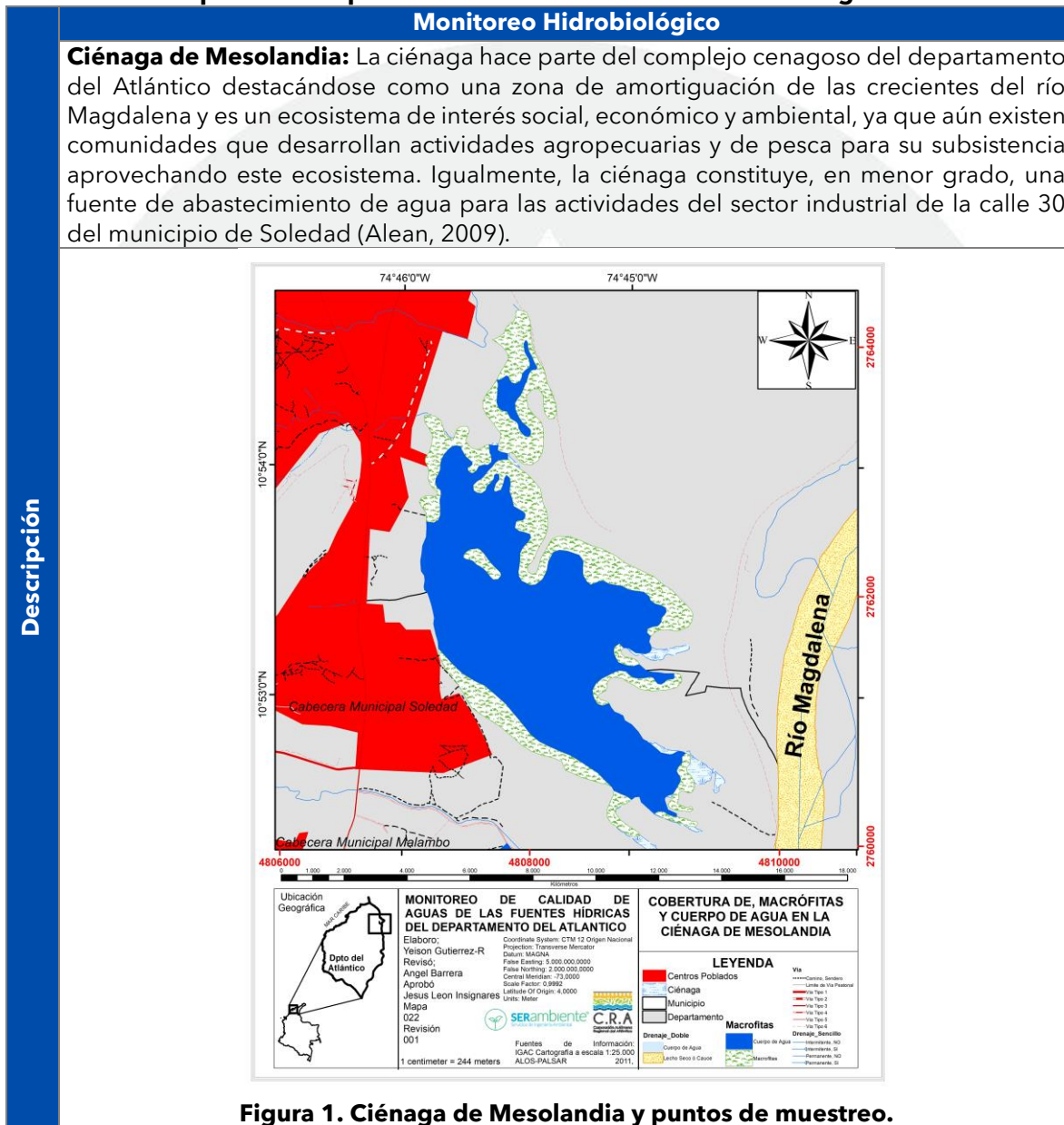
Fecha: 07/09/2023

Página 30 de 404

4.2.1 Cuenca Río Magdalena

4.2.1.1 Ciénaga de Mesolandia

Tabla 3. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Mesolandia.



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

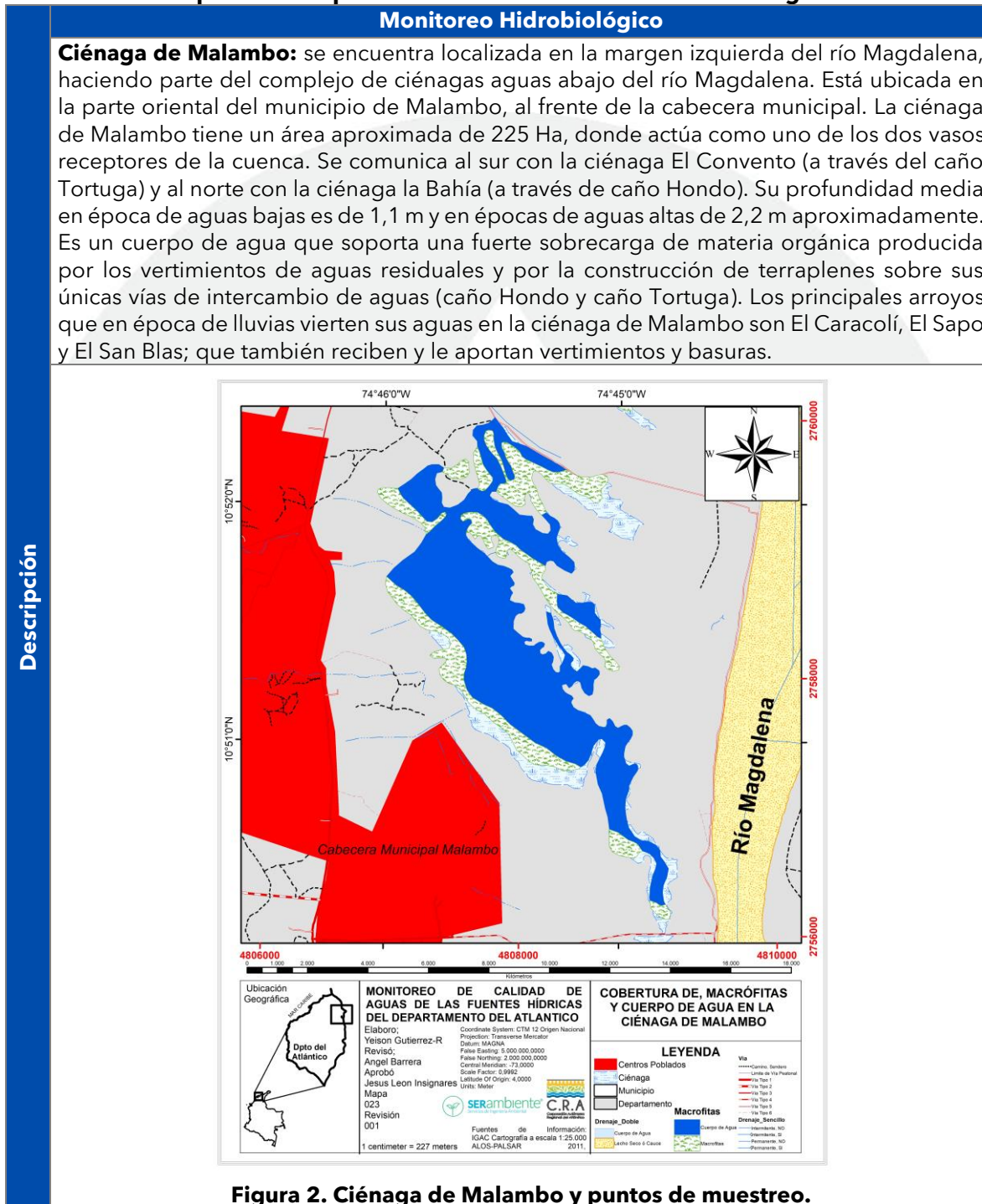
Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 31 de 404

4.2.1.2 Ciénaga de Malambo

Tabla 4. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Malambo.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 32 de 404

4.2.1.3 Ciénaga de Sabanagrande

Tabla 5. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Sabanagrande.

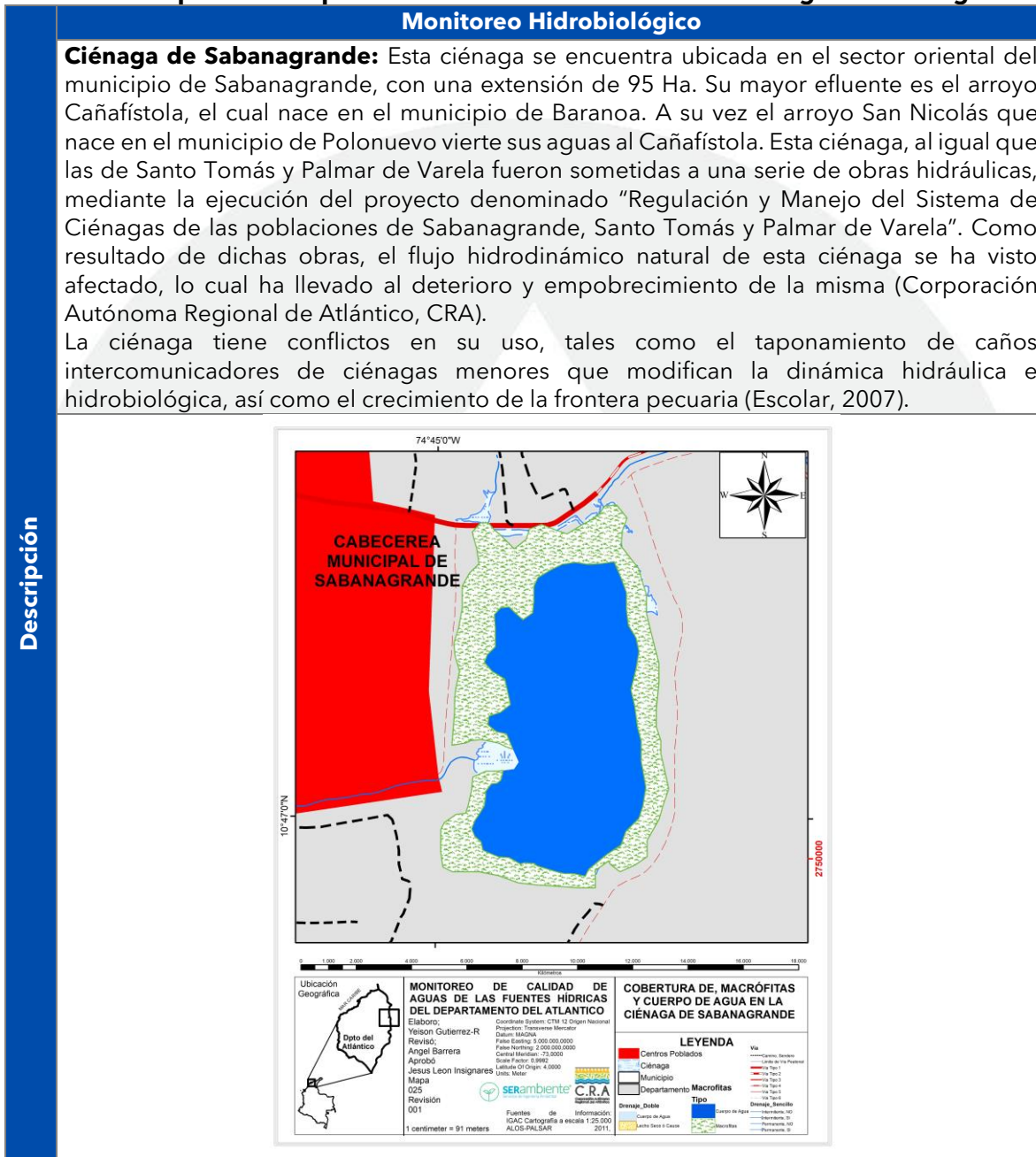


Figura 3. Ciénaga de Sabanagrande y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



4.2.1.4 Ciénaga de Santo Tomás

Tabla 6. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Santo Tomás.

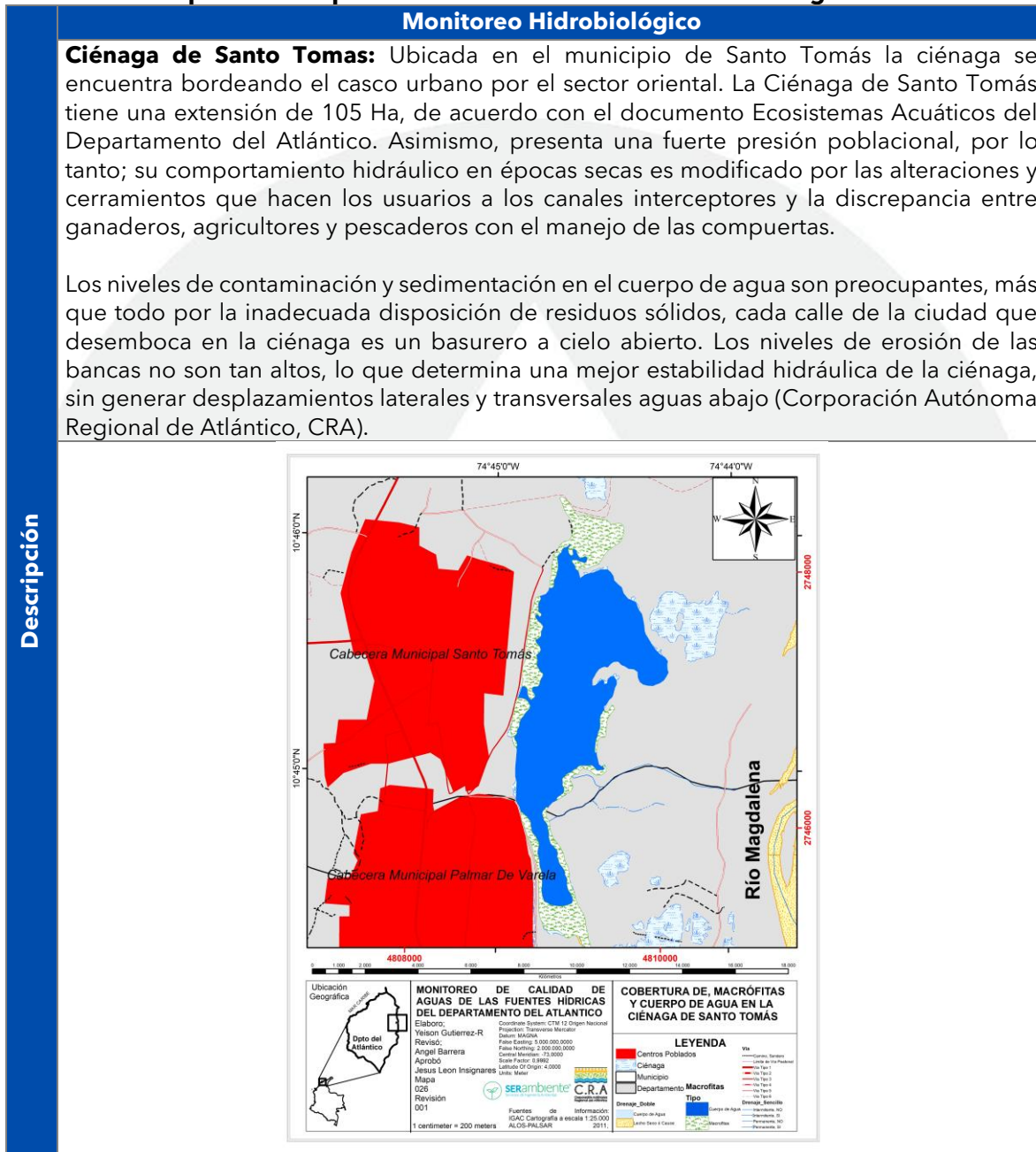


Figura 4. Ciénaga de Santo Tomás y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 34 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

4.2.1.5 Ciénaga el Paraíso

Tabla 7. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga el Paraíso.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

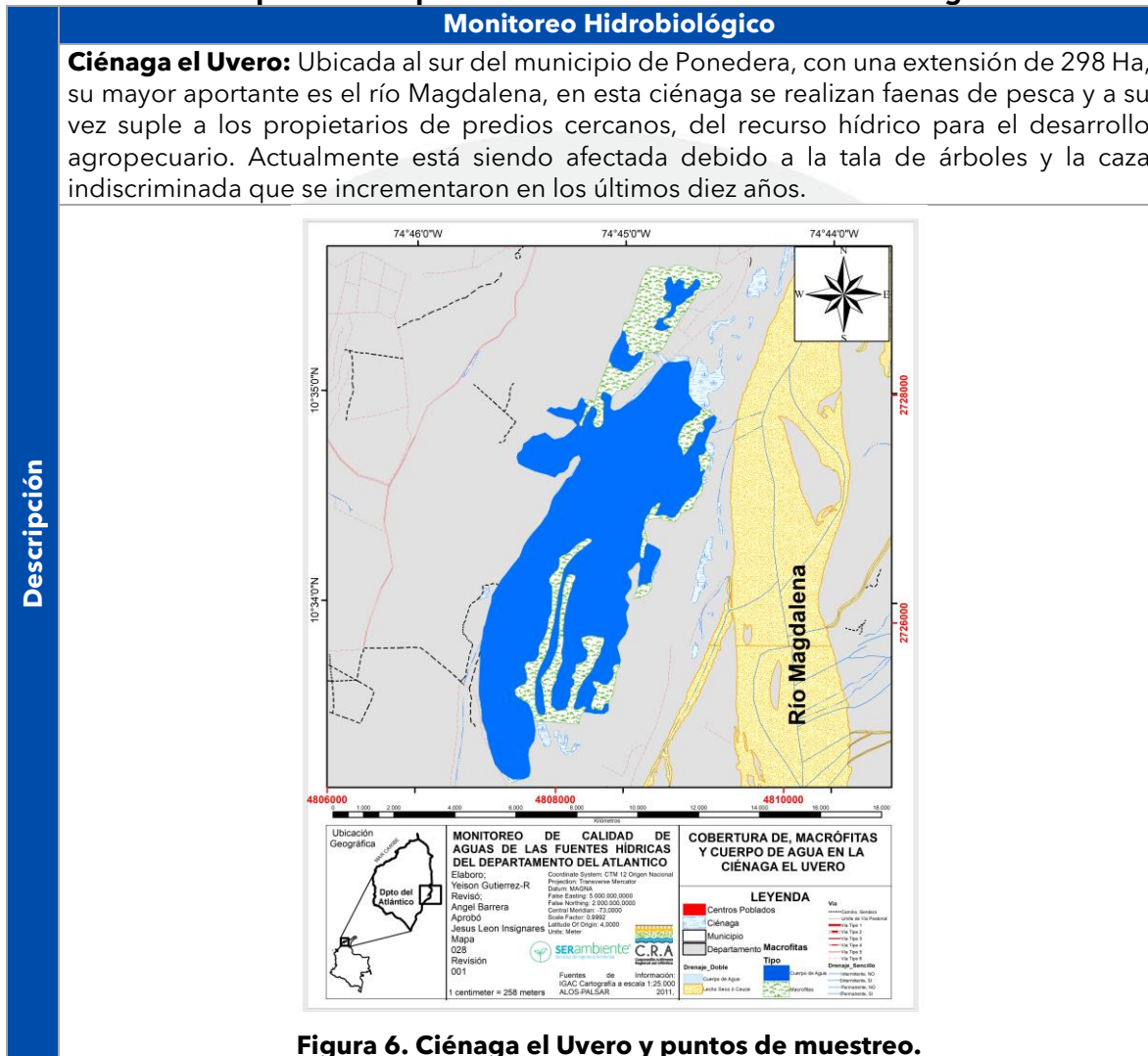
Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 36 de 404

4.2.1.6 Ciénaga el Uvero

Tabla 8. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga el Uvero.



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



4.2.1.7 Ciénaga La Larga

4.2.1.8 Ciénaga la Luisa

Tabla 9. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga la Luisa.

Descripción	Monitoreo Hidrobiológico
	Ciénaga la Luisa: Se encuentra ubicada en el municipio de Palmar de Varela, con un área aproximada de 240 Ha. En época de invierno se comunica a través de un canal interceptor con la Ciénaga de Santo Tomás hacia el norte, y en su extremo sur con la Ciénaga de El Paraíso, las cuales actúan como vasos receptores de la cuenca del río Magdalena. La Ciénaga La Luisa juega un papel muy importante en el flujo hidrodinámico en el complejo cenagoso, que junto con la Ciénaga de Manatí actúan como reguladores hidráulicos principales de las ciénagas de Santo Tomás y el Paraíso y como cuerpos intermedios entre estas dos ciénagas. Esta ciénaga no cuenta con arroyos conectores o afluentes importantes (Microcuencas) que discurren allí sus aguas, solamente discurren drenajes naturales provenientes de las partes altas del municipio.  Convenciones - Puntos de Muestreos - Vegetación Acuática - Cuerpos de Aguas Source: Ser, Google Earth, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Figura 7. Ciénaga la Luisa y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 38 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

1.1.1.2 Río Magdalena

Tabla 10. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en el Río Magdalena.

Monitoreo Hidrobiológico	
Descripción	Río Magdalena: Nace en el extremo suroccidental del país, a 3.685 metros de elevación, en la laguna de la Magdalena, localizada en una pequeña planicie del Páramo de las Papas, correspondiente al Macizo colombiano, en el Departamento del Huila. Su longitud, según la fuente, varía de 1.528 a 1.600 km, de los cuales 886 km son navegables. En el estrecho, el lugar donde el río es más angosto mide 2.20 m de ancho y en el municipio de Plato Magdalena, tiene una anchura de 1.073 metros. Vierte sus aguas en el mar Caribe, en el sitio conocido como Bocas de Ceniza, Barranquilla. El canal del Dique también le sirve como tributario de sus aguas, que llegan al mar en la bahía de Cartagena. En su trascurso recibe más de 500 ríos y numerosas quebradas. Su caudal promedio registra entre pocos metros cúbicos por segundo al comienzo, hasta 6.700 m³ en su desembocadura. Después de su nacimiento, el río Magdalena fluye de sur a norte por un valle interandino ubicado entre las cordilleras Central y Oriental de los Andes. El nivel de las aguas del río Magdalena y del Cauca, su principal afluente presenta variaciones a causa de las fuertes precipitaciones locales y en áreas de sus afluentes, más evidentes en sus sectores alto y medio. En la parte baja se reduce el volumen de lluvia y, como corresponde a una zona cenagosa con poder de regulación y amortización, la variación de niveles y caudales es menor. Si se grafica el caudal medio contra el área de la cuenca, se aprecia el ascenso continuo desde pocos litros en su desembocadura hasta 7.100 m³/s a la altura de Calamar, en donde se desprende el canal del Dique y aún más en su desembocadura. El caudal de los ríos se nutre también del agua lluvia, elemento atmosférico que es determinante en el régimen de la corriente. De acuerdo con el volumen de lluvias, las épocas del año en que ocurren y en general, la dinámica ambiental, es decir, la temperatura, la naturaleza de los suelos, el tipo de geoformas, la orientación de la orografía y los vientos, unidos a los procesos que tienen lugar en su interior, entre otros factores, serán características de los ríos. Colombia se ufana de ser una potencia hídrica. Se dice que es el cuarto país en el mundo en riqueza hídrica. Los cálculos para llegar a esa afirmación son muy gruesos. Se toma el área de Colombia, se asume que cerca del 90% de su territorio tiene lluvias superiores a 2.000 milímetros (mm) y entonces se estima que el promedio anual es de 3.000 mm. La cuestión se reduce a multiplicar el área del país por el volumen de precipitación estimada como promedio y luego restarle la evaporación (calculada en 1.150 mm) y queda un volumen de escorrentía superficial de 2.112 km³. La importancia del río Magdalena en cuanto a su potencial pesquero, ya que alberga más de 240 especies de peces, pero solo cinco representan el 70% de la pesca, bagre y al bocachico las especies más apetecidas y a su vez las más amenazadas, amenazas como la sobrepesca, minería, generación hidroeléctrica, erosión y contaminación entre las principales, las cuales también afectan todo el equilibrio ecosistémico de las demás especies asociadas (aves, mamíferos, crustáceos, entre otras) así como a los pobladores.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 39 de 404

Descripción

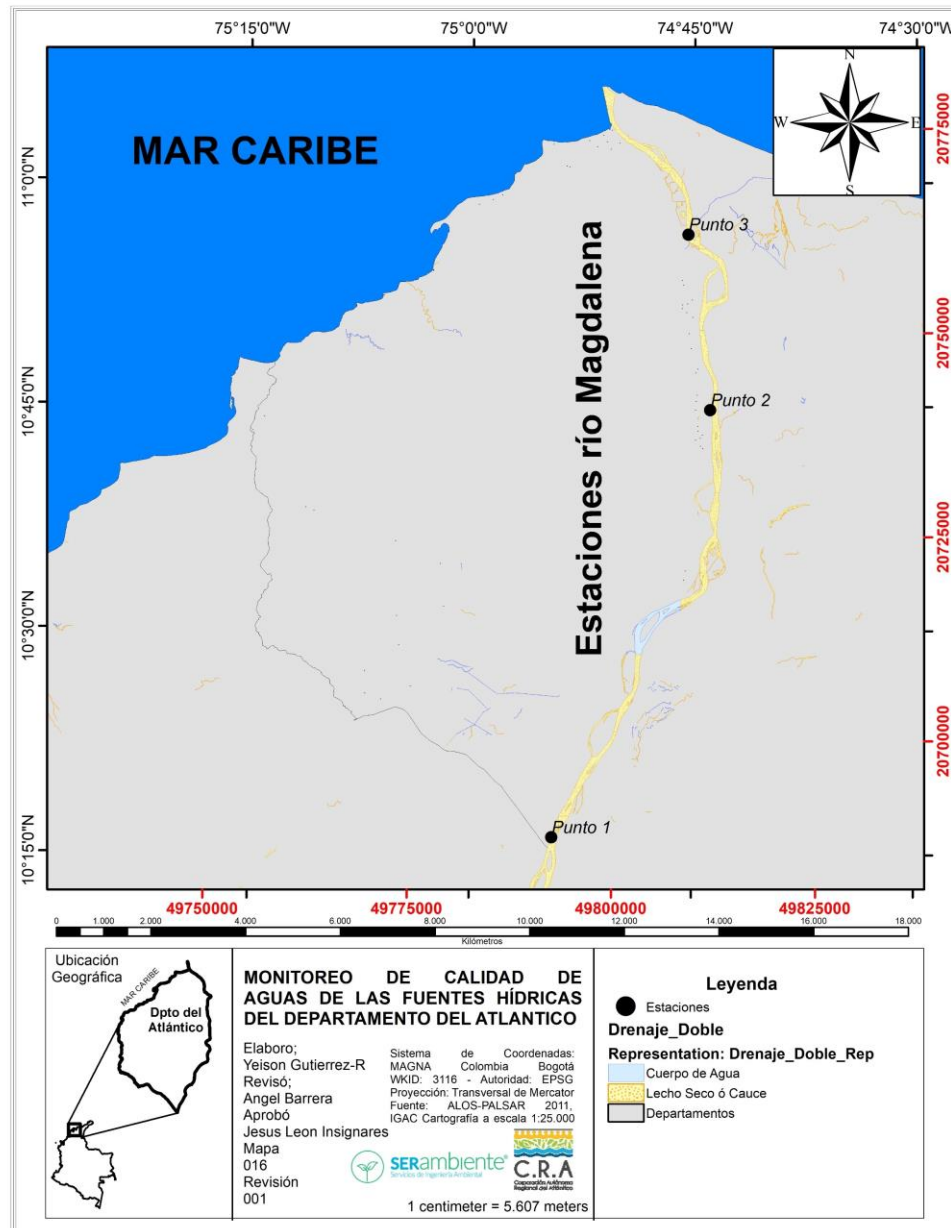


Figura 8. Río Magdalena y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 40 de 404

4.2.2 Cuenca Canal del Dique

4.2.2.1 Embalse El Guájaro

Tabla 11. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en el Embalse El Guájaro.

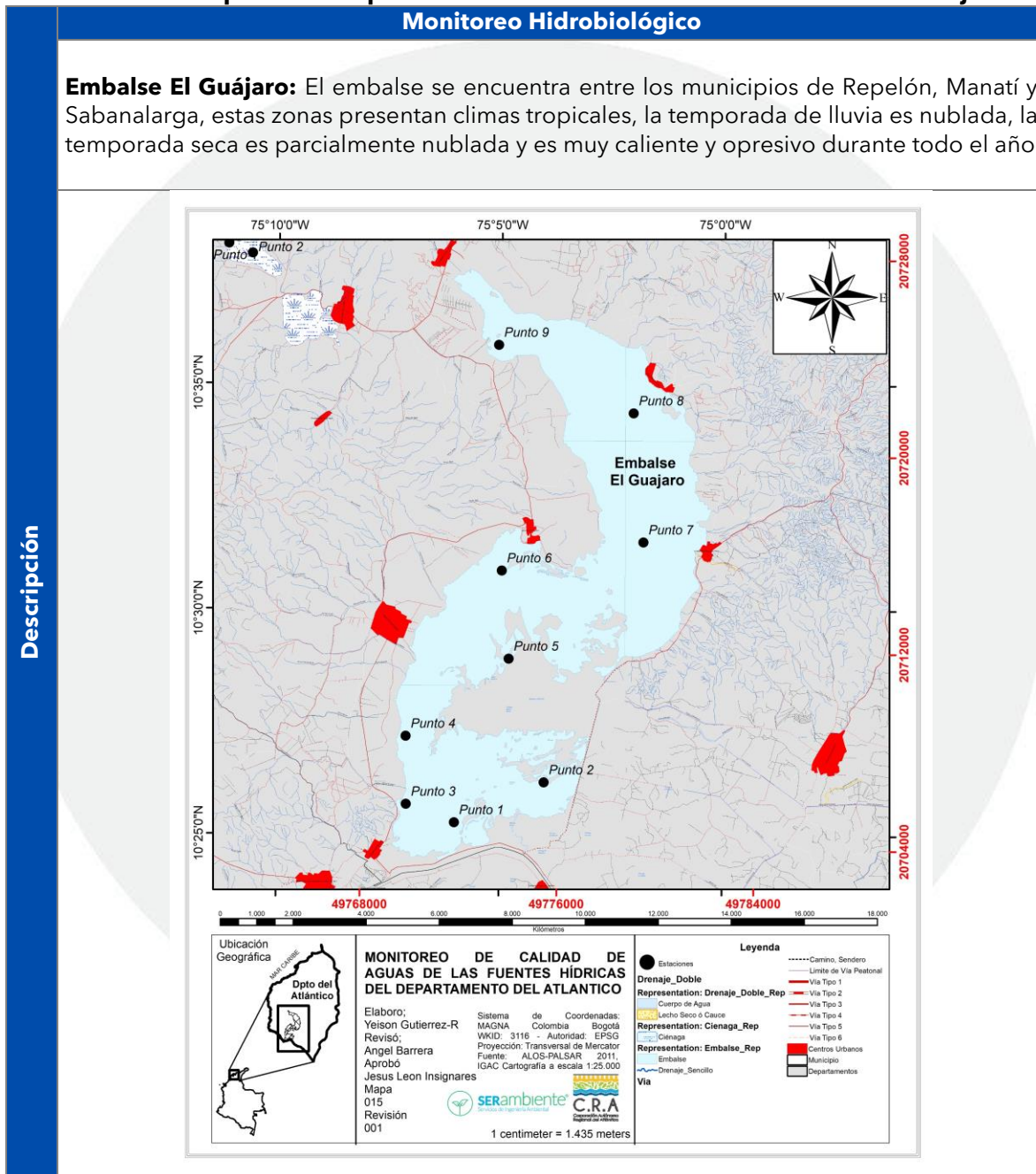


Figura 9. Embalse El Guájaro y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 41 de 404

4.2.2.2 Ciénaga de San Juan de Tocagua

Tabla 12. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Tocagua.

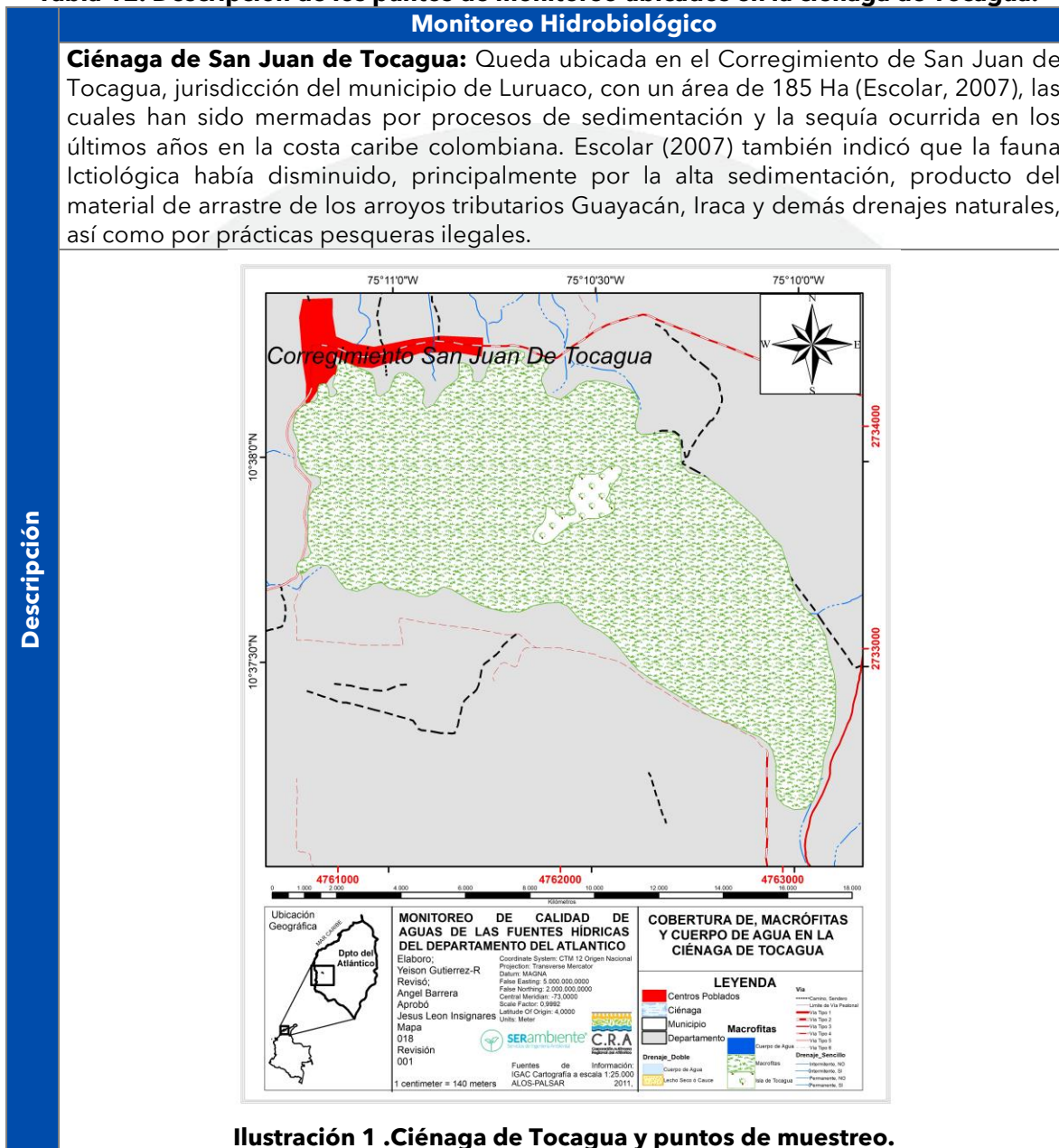


Ilustración 1 .Ciénaga de Tocagua y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



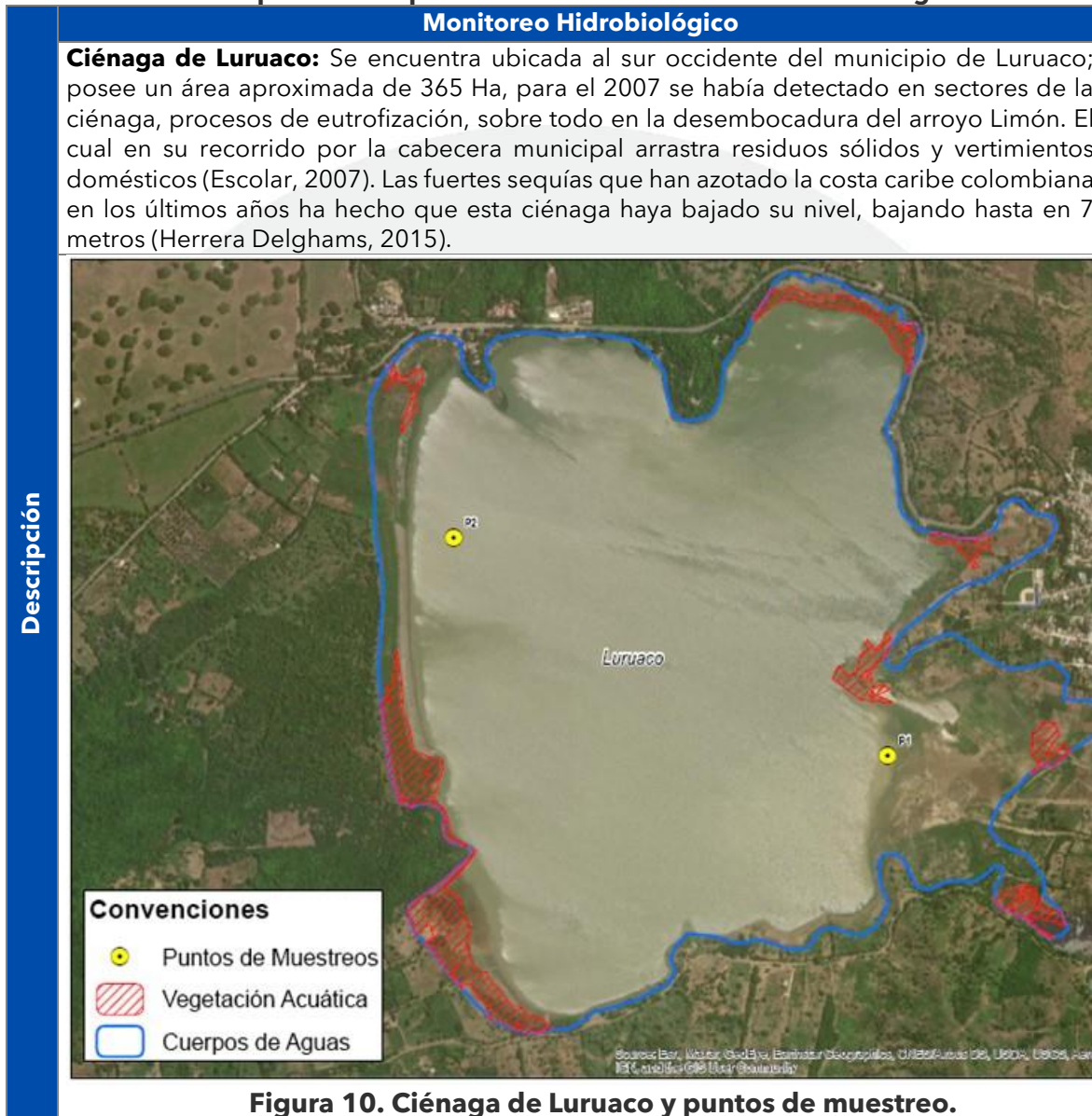
SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



4.2.2.3 Ciénaga de Luruaco

Tabla 13. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Luruaco.



4.2.3 Cuenca Litoral

4.2.3.1 Ciénaga del Totumo

Tabla 14. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga del Totumo.

Descripción	Monitoreo Hidrobiológico
	Ciénaga del Totumo: se encuentra entre los municipios de Piojó en el departamento del Atlántico y Santa Catalina en el departamento de Bolívar. Con un área aproximada de 1361 Ha, que sirve en términos económicos y provee de agua a los pobladores de sus alrededores. También se encuentran allí zonas inundables o pantanosas que están cubiertas por plantas hidrófilas y parches de manglares, los cuales bordean el cuerpo de agua y son de una gran importancia ecológica. Según la clasificación de los humedales de la Convención de Ramsar (1971), la Ciénaga del Totumo, de acuerdo con sus características actuales, se ubica de la siguiente manera: Ámbito: marino costero. Sistema: lacustre - palustre. Subsistema: permanente - estacional. Subclase: lagunas costeras dulces. Sus principales afluentes son los arroyos Roberto, Sabana, Cara-col, Cagón, Calabrisa y Caño Lata. Otras de las fuentes de alimentación de la Ciénaga provienen de las escorrentías de la Loma de Juan Congo, que comienzan a disminuir de manera importante por la ampliación de la frontera agrícola y ganadera de la región, que trae consigo la tala de su vegetación natural. La Ciénaga del Totumo se encontraba conectada al mar Caribe de Colombia mediante una desembocadura denominada "Caño Amansaguapos", sin embargo, debido a la presencia de un dique construido por el Banco de la República ésta solo se une al mar en la época lluviosa cuando el nivel de sus aguas se eleva y sobrepasa la altura del dique; no obstante, el agua de mar nunca logra entrar a ella pues durante la época seca el dique lo impide (Vásquez, 1971). La disminución en los niveles de salinidad de la Ciénaga del Totumo ha generado un deterioro gradual de este cuerpo de agua, pues el bosque de manglar se encuentra en un proceso de sucesión hacia sistemas terrestres. En consecuencia, la profundidad de la Ciénaga ha disminuido de 1.5 m a 0.7 m (Arévalo et. al., 2007).



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 44 de 404

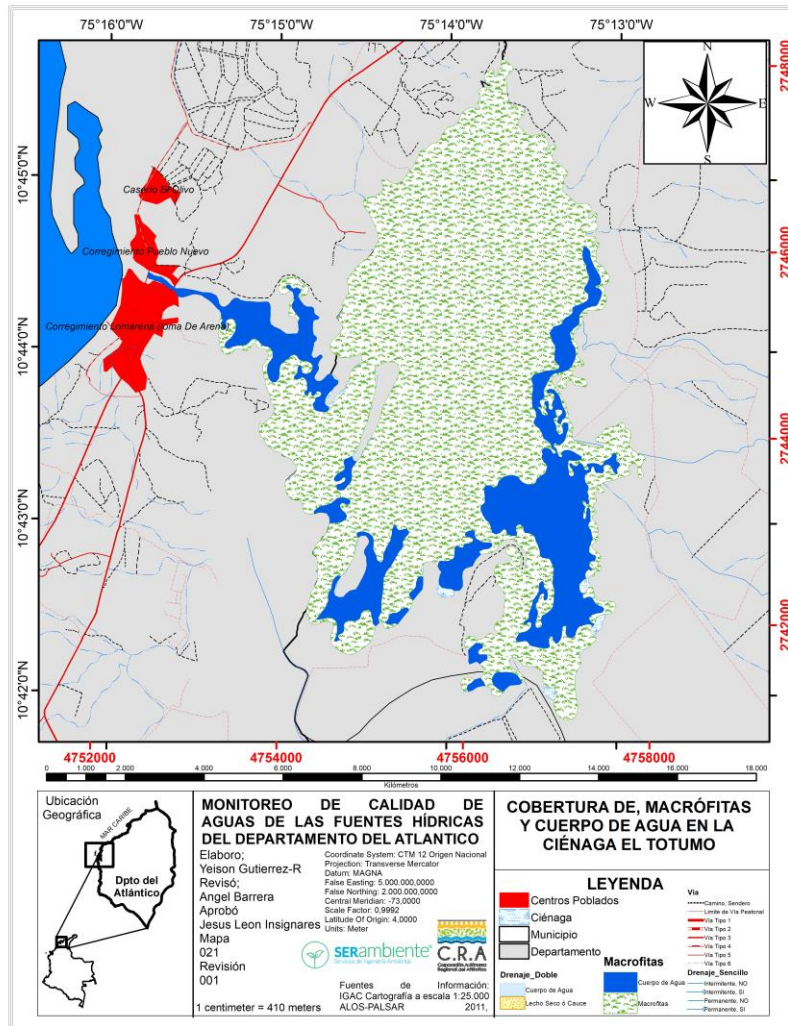


Figura 11. Ciénaga del Totumo y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



4.2.3.2 Ciénaga de Balboa

Tabla 15. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga de Balboa.

Monitoreo Hidrobiológico

Ciénaga de Balboa: La ciénaga de Balboa cuenta con un área de 120,85 ha aproximadamente, se encuentra localizada a orillas del Mar Caribe en el Municipio de Puerto Colombia al noroccidente del Departamento del Atlántico y tiene su origen en los cambios morfológicos ocurridos en la línea de costa a raíz de la construcción de los tajamares de Bocas de Cenizas (FEDEC, 2003). Cuenta con tres cuencas que aportan los caudales de escorrentía superficial directamente sobre ella.

Sin embargo, no es un hidrosistema que se ve afectado solamente por los aportes de su cuenca aferente directa, sino que además se encuentra conectada directamente con el Mar Caribe mediante una boca, el cual regula los niveles en la ciénaga, esta boca en temporadas de aumento de los niveles de ciénaga se abre y en las de estiaje se cierra, mientras que las aguas dulces provienen de los arroyos Juaruco, Caña, Cucambito y El Volcán. Su problemática principal está relacionada con el recibimiento de aguas servidas de algunas zonas del municipio de Puerto Colombia.

Descripción

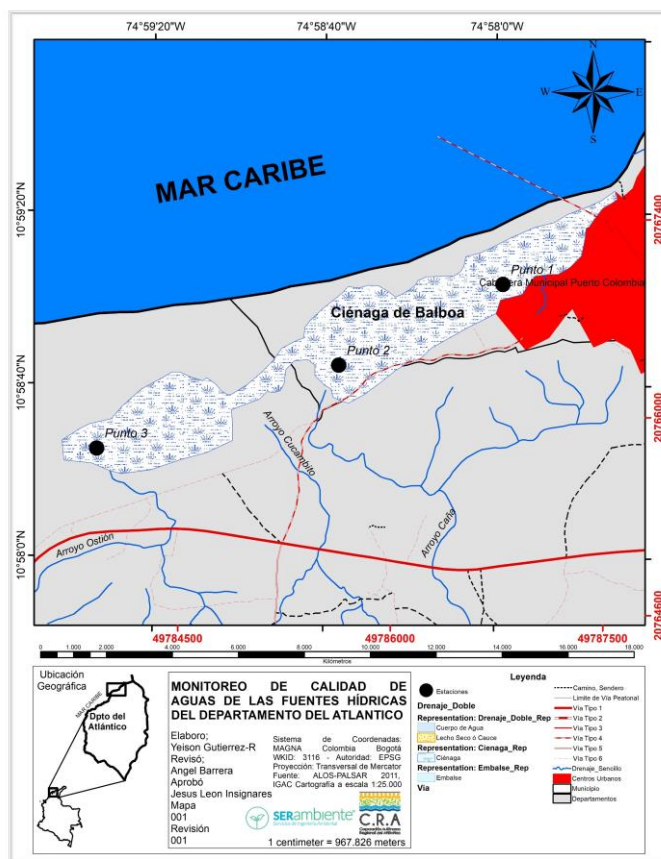


Figura 12. Ciénaga de Balboa y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

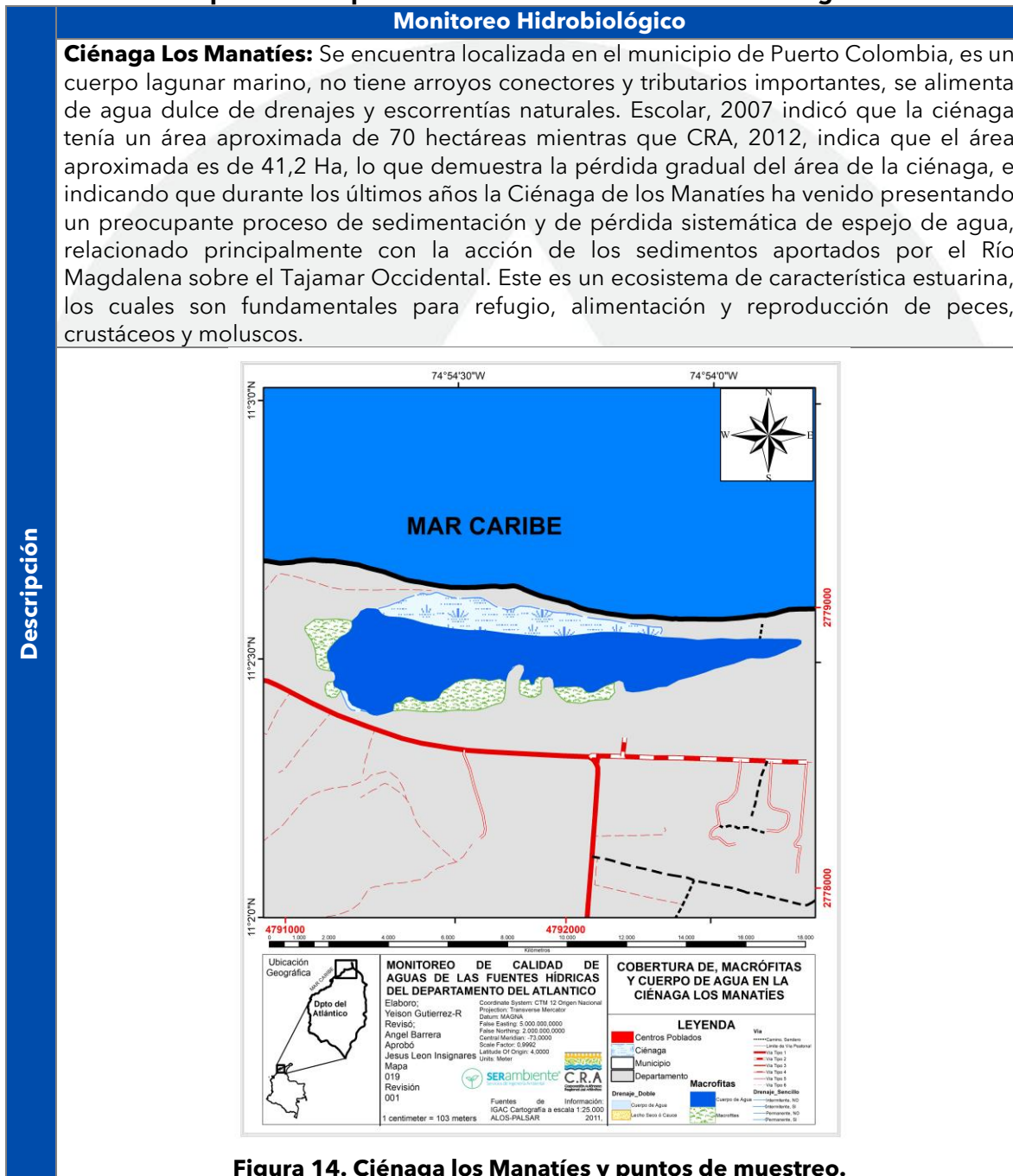
Fecha: 07/09/2023

Página 47 de 404

4.2.3.4 Ciénaga Manatí

4.2.3.5 Ciénaga Los Manatíes

Tabla 17. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga los Manatíes.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



1.1.1.3 Ciénaga del Rincón

Tabla 18. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en la ciénaga del Rincón.

Descripción	Monitoreo Hidrobiológico
	Ciénaga del Rincón: La Ciénaga del Rincón es un humedal ubicado en el municipio de Puerto Colombia, de poca extensión y aislado de la línea de costa, pero que hace parte de la Cuenca Litoral. Según el Pomca adaptado por la comisión conjunta mediante Acuerdo número 001 de 2007 ciénaga el Rincón se encuentra dentro de una zona de ecosistema estratégico (ZEE), el cual está encaminada a garantizar permanentemente oferta de bienes y servicios ambientales y biodiversidad'. Las aguas de la ciénaga provienen de las escorrentías y los afluentes el arroyo León y sus afluentes como el arroyo Mosquito, Granada y caños que desembocan en diferentes tramos a lo largo del recorrido de este en la parte sur del departamento del Atlántico. Durante la sequía la profundidad máxima es de dos metros en el sector central y un valor de 0,7 metros en la desembocadura del arroyo debido a la cantidad de sedimentos aportados durante las lluvias y la extracción del agua para riego a través de canales, lo que disminuye sustancialmente el nivel del agua. Las mayores profundidades se registran en la época de lluvia son de 5,6 metros en la parte central y suroccidental. En los últimos años, este cuerpo de agua sufrió una completa desecación que indujo a la pérdida de total de la columna de agua por lo cual fue sometida a un proceso de llenado y dragado para la recuperación de su capacidad de almacenamiento de agua y la diversidad biótica. Este proceso de llenado se realizó mediante el bombeo de aguas previamente tratadas del arroyo León, que había perdido su conexión por la alta cantidad de sedimentos que taponaron la entrada de este hacia la ciénaga.
	

Figura 15. Ciénaga del Rincón y puntos de muestreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022.



4.3 Ubicación de los puntos de muestreo

En este numeral se presenta la ubicación geográfica y las características de los puntos de monitoreo, los cuales se encuentran ubicados en las ciénagas el departamento del Atlántico.

Colocar información climática, y aspectos geográficos del área de estudio según lo que se encuentra en la bibliografía actual de la página www.es.climate-data.org/.

El punto de monitoreo se ubicó de acuerdo con el sistema de coordenadas geográficas WGS84 y coordenadas planas Magna Sirgas con origen Nacional, las coordenadas se relacionan en la **Tabla 19** y la ubicación geográfica en la **Figura 16**.

Tabla 19. Ubicación geográfica del punto de monitoreo.

Características del monitoreo								
Tipo de sistema				Sistema léntico y lótico				
Fecha: 24,25, 26,27, 28,31 de julio y 02 de agosto de 2023.				Georreferenciación				
ID	Hora	Cota (m.s.n.m)	Ciénaga	Punto	Coordenadas geográficas WGS84		Coordenadas origen nacional (m)	
					W	N	X	Y
206217	9:18		Ciénaga de Malambo	P1	74° 45' 44,039" W	10° 51' 45,079" N	480744 6,915	275890 5,693
206218	11:11		Ciénaga de Malambo	P2	74° 45' 27,011" W	10° 51' 14,080" N	480795 8,394	275795 0,548
206219	13:40		Ciénaga de Sabanagrande	P1	74° 44' 40,621" W	10° 47' 28,529" N	480932 7,229	275101 4,715
206220	15:50		Ciénaga de Sabanagrande	P2	74° 44' 48,390" W	10° 47' 13,031" N	480908 8,591	275054 0,046
206221	8:30		Ciénaga de Santo Tomás	P1	74° 44' 47,159" W	10° 45' 18,410" N	480910 5,919	274701 9,309
206222	11:00		Ciénaga De Santo Tomás	P2	74° 44' 43,148" W	10° 45' 43,988" N	480923 2,189	274780 4,234
206227	9:11		Ciénaga El Uvero	P1	74° 45' 34,042" W	10° 33' 21,010" N	480755 6,867	272499 2,744
206223	7:20		Ciénaga Paraíso	P1	74° 44' 20,321" W	10° 42' 9,072" N	480988 8,156	274119 9,258
206225	9:40		Ciénaga Luisa	P1	74° 44' 48,869" W	10° 44' 43,861" N	480904 7,947	274595 8,439
206168	11:50		Ciénaga Larga	P1	74° 44' 38,782" W	10° 43' 19,740" N	480933 9,666	274337 2,956





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 50 de 404

Características del monitoreo								
Tipo de sistema				Sistema lentic y lótico				
Fecha: 24,25, 26,27, 28,31 de julio y 02 de agosto de 2023.				Georreferenciación				
ID	Hora	Cota (m.s.n.m)	Ciénaga	Punto	Coordenadas geográficas WGS84		Coordenadas origen nacional (m)	
					W	N	X	Y
206224	14:05		Ciénaga Manatí	P1	74° 44' 29,872" W	10° 42' 50,771" N	480960 5,272	274248 1,65
206260	10:52		Río Magdalena	P1	74° 54' 25,470" W	10° 16' 4,220" N	479121 3,794	269324 0,829
206261	14:16		Río Magdalena	P2	74° 43' 50,680" W	10° 44' 41,880" N	481081 4,926	274588 7,585
206262	10:15		Río Magdalena	P3	74° 45' 22,860" W	10° 56' 26,430" N	480814 0,034	276754 3,666
206232	6:30		Ciénaga De Mallorquín	P1	74° 52' 5,711" W	11° 2' 42,911" N	479598 3,99	277918 1,443
206233	7:45		Ciénaga De Mallorquín	P2	74° 51' 8,050" W	11° 3' 5,461" N	479773 7,934	277986 3,232
206234	8:50		Ciénaga De Mallorquín	P3	74° 50' 53,621" W	11° 2' 39,419" N	479817 0,798	277906 0,583
206235	22:00		Ciénaga De Mallorquín	P4	74° 51' 33,750" W	11° 2' 18,798" N	479694 9,194	277843 4,726
206236	11:10		Ciénaga De Mallorquín	P5	74° 50' 37,748" W	11° 2' 8,779" N	479864 6,621	277811 6,464
206237	12:25		Ciénaga De Mallorquín	P6	74° 50' 3,149" W	11° 2' 34,091" N	479970 1,289	277888 7,494
206238	13:30		Ciénaga De Mallorquín	P7	74° 50' 33,968" W	11° 3' 26,150" N	479877 5,973	278049 2,34
206239	8:22		Ciénaga Del Rincón	P1	74° 53' 24,580" W	11° 0' 57,438" N	479357 0,341	277595 6,638
206240	9:13		Ciénaga Del Rincón	P2	74° 53' 32,172" W	11° 0' 51,750" N	479333 8,83	277578 3,371
206241	13:07		Ciénaga Del Rincón	P3	74° 53' 45,128" W	11° 0' 59,551" N	479294 7,153	277602 5,488
206242	11:04		Ciénaga Del Rincón	P4	74° 53' 36,220" W	11° 1' 9,220" N	479321 9,374	277632 0,78
206243	13:50		Ciénaga Del Rincón	P5	74° 53' 35,801" W	11° 1' 0,520" N	479323 0,407	277605 3,446
206244	11:50		Ciénaga Del Rincón	P6	74° 53' 5,561" W	11° 1' 12,990" N	479415 0,511	277643 0,718
206250	13:06		Ciénaga Los Manatíes	P1	74° 54' 30,600" W	11° 2' 27,200" N	479158 4,376	277872 6,627
206247	9:19		Ciénaga De Balboa	P1	74° 57' 57,971" W	10° 59' 3,520" N	478525 0,605	277251 0,607
206248	10:21		Ciénaga De Balboa	P2	74° 58' 36,300" W	10° 58' 44,551" N	478408 3,415	277193 5,539



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 51 de 404

Características del monitoreo								
Tipo de sistema				Sistema lentic y lótico				
Fecha: 24,25, 26,27, 28,31 de julio y 02 de agosto de 2023.				Georreferenciación				
ID	Hor a	Cota (m.s.n.m)	Ciénaga	Pu nto	Coordenadas geográficas WGS84		Coordenadas origen nacional (m)	
					W	N	X	Y
2062 49	12:4 6		Ciénaga De Balboa	P3	74° 59' 32,888" W	10° 58' 24,960" N	478236 1,829	277134 5,052
2062 45	9:35		Ciénaga Del Totumo	P1	75° 13' 59,138" W	10° 44' 10,090" N	475587 3,628	274526 5,309
2062 46	11:5 5		Ciénaga Del Totumo	P2	75° 14' 44,401" W	10° 43' 13,811" N	475448 5,842	274354 6,257
2062 28	8:25		Ciénaga De Tocagua	P1	75° 11' 8,002" W	10° 38' 6,400" N	476099 3,9	273405 4,639
2062 29	10:5 5		Ciénaga De Tocagua	P2	75° 10' 35,800" W	10° 37' 53,400" N	476196 9,741	273364 8,389
2062 30	10:0 4		Ciénaga De Luruaco	P1	75°9'5,60" W	10°36'38,2 0" N	476469 4,978	273131 9,036
2062 31	11:1 7		Ciénaga De Luruaco	P2	75° 9' 48,500" W	10° 36' 38,200" N	476339 1,131	273132 8,081
2062 15	7:10		Ciénaga De Mesolandia	P1	75° 9' 48,500" W	10° 36' 38,200" N	476339 1,131	273132 8,081
2062 16	9:55		Ciénaga De Mesolandia	P2	75° 9' 48,500" W	10° 36' 38,200" N	476339 1,131	273132 8,081
2062 51	8:39		Embalse El Guájaro	P1	75° 4' 53,569" W	10° 25' 33,982" N	477221 9,299	271086 2,238
2062 52	9:26		Embalse El Guájaro	P2	75° 3' 59,940" W	10° 26' 10,241" N	477385 7,402	271196 5,41
2062 53	10:1 3		Embalse El Guájaro	P3	75° 7' 5,200" W	10° 25' 40,638" N	476821 7,821	271109 3,284
2062 54	12:1 0		Embalse El Guájaro	P4	75° 7' 6,179" W	10° 27' 11,099" N	476820 6,672	271387 2,474
2062 55	13:0 9		Embalse El Guájaro	P5	75° 4' 48,079" W	10° 28' 54,750" N	477242 6,891	271702 8,683
2062 56	6:20		Embalse El Guájaro	P6	75° 4' 58,080" W	10° 30' 52,009" N	477214 6,696	272063 2,874
2062 57	8:25		Embalse El Guájaro	P7	75° 1' 47,759" W	10° 31' 30,630" N	477794 0,201	272178 1,352
2062 58	10:5 5		Embalse El Guájaro	P8	75° 2' 1,910" W	10° 34' 22,328" N	477754 4,3	272705 8,545
2062 59	13:1 0		Embalse El Guájaro	P9	75° 5' 3,690" W	10° 35' 52,620" N	477203 7,722	272986 8,752
2062 26	9:36		Ciénaga Manatí	P1	74°44'29,8 7"W	10°42'50,7 7" N	480960 5,320	274248 1,625

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., Año.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

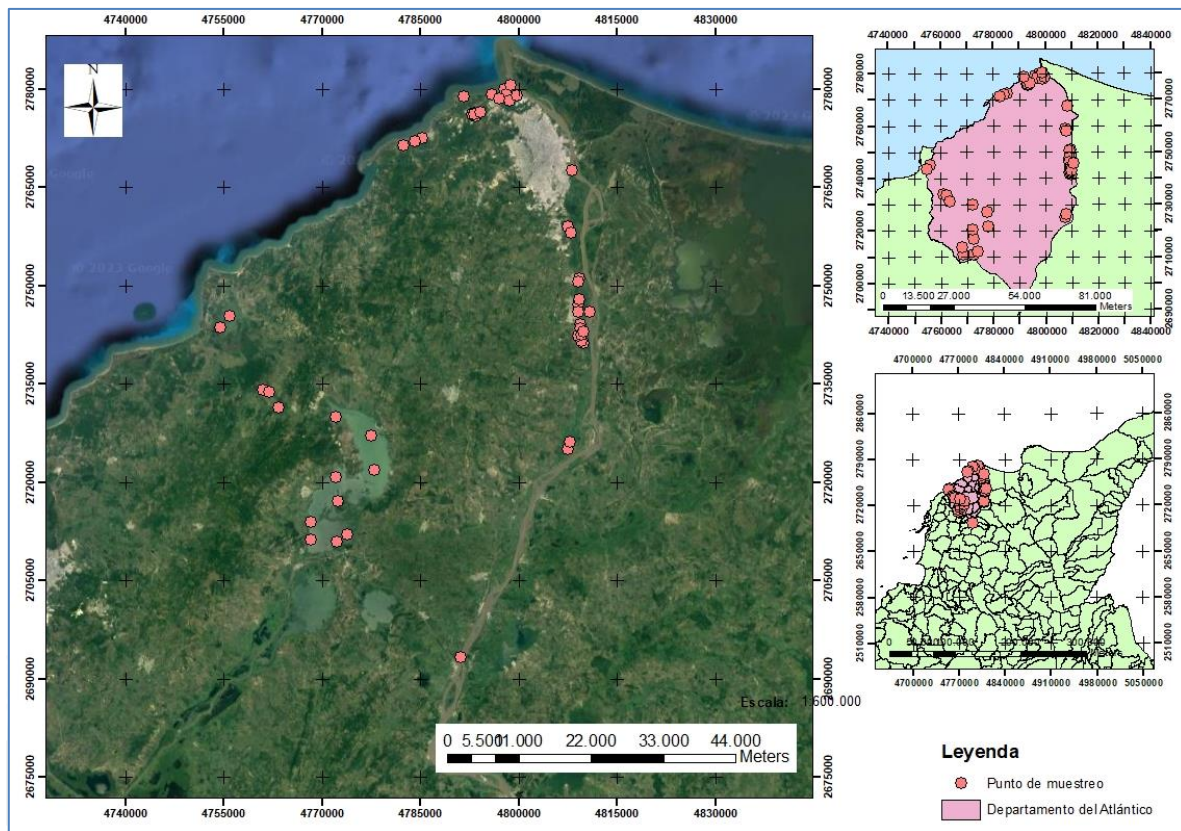


Figura 16. Localización geográfica de los puntos de monitoreo

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

4.4 Descripción metodológica

Los métodos empleados siguen los lineamientos y técnicas recomendados en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-U.S EPA en su Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories, y por la Asociación Americana de Trabajos del Agua- AWWA- en el American Standard Methods for Examination of Water and Wastewater Edición 23, 2017, además de la norma técnica Colombiana NTC-ISO 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorio de Ensayo y calibración (ICONTEC, 2005).



4.4.1 Etapa de campo

La recolección y preservación de las muestras de las comunidades hidrobiológicas monitoreadas se realizó de acuerdo con las metodologías consignadas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2017). En la **Tabla 20** se enlistan los métodos seguidos para la toma de cada uno de los parámetros estudiados.

Tabla 20. Listado de los métodos empleados para la toma de muestra

Parámetro	Método Muestreo
Fitoplancton	SM. 10200 B
Zooplancton	SM. 10200 B.
Macroinvertebrados bentónicos	SM.10500 B.
Macrófitas	SM. 10400 A y B
Perifiton	SM. 10300 B
Peces	SM. 10600 A, B, C, D..

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., Año.

La fase de campo inició con la preparación del plan de monitoreo (FO-PO-PSM-33-02) (**Anexo 1**), donde se tiene en cuenta los requerimientos de la orden de trabajo. Se realizó la verificación de equipos y materiales requeridos para el muestreo.

Ya en campo se procedió en cada uno de los puntos de monitoreo a registrar las condiciones ambientales del sistema (variables ambientales y aspectos físicos cualitativos) y de su área de influencia directa, posteriormente se realizó el muestreo para cada uno de los parámetros a evaluar.

La toma de muestras en campo se hizo conforme a lo establecido en los siguientes procedimientos internos de SERAMBIENTE S.A.S., avalados por el IDEAM. (se relacionan como en el ejemplo presentado a continuación)

- PO-PSM-35 Procedimiento para toma y procesamiento de muestras de plancton
- PO-PSM-36 Procedimiento para toma y procesamiento de muestras de perifiton
- PO-PSM-37 Procedimiento para toma y procesamiento de muestras de macroinvertebrados
- PO-PSM-38 Procedimiento para toma y procesamiento de muestras de peces.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 54 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

○ PO-PSM-39 Procedimiento para toma y procesamiento de macrófitas

A continuación, se describe brevemente los procedimientos y procesamientos llevados a cabo en campo, en la toma de muestra y preservación de cada uno de los componentes hidrobiológicos evaluados.

4.4.1.1 Fitoplancton

Debido a que se pretende tener información cualitativa y cuantitativa de la comunidad fitoplanctónica, se filtró en cada punto de monitoreo una muestra de agua con un volumen de 10-100L, la toma se realizó a nivel sub-superficial (25 cm de la superficie), haciendo uso de balde aforado y una red, con ojo de malla de 23 μ m para el filtrado.

Las muestras fueron fijadas *in situ* añadiendo 0,3 mL de Lugol por cada 100 mL y formalina tamponada agregando 2,5 mL por cada 100 mL de muestra, para una concentración final mínima del 2,5%. Las muestras fueron conservadas en un sitio oscuro y fresco hasta su posterior análisis.

Fotografía 1. Toma de muestras de fitoplancton en campo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

4.4.1.2 Zooplancton

Para la toma de muestra de zooplancton teniendo en cuenta que los puntos de monitoreo se encuentran en sistemas lenticos y lótico, con ayuda de un balde aforado se tomó agua a nivel superficial y se filtraron entre 10-100L de agua con una malla de 55 μ m. Posteriormente se lavaron desde su parte externa las paredes de la red con agua destilada utilizando un frasco lavador; de este modo se asegura que los organismos sean todos depositados en el vaso colector de la red.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 55 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

El material filtrado fue depositado en recipientes de 150 mL, estos fueron llenados por completo, para evitar el deterioro de la muestra por agitación y el desecamiento de organismo por la adhesión a las paredes del frasco.

Antes de la preservación de las muestras tomadas, estas fueron narcotizadas con 5 mL de cloruro de magnesio por cada 100 mL de muestra, durante 10 minutos, con el fin de evitar el estrés en los organismos, evitar la contracción de sus cuerpos y que su muerte sea poco traumática. Pasado este tiempo las muestras fueron fijadas con formalina tamponada al 5%, añadiendo 5 mL por cada 100 mL de muestra, para una concentración final de 5%. Las muestras al final fueron ubicadas en un sitio oscuro y fresco hasta su posterior análisis.

4.4.1.3 Perifiton

Para la toma de muestra de perifiton se procedió a identificar sustratos naturales con posibles colonias de esta comunidad (rocas, ramas y partes de macrófitas). Una vez localizadas las colonias y utilizando cuadrantes de film plásticos de diferentes medidas (hasta lograr coleccionar un área aproximada de 100 cm²) y un cepillo de cerda suave se realizó la remoción, luego lavando con agua limpia en el recipiente donde se preserva la muestra se da por sentado la recolecta de la muestra. En ocasiones en el frasco colector se depositan segmentos de macrófitas, que se encuentren sumergidos (unos centímetros más largos que el sector de interés).

La muestra fue preservada con lugol (0,3mL de lugol por 100mL de la muestra) y formalina tamponada (2,5mL por cada 100mL de muestra). Adicionalmente esta es conservada en un lugar fresco y oscuro, para evitar su exposición al ambiente donde podrían contaminarse o deteriorar.

4.4.1.4 Macroinvertebrados bentónicos

La toma de muestra para este componente hidrobiológico se realizó haciendo uso de una draga. El tamaño de la muestra fue de 0,9m². Se realizó lanzamiento de la draga en

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 56 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

cada uno de los puntos de monitoreo; seguidamente se realizó el tamizaje del sedimento recolectado. Los organismos recolectados se separaron cuidadosamente con pinzas entomológicas de punta fina y fueron depositados en frascos plásticos previamente rotulados y se fijó con etanol al 70%.

4.4.1.5 Macrófitas

La estimación de cobertura de macrófitas consistió en la proyección de un transecto de 10 m en el área de muestreo, según el criterio del biólogo, teniendo en cuenta todas las características del sistema. Sobre el transecto se colocan unos marcos cuadrados de PVC de 1m² (subdividido en cuadrados de 0,04 m²), con los cuales se hicieron las estimaciones de presencia y coberturas de las especies que queden dentro del marco. Cuando las muestras no pueden ser identificadas en campo, se procede a tomar fotografías *in situ*.

4.4.1.6 Peces

Para la recolecta de peces se realizaron capturas de individuos mediante uso de atarraya con un esfuerzo de esca de 20 lances de atarraya por punto de monitoreo. Durante las faenas de pesca los peces capturados, fueron depositados en recipientes con agua hasta terminar la faena de muestreo, esto para evitar la recaptura. Culminada la faena de muestreo se identificaron *In situ* hasta el nivel taxonómico más bajo posible y los individuos fueron devueltos con vida al agua. Posteriormente, representantes de cada morfoespecie fueron fotografiados, con el fin de registrar la coloración en vivo.

El procedimiento para toma y procesamiento de muestras de peces interno de SERAMBIENTE S.A.S, indica que los organismos deben ser identificados en campo, hasta la categoría taxonómica más baja posible, o su nombre común. De igual forma, se tomaron fotografías y son reportadas al personal de laboratorio para corroborar la información.

4.4.2 Etapa de laboratorio

Los métodos empleados para el análisis se describen en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Listado de los métodos empleados para el análisis de las muestras

Parámetro	Método Muestreo
Fitoplancton	SM.10200 F.
Zooplancton	SM.10200 G
Macroinvertebrados bentónicos	SM. 10500 D.
Macrófitas acuáticas	SM. 10400 D.
Peces	SM. 10600 A, B, C, D.
Perifiton	SM. 10300 C.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., AÑO.

El análisis en laboratorio se realizó teniendo en cuenta los siguientes procedimientos internos de SERAMBIENTE S.A.S, se relacionan como en el ejemplo:

- PO-PSM-33 Procedimientos de control de calidad para variables hidrobiológicas.
- PO-PSM-40 Procedimiento para determinación taxonómica y cuantificación de muestras de plancton.
- PO-PSM-41: Procedimiento para la determinación taxonómica y cuantificación de muestras de perifiton.
- PO-PSM-42: Procedimiento para determinación taxonómica y cuantificación de muestras de macroinvertebrados.

4.4.2.1 Plancton

La identificación y conteo de fitoplancton y zooplancton se realizó mediante microscopía óptica sobre una cámara de SEDGEWICK-RAFTER. La muestra preservada y almacenada se homogenizó para separar las partículas que se encontraran generando cúmulos, luego con la ayuda de una micropipeta se depositó aproximadamente 1 mL en la cámara y se instaló en el microscopio invertido marca AmScope, para su conteo e identificación se usaron objetivos de 4X, 10X, 25X y 40X. Se usaron iconografías y descripciones especializadas para la determinación taxonómica. Los datos de conteo se registraron en el formato "planilla de registro de taxones, conteo y recuento de parámetros

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 58 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

hidrobiológicos”. Se tomaron fotografías de los organismos como evidencia del procedimiento.

La identificación taxonómica se realizó empleando iconografías y descripciones especializadas para su determinación taxonómica:

4.4.2.1.1 Fitoplancton

Bourrelly (1966, 1968, 1985); Prescott *et al.* (1982); Strebel y Krauter (1988); Huber-Pestalozzi (1961; 1983), Ramírez (2000); la clasificación taxonómica fue confirmada con ayuda de Algaebase.

4.4.2.1.2 Zooplancton

Koste (1978), Gaviria (2000), Reid (1995), Elías (2008) la clasificación taxonómica fue confirmada con ayuda de ITIS (Integrated Taxonomic Information System).

4.4.2.2 Perifiton

La identificación y conteo de perifiton se llevó a cabo mediante la utilización de la cámara SEDGWICK-RAFTER. La muestra preservada y almacenada proveniente del raspado *in-situ* de algún sustrato en campo se homogeniza para separar partículas que se encuentren formando cúmulos, luego con la ayuda de una micropipeta se depositó aproximadamente 1mL en la cámara y se instaló en el microscopio invertido marca AmScope, para su conteo e identificación se usaron objetivos de 4X, 10X, 25X y 40X. Se usó iconografías y descripciones especializadas para la determinación taxonómica. Los datos de conteo se registraron en el formato “planilla de registro de taxones, conteo y recuento de parámetros hidrobiológicos”. Se tomaron fotografías de los organismos como evidencia del procedimiento de análisis de las muestras.

Entre la bibliografía usada para la identificación de especies se encuentran Stevenson *et al.* (1996), Moura (1997), Hoagland *et al.* (1982), Moreno-Rodriguez (2017), entre otros.

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 59 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

4.4.2.3 Macroinvertebrados bentónicos

Los organismos capturados y fijados se determinaron a nivel de familia, usando un estéreo-microscopio 50x Zoom. Para la determinación taxonómica se emplearon claves y descripciones taxonómicas especializadas: Roldán (1996); Angrisano *et al.* (2001), Salazar-Vallejo *et al.* (1988), Diaz y Puyana (1994), Moreno-Rodriguez, 2017.

4.4.2.4 Macrófitas

Se identificó la presencia o ausencia de plantas *in situ*, ayudados de claves e ilustraciones taxonómicas, para su identificación tales como Kahn *et al.* (1993), la guía identificación y caracterización de grupos biológicos del instituto Humboldt-Fundación Omacha (2015). Cuando se observan macrófitas su verificación se realiza teniendo en cuenta la información que reposa en la página web del herbario de la universidad nacional.

4.4.2.5 Peces

La corroboración de la identificación de las especies observadas, registradas y capturadas *in situ* se realizó empleando diversas claves y guías para peces: Eigenmann (1922), Schultz (1944), Miles (1947), Dahl (1971), Géry (1977), Nelson (1984), Maldonado-Ocampo *et al.* (2005), Buitrago (2007), Maldonado-Ocampo *et al.* (2008), INCODER (2007), Montoya-López (2013) entre otros.

4.5 Análisis de información

Los datos de Comunidades Hidrobiológicas se organizaron por especies en una matriz empleando el programa Microsoft Excel para Windows 2019, donde se registraron las densidades obtenidas teniendo en cuenta el punto de monitoreo. A partir de estas se construyeron gráficos a fin de establecer el aporte a la densidad por parte de los diferentes grupos taxonómicos y su distribución en el área de estudio.

Posteriormente, se calcularon índices ecológicos que permitieron confluir un gran número de variables bióticas (especies-morfoespecies) y datos en un solo valor característico para una comunidad. Para esto se utilizó el programa estadístico Past

versión 3.0, determinando la riqueza de Margalef (d), uniformidad de Pielou (J'), dominancia (D) y diversidad de Shannon (H' bits) detallados en la Tabla 22.

Tabla 22. Índices ecológicos

Índices	Concepto	Formula	Variables	Rango
Equidad de Pielou (J')	Mide la proporción de la diversidad observada con la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001), indica la uniformidad de las especies una muestra, donde los valores más cercanos a uno muestran mayor uniformidad.	$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$	J': Índice de Pielou H': Índice de Shannon-Wiener.	0- 1
Dominancia de Simpson (D)	Mide la probabilidad de que dos individuos de una muestra tomados al azar sean de la misma especie, está influenciado por las especies más dominantes (Moreno,2001). Los valores más cercanos a uno indican la dominancia de una o dos especies.	$D_s = \frac{\sum N(n-1)}{N(N-1)}$	D: Índice de Simpson. n: Número de individuos de la especie i. N: Número total de individuos.	0-1
Índice de Shannon Wiener (Diversidad)	Tiene en cuenta la igualdad en el número de organismos por especie (abundancia), un sistema es más diverso cuanto mayor sea la igualdad en las abundancias. X<1,5, Aguas muy contaminadas; 1,5<X<3,	$H' = - \sum p_i \ln(p_i)$ $p_i = \frac{N_i}{N}$	H': Índice de Shannon-Wiener. Pi: Abundancia relativa de la especie i. Ni: Número de individuos de la especie i. N: Número total de especies.	0 - 5 Con algunas excepciones supera el valor máximo



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 61 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Índices	Concepto	Formula	Variables	Rango
	Aguas ligeramente contaminadas. $3 < X$, Aguas muy limpias (Moreno, 2001).			
Índice de Margalef ($D\alpha$)	Es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969)	$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$	S = número de especies N = número total de individuos	$D\alpha < 2$ = zonas de baja biodiversidad $D\alpha > 5$ = Zonas alta biodiversidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., Año.

Para los Macroinvertebrados se aplicarán los índices BMWP/Col y ASTP, cuyo cálculo se indica a continuación:

BMWP: El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Naididae, reciben una puntuación de 1 (Armitage et al. 1983). La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. En la Tabla 23 se detalla el puntaje BMWP para Colombia propuesto por Roldán (2003). La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje ASPT: Se calculó dividiendo el BMWP por el número de familias. Los valores se encuentran en un rango entre 0 y 10 y expresan el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados encontradas (**Tabla 24**).

Tabla 23. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

Parámetros	Método
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 62 de 404

Parámetros	Método
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae, Trichodactylidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coroxidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Neritidae, Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Coenagrionidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymneidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Planorbidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Naididae	1

Fuente: G. Roldán, "Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col." Ed. Universidad de Antioquia. Colección de Ciencia y tecnología. Medellín, 2003.

Tabla 24. Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col. y ASPT, Significado y colores para representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	BMWP/Col	ASPT	Significado	Color
I	Buena	>150	> 9 - 10	Aguas muy limpias	
		102-120	> 8	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	> 6	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	> 4	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Critica	16-35	> 3	Aguas muy contaminadas	
V	Muy critica	<15	1-mar	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: G. Roldán, "Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col." Ed. Universidad de Antioquia. Colección de Ciencia y tecnología. Medellín, 2003.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 63 de 404

4.5.1 Incertidumbre del resultado ($U_{\pm}$)

En el **Anexo 6** se presentan las incertidumbres de los resultados asociados a cada parámetro y punto evaluado, del mismo modo se relaciona el cálculo de la probabilidad de aceptación falsa, probabilidad de aceptación verdadera y el nivel de riesgo asociado a la regla de decisión empleada.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



5. RESULTADOS

5.1 Cuenca Río Magdalena

5.1.1 Ciénaga de Malambo

5.1.1.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga Malambo estuvo conformada por diez (10) morfoespecies, vinculadas a tres (3) divisiones, cinco (5) clases, siete (7) órdenes y ocho (8) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 25**.

Tabla 25. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la ciénaga Malambo.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 65 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Cyanobacteriota	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Sphaeropleaceae	Ankyra sp
			Chlorellaceae	Actinastrum sp1
	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Microcoleaceae	Planktothrix sp
		Synechococcales	Merismopediaceae	Arthrospira sp
				Aphanocapsa sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Aphanocapsa sp2
	Mediophyceae	Stephanodiscaceae	Stephanodiscaceae	Navicula sp
	Xanthophyceae	Mischococcales	Pleurochloridaceae	Cyclotella sp
3	5	7	8	10

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Arthrospira* sp con 147380000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Isthmochloron* sp, con 40000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

El género *Arthrospira* sp, se caracteriza por que estos microorganismos proliferan en aguas muy mineralizadas (Whitton, 1992).

Tabla 26. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga Malambo.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	60000,00	60000,00
<i>Ankyra</i> sp	0,00	60000,00	60000,00
<i>Actinastrum</i> sp1	120000,00	180000,00	300000,00
<i>Planktothrix</i> sp	30520000,00	12820000,00	43340000,00
<i>Arthrospira</i> sp	91040000,00	56340000,00	147380000,00
<i>Aphanocapsa</i> sp1	3860000,00	0,00	3860000,00
<i>Aphanocapsa</i> sp2	10260000,00	7640000,00	17900000,00
<i>Navicula</i> sp	3560000,00	2080000,00	5640000,00
<i>Cyclotella</i> sp	6500000,00	2860000,00	9360000,00
<i>Isthmochloron</i> sp	20000,00	20000,00	40000,00
Total	145880000,00	82060000,00	227940000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

Tabla 27. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga Malambo.

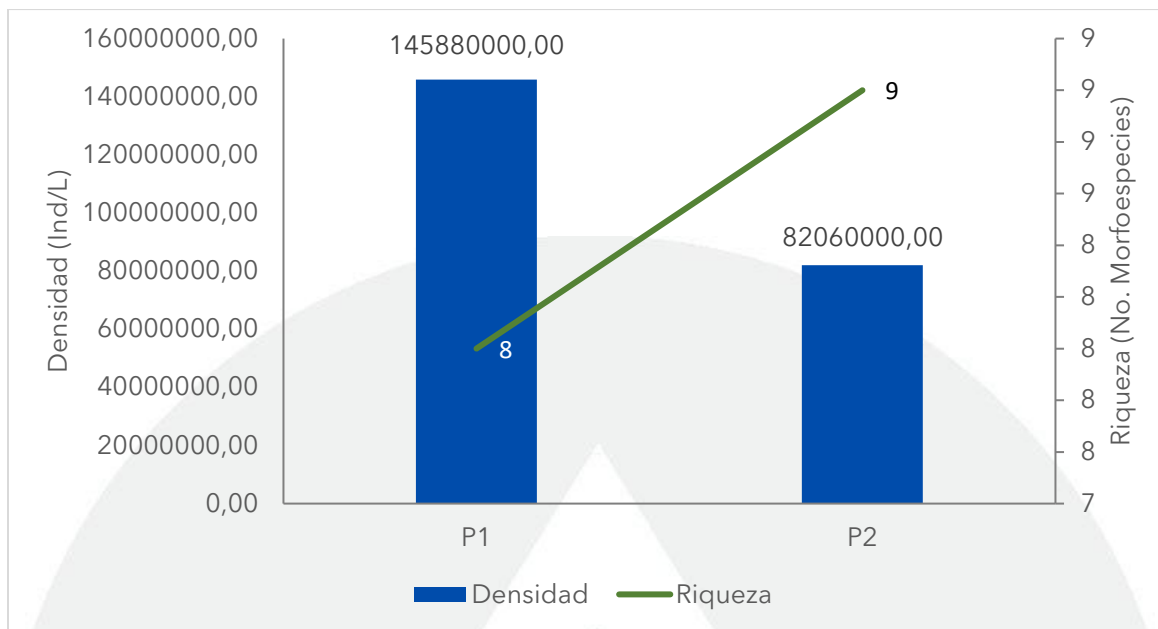
Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	0,07
<i>Ankyra</i> sp	0,00	0,07
<i>Actinastrum</i> sp1	0,08	0,22
<i>Planktothrix</i> sp	20,92	15,62
<i>Arthrospira</i> sp	62,41	68,66
<i>Aphanocapsa</i> sp1	2,65	0,00
<i>Aphanocapsa</i> sp2	7,03	9,31
<i>Navicula</i> sp	2,44	2,53
<i>Cyclotella</i> sp	4,46	3,49
<i>Isthmochloron</i> sp	0,01	0,02
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton obtuvo una densidad total de 227940000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P1" donde reportó 145880000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 8-9 morfoespecies, siendo mayor en el punto "P2" (**Gráfica 1**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah *et al.*, (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.





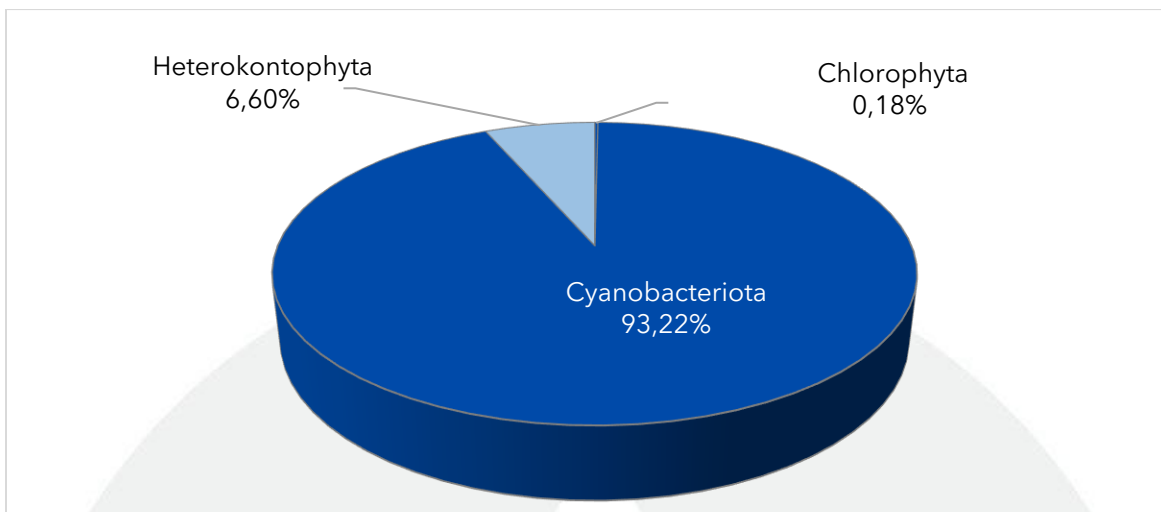
Gráfica 1. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la ciénaga Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 93,22% de proporción, seguido de Heterokontophyta (6,60%) y Chlorophyta (0,18%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).

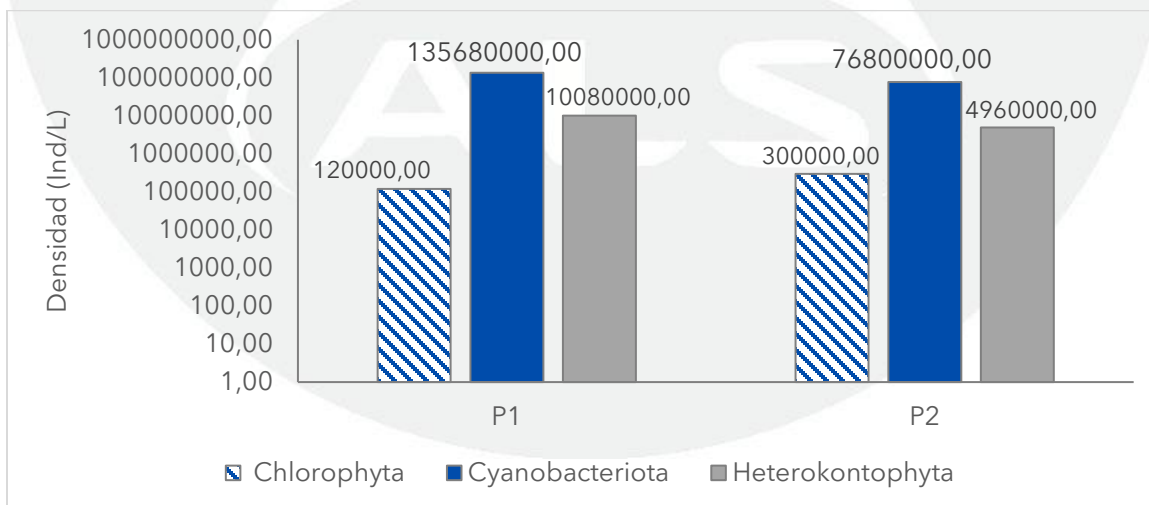




Gráfica 2. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Cyanobacteriota dominaron las densidades en los dos (2) puntos muestreados; siendo mayor en el punto "P1" con 135680000,00 Ind/L, así mismo, Heterokontophyta registró su máximo en este mismo punto con 10080000,00 Ind/L. Finalmente, Chlorophyta realizó su mayor aporte en el punto "P2" con 300000,00 Ind/L (**Gráfica 3**).



Gráfica 3. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga Malambo por punto de monitoreo.

**: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica*

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,01 y 1,14, siendo máximo en el punto "P1"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores medios de 0,46 a 0,55, siendo máximo en el punto "P1" lo cual responde a una uniformidad en la distribución de las abundancias de las morfoespecies en el ensamblaje. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores consistentes con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 28. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Índices	P1	P2
Taxa_S	8	9
Individuals	145880000,00	82060000,00
Dominance_D	0,44	0,51
Shannon_H	1,14	1,01





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 70 de 404

Índices	P1	P2
Margalef	0,37	0,44
Equitability_J	0,55	0,46

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la ciénaga Malambo:

Tabla 29. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

Arthrospira sp	Aphanocapsa sp2	Aphanocapsa sp1
Navicula sp	Planktothrix sp	Pediatrum duplex

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 71 de 404

5.1.1.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.1.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por 11 morfoespecies vinculadas a cuatro (4) divisiones, igual número de clases, nueve (9) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 30. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la ciénaga Malambo

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
		Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp1
				<i>Scenedesmus</i> sp2
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp1
				<i>Oscillatoria</i> sp3
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus</i> sp1
		Euglenida	Euglenidae	<i>Euglena</i> sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
4	4	9	9	11

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



Las morfoespecies más abundantes fueron *Navicula* sp1 y *Oscillatoria* sp3 con 6473,20 Ind/cm² y 3459,87 Ind/cm², respectivamente; mientras que, las morfoespecies menos representativas fueron *Euglena* sp1 y *Eunotia* sp1 cada una con 21,73 Ind/cm² (**Tabla 31**).

Con respecto al género *Navicula*, Cox (1994) destaca que, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

El género *Oscillatoria*, frecuenta ambientes con alta polución orgánica y con grandes cantidades de nutrientes en particular de nitratos, ya que estos últimos son claves en los procesos de fijación (Peralta & Fuentes, 2005).

Tabla 31. Densidad (Ind/cm²) de las morfoespecies perifíticas en la ciénaga Malambo.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)		
	P1	P2	Total
<i>Oedogonium</i> sp	266,93	0,00	266,93
<i>Scenedesmus</i> sp1	0,00	54,33	54,33
<i>Scenedesmus</i> sp2	0,00	32,60	32,60
<i>Oscillatoria</i> sp1	0,00	163,00	163,00
<i>Oscillatoria</i> sp3	3459,87	0,00	3459,87
<i>Phacus</i> sp1	30,80	0,00	30,80
<i>Euglena</i> sp1	0,00	21,73	21,73
<i>Nitzschia</i> sp1	616,00	108,67	724,67
<i>Gomphonema</i> sp1	533,87	0,00	533,87
<i>Navicula</i> sp1	2474,27	3998,93	6473,20
<i>Eunotia</i> sp1	0,00	21,73	21,73
Total	7381,73	4401,00	11782,73

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

Tabla 32. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la ciénaga Malambo.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Oedogonium</i> sp	3,62	0,00
<i>Scenedesmus</i> sp1	0,00	1,23
<i>Scenedesmus</i> sp2	0,00	0,74
<i>Oscillatoria</i> sp1	0,00	3,70
<i>Oscillatoria</i> sp3	46,87	0,00
<i>Phacus</i> sp1	0,42	0,00
<i>Euglena</i> sp1	0,00	0,49





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

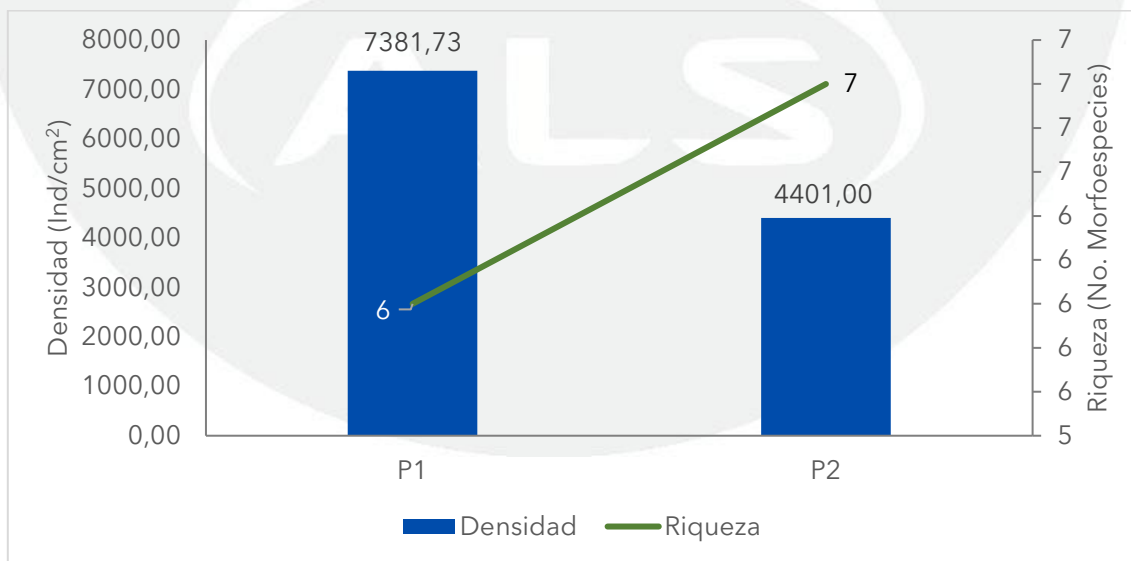
Página 74 de 404

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Nitzschia</i> sp1	8,34	2,47
<i>Gomphonema</i> sp1	7,23	0,00
<i>Navicula</i> sp1	33,52	90,86
<i>Eunotia</i> sp1	0,00	0,49
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La densidad total de perifiton reportada en la ciénaga Malambo registró un valor de 11782,73 Ind/cm², obteniendo su valor más alto en el punto "P1", con un valor de 7381,73 Ind/cm²; por su parte, la riqueza obtuvo un rango de 6-7 morfoespecies y su máximo valor se registró en el punto "P2" (**Gráfica 4**).

La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson *et al.*, 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.



Gráfica 4. Densidad (Ind/cm²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en la ciénaga Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

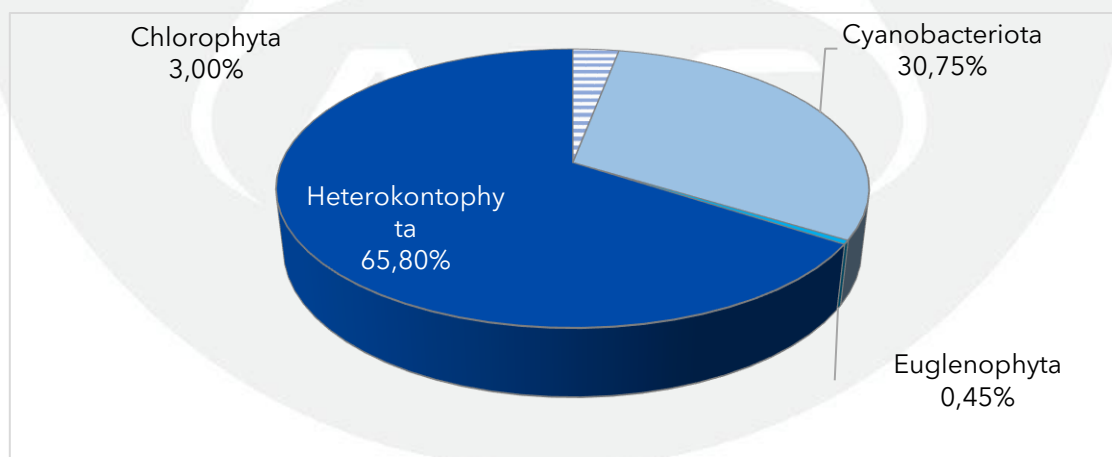
part of
ALS Limited



En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 65,80%, seguida de Cyanobacteriota 30,75%; mientras que, las menores representaciones estuvieron asociadas a Chlorophyta (3,00%) y Euglenophyta (0,45%) (**Gráfica 5**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



Gráfica 5. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registradas en la ciénaga Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

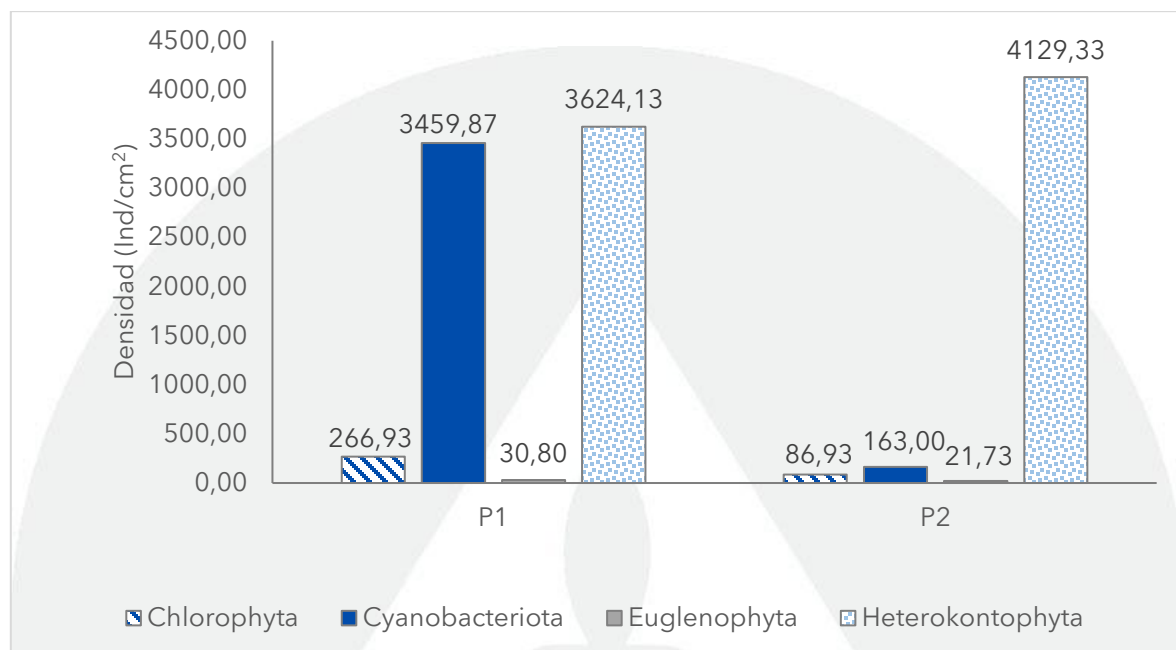
La división Heterokontophyta dominó en los puntos muestreados, presentando su mayor densidad en el punto P2, con un valor de 4129,33 Ind/cm²; por su parte, Cyanobacteriota,





Chlorophyta y Euglenophyta presentaron su mayor contribución en el punto P1 con densidades de 3459,87 Ind/cm², 266,93 Ind/cm² y 30,80 Ind/cm², respectivamente.

(Gráfica 6).



Gráfica 6. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en la ciénaga Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 0,44 y 1,26, siendo máximo en el punto "P1"; los valores inferiores a dos (2) de este índice se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja con efectos de la contaminación, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores entre 0,23 y 0,70, siendo el valor del punto "P2" de alta equitatividad. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valor bajo en el punto "P1", siendo esto consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 77 de 404

El índice de Margalef registró valores bajos inferiores a dos, según Margalef (1983) es consistente con sistemas de baja riqueza (**Tabla 33**).

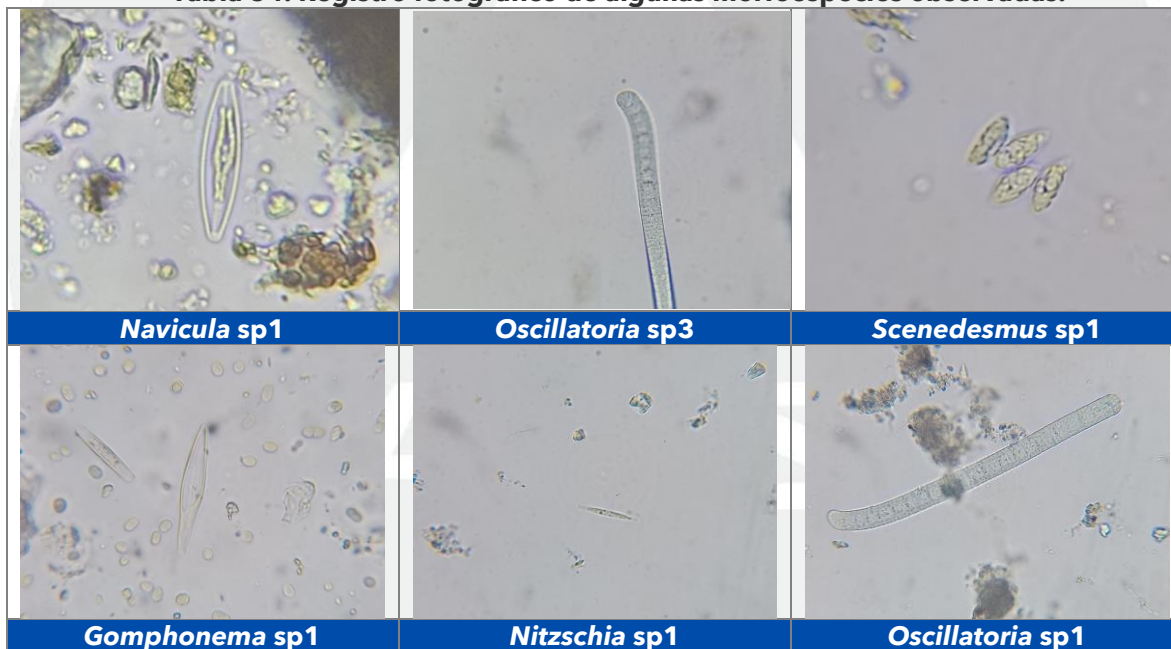
Tabla 33. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Indices	P1	P2
Taxa_S	6	7
Individuals	7381,73	4401,00
Dominance_D	0,35	0,83
Shannon_H	1,26	0,44
Margalef	0,56	0,72
Equitability_J	0,70	0,23

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 34. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.1.4 Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos comprenden aquellos organismos asociados al fondo de los ríos, lagos y ciénagas que por lo general son visibles al ojo humano ya que su tamaño es mayor a 0,3 mm de longitud. Son mayormente sedentarios y cumplen parte de su ciclo vital en el medio acuático (Termeus, *et al.*, 2012)., pertenecen a un grupo taxonómicamente muy diverso en el que se incluyen clases como la Insecta, Crustácea, Oligochaeta, Malacostraca, Turbellaria, Artrópodos, Arachnoidea y Mollusca, principalmente de insectos en su fase larvaria. Los macroinvertebrados juegan un papel importante en todos los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos, son un enlace importante para la transferencia de energía a diversos niveles tróficos de las cadenas alimentarias acuáticas (Malmqvist, *et al.*, 2004), aceleran los procesos de descomposición de detritos y contribuyen al reciclaje de nutrientes (Hanson, *et al.*, 2010); además, consumen gran cantidad de algas y otros microorganismos asociados con el perifiton en los ríos o con el plancton en los lagos y, muchas veces, este consumo aumenta la productividad primaria, ya que se elimina el tejido poco productivo y se mineralizan los nutrientes (Allan y Castillo, 2007).

En la ciénaga de Malambo, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por cuatro (4) morfoespecies, las cuales se encontraron distribuidas en dos (2) phyla, dos (2) clases, cuatro (4) órdenes y cuatro (4) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 35**.

Tabla 35. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga Malambo.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae morfo 1
Mollusca	Gastropoda	Ampullariida	Ampullariidae	<i>Marisa cornuarietis</i>
		Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>
		Lymnaeida	Planorbidae	<i>Drepanotrema sp</i>
2	2	4	4	4

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Melanoides cornuarietis fue la morfoespecie de mayor abundancia en la ciénaga Malambo, con una densidad de 6,67 Ind/m² en P1, constituyendo más del 87,51% de la abundancia relativa en el punto de muestreo (**Tabla 36**). *M. cornuarietis* se alimenta



principalmente de algas filamentosas y diatomeas epifitas, se relaciona con alta concentración de materia orgánica (Quiros *et al.*,2017). En tanto que Robins (1971) indica que es una especie omnívora, pero se alimentan principalmente de plantas acuáticas vivas y en descomposición.

Tabla 36. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Malambo.

Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
Chironomidae morfo 1	0,00	2,22	2,22	0,00	50,00
<i>Drepanotrema sp</i>	0,00	2,22	2,22	0,00	50,00
<i>Marisa cornuarietis</i>	6,67	0,00	6,67	85,71	0,00
<i>Melanoides tuberculatus</i>	1,11	0,00	1,11	14,29	0,00
Total	7,78	4,44	12,22	100,00	100,00

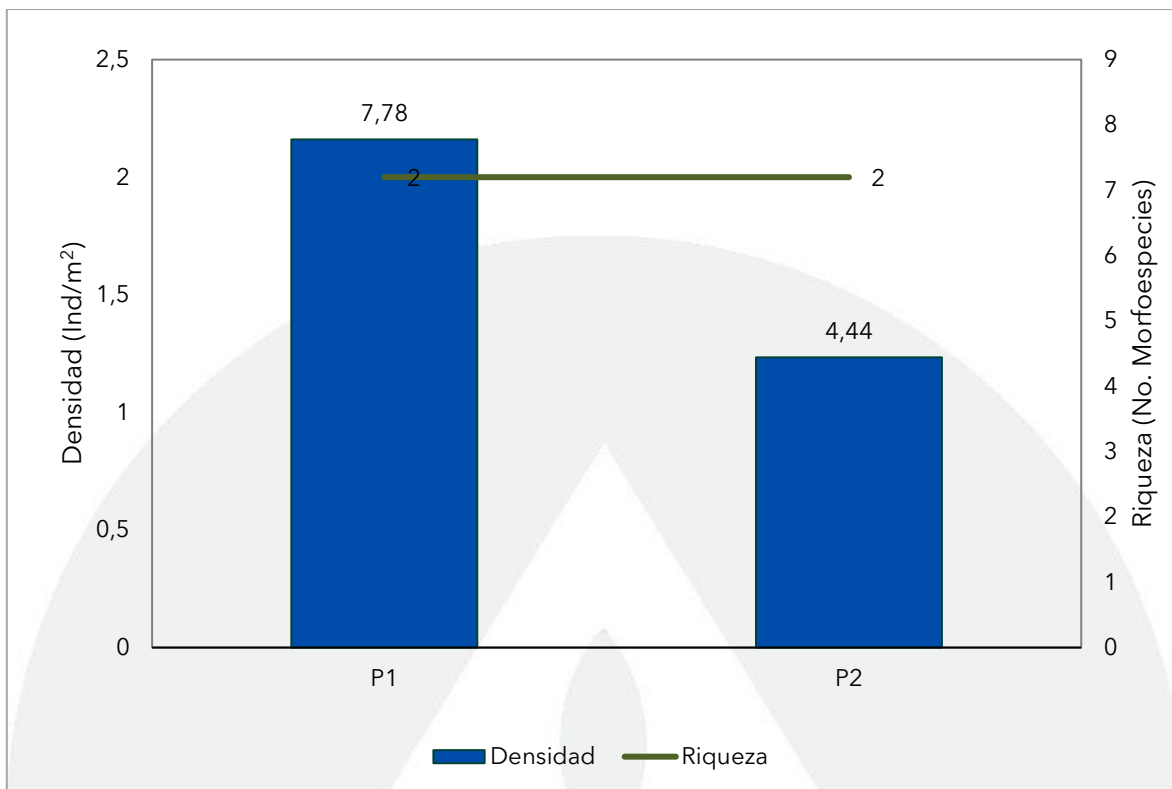
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

La densidad de Macroinvertebrados bentónicos fue relativamente baja en la ciénaga, y su valor máximo fue registrado en P1 con 7,78 Ind/m². La riqueza permaneció constante, registrando un valor de dos morfoespecies en los dos puntos muestreados (**Gráfica 7**).

En general, las diferencias observadas en la densidad bentónica entre los puntos muestreados fueron bajas y éstas se encuentran explicadas por los aportes de *Marisa cornuarietis* en P1, ausente en P2.

La distribución de los macroinvertebrados en ecosistemas lenticos se relaciona con la vegetación flotante, la cual constituye un sustrato y refugio para una gran diversidad de comunidades bentónicas (Quiroz *et al.*,2010). De igual manera Ramírez y Viña (1998), resumen la importancia de las comunidades de macrófitas en cuanto a que confieren estabilidad al terreno, generan la vía trófica directa y la detritica, diversifica la vía trófica y constituye la base para el desarrollo de una abundante y diversa comunidad de organismos asociados.



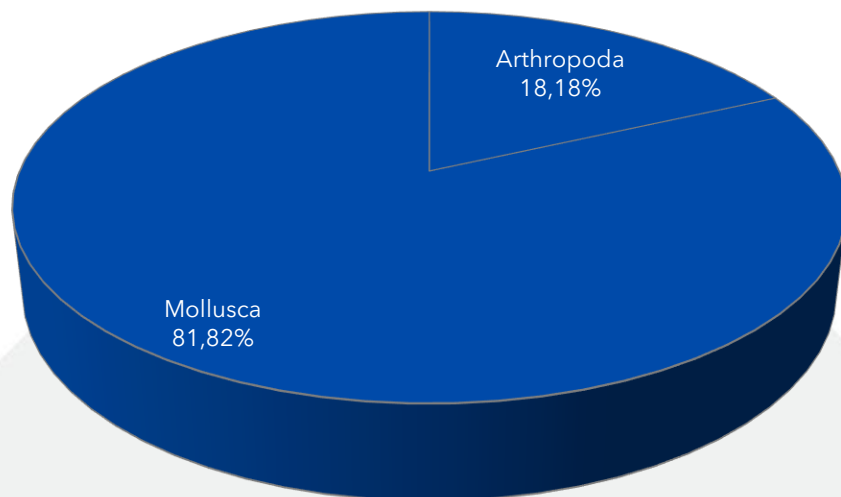


Gráfica 7. Densidad (Ind/m²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las contribuciones a la densidad total estuvieron caracterizadas por aportes del phylum Mollusca representados en un 81,82% del valor total, seguida de Arthropoda con el 18,09% (**Gráfica 8**). La dominancia de estos taxones del phylum Mollusca no es sorprendente en ecosistemas como la ciénaga Malambo, que cuenta con un ambiente bentónico rico en materia orgánica y propicio para el establecimiento de estos organismos que utilizan el detritus como fuente de alimento. Wanganeo *et al.* (2011) señala que especies de Mollusca caracterizan a aguas alcalinas y fondos ricos en materia orgánica ya que éstas pueden sobrevivir en condiciones de oxígeno muy bajas (Sharma,1986).

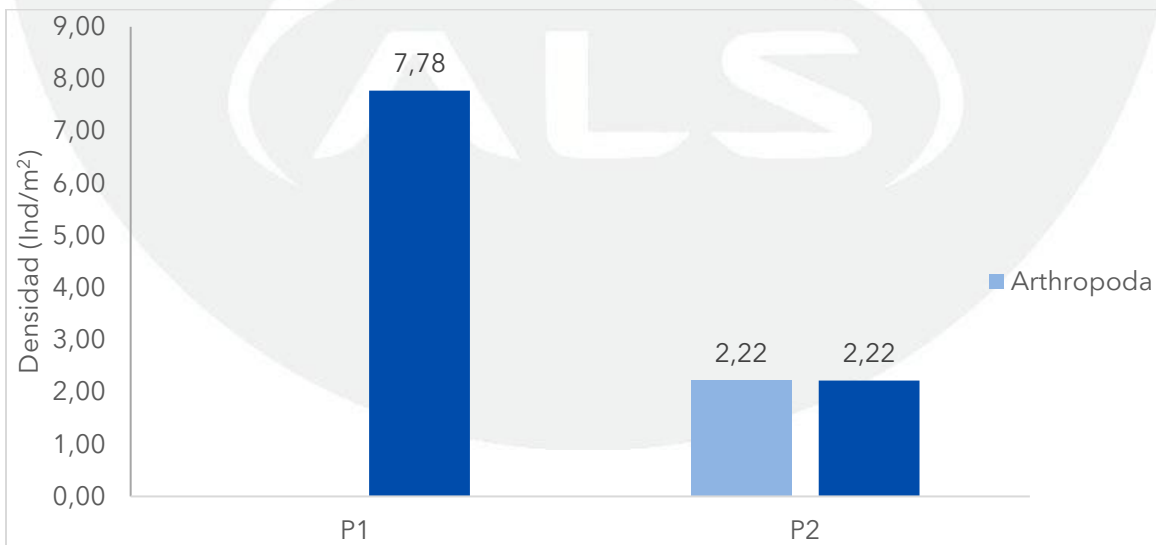




Gráfica 8. Contribución porcentual de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial la clase Mollusca continuó con su patrón de dominancia en ambos puntos de muestreo, y estuvo mejor representada en P2, donde registró 2244,44 Ind/m²; Bivalvia obtuvo contribuciones bajas y estuvo asociada únicamente a P2 con aportes de 3,70 Ind/m² (**Gráfica 9**).



Gráfica 9. Contribución de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 82 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Dado que la riqueza (Taxa_S) en la ciénaga Malambo fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.1.5 Peces

La comunidad íctica en la ciénaga de Malambo, durante el monitoreo estuvo conformada por dos (2) especies, las cuales estuvieron distribuidas taxonómicamente en un (1) phylum, e igual número de clases, un (1) orden y una (1) familia, cuya clasificación taxonómica se encuentra en detalle en la **Tabla 37**.

Tabla 37. Clasificación taxonómica de las especies ícticas reportadas en la ciénaga de Malambo.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Cichliformes	Cichlidae	<i>Caquetaia kraussi</i>
				<i>Oreochromis niloticus</i>
1	1	1	1	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La especie de mayor abundancia fue *Caquetaia kraussi*, ya que reportó 15,00 individuos representados en 60,00% de la abundancia relativa del punto de monitoreo P1. En cuanto a *Oreochromis niloticus*, registró 7,00 individuos y fue más representativa en P2 donde realizó el 100,00% de los aportes (**Tabla 38**).

C.kraussi es una especie nativa de Colombia y Venezuela, distribuida en la cuenca media y baja de los ríos Atrato, Sinú, San Jorge, Cesar, Arauca, Cauca y Magdalena. Habita en aguas tranquilas de las tierras bajas (ciénagas) y quebradas de suave corriente de aguas dulces o salinidad muy baja (Dahl, 1971).

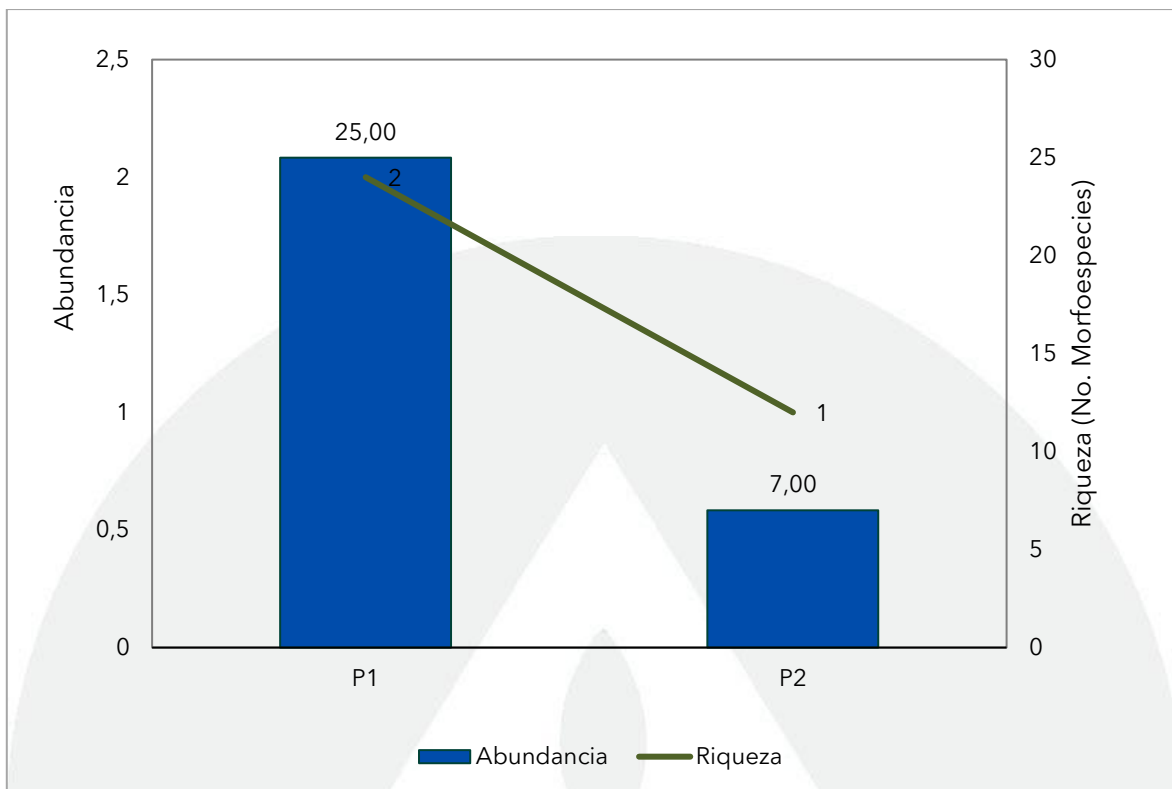
Tabla 38. Abundancia y abundancia relativa de especies ícticas reportadas en la ciénaga Malambo.

Morfoespecie	No.Individuos			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Caquetaia kraussi</i>	15,00	0,00	15,00	60,00	00,00
<i>Oreochromis niloticus</i>	10,00	7,00	17,00	40,00	100,00
Total	25,00	7,00	32,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La abundancia total en la ciénaga fue de 32,00 individuos, el punto de monitoreo con mayor captura fue P1, el cual obtuvo 25,00 individuos; la riqueza obtuvo entre uno y dos morfoespecies, siendo P1 el de mayor valor (**Gráfica 10**).





Gráfica 10. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en la ciénaga de Malambo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Debido a la baja riqueza reportada en el área de estudio los índices de diversidad no fueron calculados, ya que el número de morfoespecies por punto fue menor a 5.





5.1.1.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga de Malambo no se reportaron morfoespecies de macrófitas durante el período de monitoreo.

La distribución de las macrófitas depende de varios factores, principalmente la velocidad del agua, sus características fisicoquímicas y las del sedimento, o la sombra de la vegetación ribereña (Arocena y Mazzeo, 1994). Arocena *et al.* (1992) indican que el material en suspensión, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, fósforo total (Pt) y nitrógeno total inorgánico, variables relacionadas con la contaminación orgánica, tienen gran influencia sobre la distribución de macrófitas.



5.1.2 Ciénaga Mesolandia

5.1.2.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga Mesolandia estuvo conformada por nueve (9) morfoespecies, vinculadas a tres (3) divisiones, cinco (5) clases, siete (7) órdenes y ocho (8) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 39. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Mesolandia.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
			Scenedesmaceae	<i>Tetrastrum triangulare</i>
				<i>Coelastrum sp1</i>
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Actinastrum sp1</i>
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp2</i>
		Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia sp</i>



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 87 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
		Chroococcales	Microcystaceae	<i>Microcystis</i> sp1
Heterokontophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i> sp1
	Mediophyceae	Stephanodisciales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp
3	5	7	8	9

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Microcystis* sp1 con 4956000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Tetrastrum triangulare*, con 4000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

El género *Microcystis* sp1, está muy extendida, presente y a menudo dominante en las floraciones cianobacterianas de agua dulce (Sommer 1985).

Tabla 40. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Mesolandia.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	28000,00	28000,00
<i>Tetrastrum triangulare</i>	0,00	4000,00	4000,00
<i>Coelastrum</i> sp1	8000,00	4000,00	12000,00
<i>Actinastrum</i> sp1	0,00	8000,00	8000,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	32000,00	20000,00	52000,00
<i>Merismopedia</i> sp	4000,00	8000,00	12000,00
<i>Microcystis</i> sp1	2108000,00	2848000,00	4956000,00
<i>Aulacoseira</i> sp1	464000,00	356000,00	820000,00
<i>Cyclotella</i> sp	112000,00	48000,00	160000,00
Total	2728000,00	3324000,00	6052000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 41. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Mesolandia.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	0,84
<i>Tetrastrum triangulare</i>	0,00	0,12
<i>Coelastrum</i> sp1	0,29	0,12
<i>Actinastrum</i> sp1	0,00	0,24
<i>Oscillatoria</i> sp2	1,17	0,60
<i>Merismopedia</i> sp	0,15	0,24
<i>Microcystis</i> sp1	77,27	85,68
<i>Aulacoseira</i> sp1	17,01	10,71
<i>Cyclotella</i> sp	4,11	1,44



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

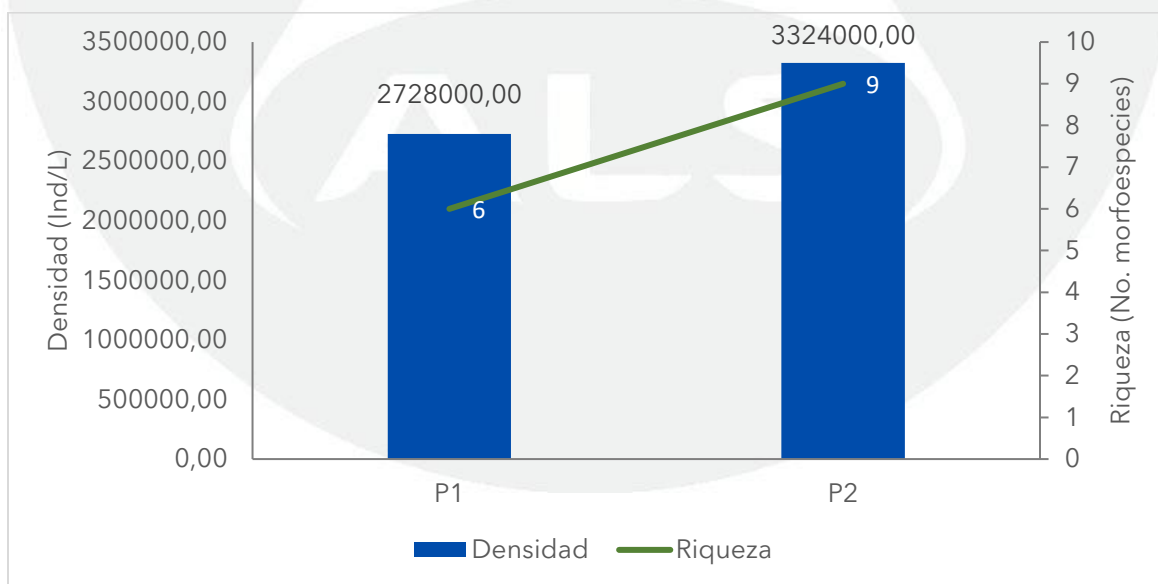
Página 88 de 404

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton obtuvo una densidad total de 6052000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P2" donde reportó 3324000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 6-9 morfoespecies y su valor máximo fue consistente con el de la densidad (**Gráfica 11**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P2", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



Gráfica 11. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga Mesolandia.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



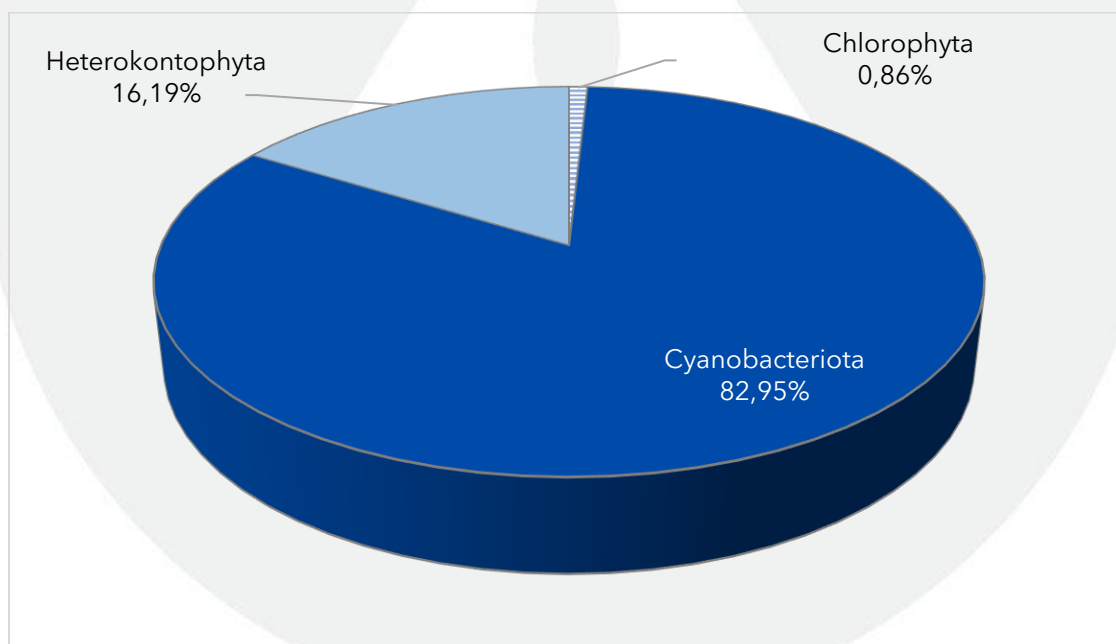
SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 82,95% de proporción, seguido de Heterokontophyta (16,19%) y Chlorophyta (0,86%) (**Gráfica 12**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



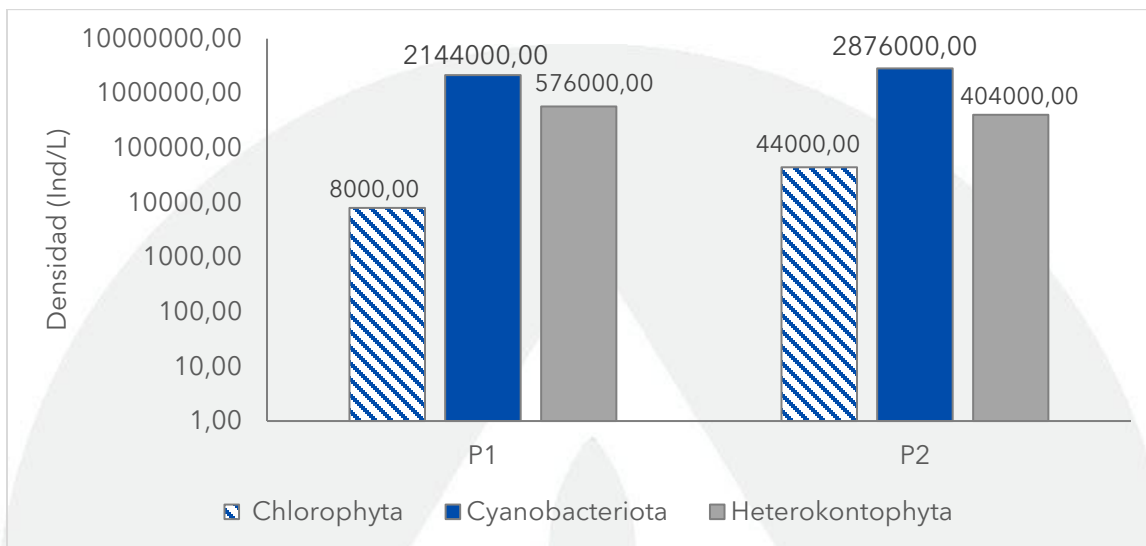
Gráfica 12. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Mesolandia.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Cyanobacteriota dominaron las densidades en los dos (2) puntos muestreados; siendo mayor en el punto "P2" con



2876000,00 Ind/L, así mismo, Chlorophyta registró su máximo en este mismo punto con 44000,00 Ind/L. Finalmente, Heterokontophyta realizó su mayor aporte en el punto "P1" con 576000,00 Ind/L (**Gráfica 13**).



Gráfica 13. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Mesolandia por punto de monitoreo.

*: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 0,55 y 0,71, siendo máximo en el punto "P1"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que

permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores bajos de 0,25 a 0,40, siendo máximo en el punto "P1" que se relacionan con las abundancias de las morfoespecies *Microcystis* sp1, *Aulacoseira* sp1 y *Cyclotella* sp, las cuales fueron significativamente superiores al resto de las morfoespecies en el ensamblaje fitoplanctónico. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores medios, lo anterior se encuentra explicado por las densidades de las morfoespecies antes mencionadas, demostrando así la conceptualidad inversa de este índice con el de equitatividad.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 42**).

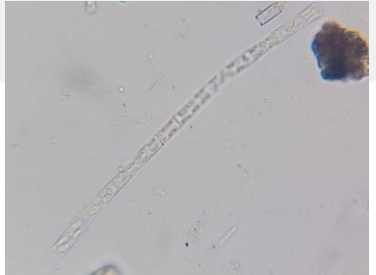
Tabla 42. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Indíces	P1	P2
Taxa_S	6	9
Individuals	2728000,00	3324000,00
Dominance_D	0,63	0,75
Shannon_H	0,71	0,55
Margalef	0,34	0,53
Equitability_J	0,40	0,25

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 43**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga Mesolandia:

Tabla 43. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
Microcystis sp1	Aulacoseira sp1	Cyclotella sp





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

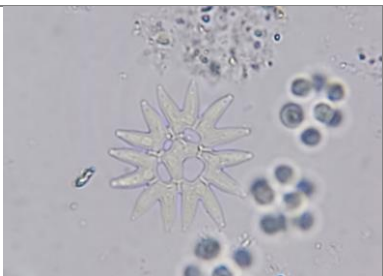
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

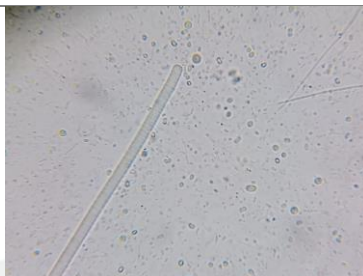
Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 92 de 404



Pediatrum dúplex



Oscillatoria sp2



Tetrastrum triangulare

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 93 de 404

5.1.2.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 94 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

5.1.2.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginoso producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

A pesar del esfuerzo de muestreo no se reportaron morfoespecies de perifiton en la Ciénaga Mesolandia, el desarrollo de las algas del perifiton depende de factores abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros. La luz y la temperatura son factores importantes para el desarrollo de la comunidad perifítica. En la naturaleza ambos factores varían en forma concomitante, aunque la influencia de la luz se manifiesta en la longitud del período de fotosíntesis y la temperatura influye como factor acumulativo o de pérdida gradual, debido a la elevada inercia térmica que posee el cuerpo de agua. La disponibilidad de espacio para colonizar es esencial para el perifiton y afecta la productividad de la comunidad. Las comunidades adheridas a superficies con área de colonización fija (rocas, granos de arena) pueden estar limitadas por espacio, si el resto de los factores se hallan en condiciones óptimas (Wetzel, 2001).



5.1.2.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Mesolandia estuvo representada por dos (2) morfoespecies, vinculadas a un (1) phylum, igual número de clases, órdenes y familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 44**.

Tabla 44. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga Mesolandia.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Mollusca	Bivalvia	Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicula sp</i>
				<i>Melanooides tuberculatus</i>
1	1	1	1	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie más abundante fue *Melanooides tuberculatus* con 347,58 Ind/m²; mientras que la menos representativa fue *Corbicula sp* con 5,56 Ind/m² **Tabla 45**. *M. tuberculatus*, muestra una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas, pero su establecimiento exitoso se asocia frecuentemente con ambientes eutróficos según lo señalan Martins-Silva y Barros (2001) y se le ha registrado incluso en cuerpos de agua contaminados por grandes cantidades de excrementos humanos y animales, así como en aguas residuales domésticas (Ndifon y Ukoli, 1989).

Tabla 45. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Mesolandia.

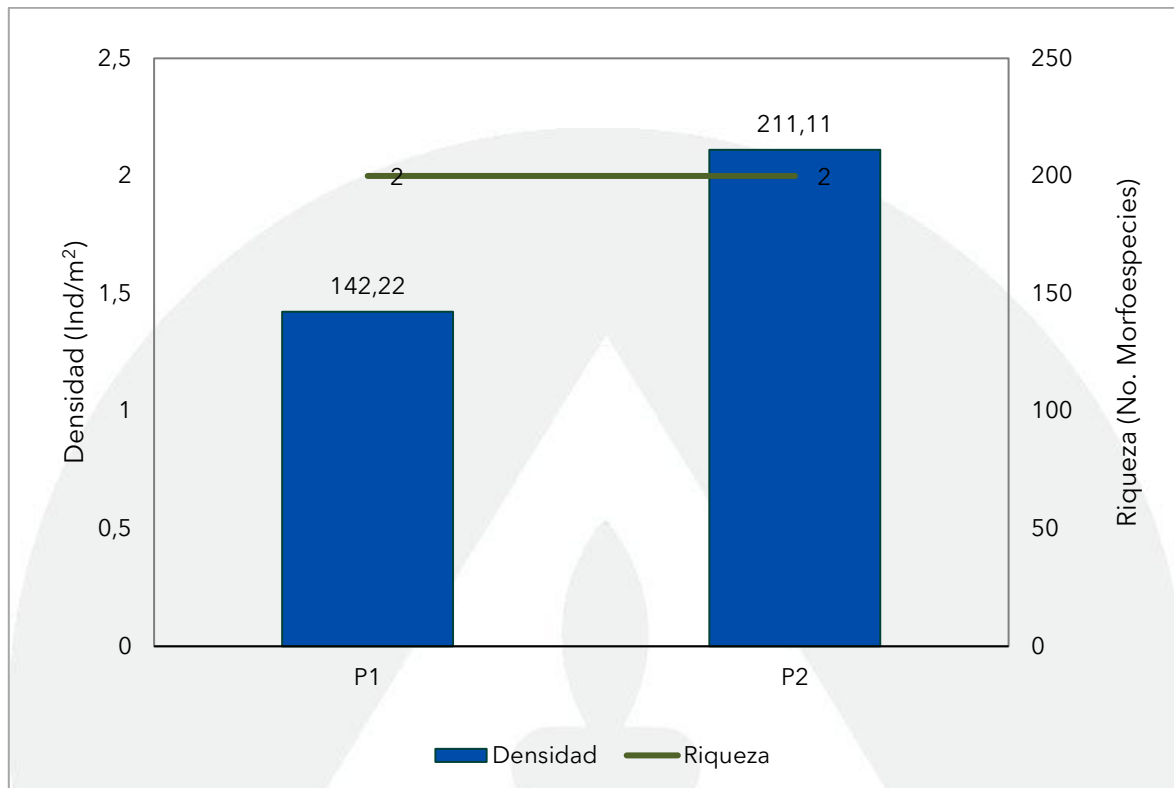
Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Corbicula sp</i>	1,11	4,44	5,56	60,00	0,00
<i>Melanooides tuberculatus</i>	141,11	206,67	347,78	40,00	100,00
Total	142,22	211,11	353,33	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La densidad de Macroinvertebrados en la ciénaga de Mesolandia varió entre 142,22 Ind/m² a 211,11 Ind/m² y el punto de monitoreo P2 registró el valor más alto; en cuanto a la riqueza, fue baja y obtuvo un valor de dos morfoespecies para los dos puntos muestreados (**Gráfica 14**). De acuerdo con Oyague-Passuni y Maldonado-Fonkén (2015), la variabilidad en la composición de macroinvertebrados está relacionada con la heterogeneidad espacial de los sitios de muestreo que es influenciada por la estructura física, la calidad del agua y las comunidades de plantas. Teniendo en cuenta esto, resulta



probable que tales condiciones en la ciénaga favorezcan positivamente el establecimiento y desarrollo de una comunidad bentónica en el punto P2.

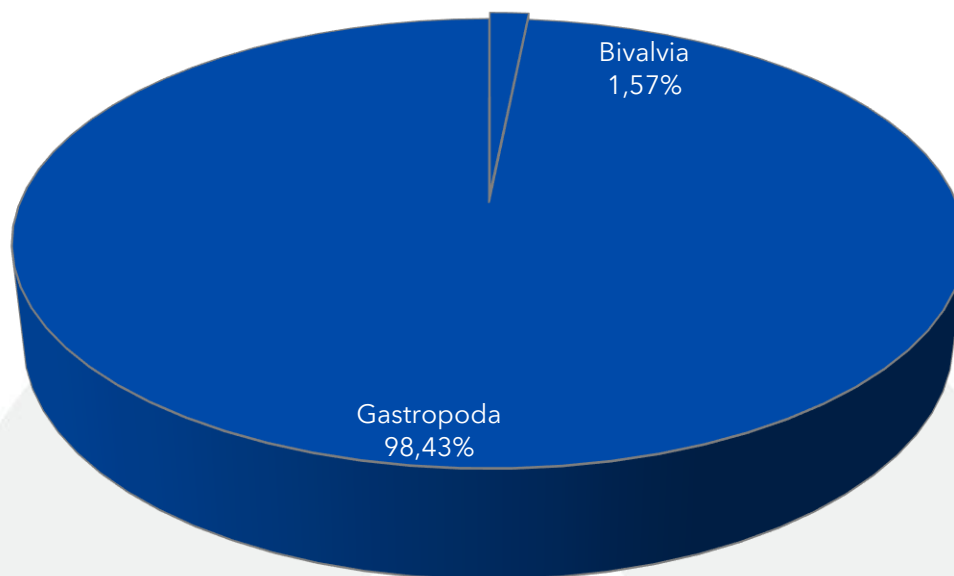


Gráfica 14. Densidad (Ind/m²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Mesolandia.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las contribuciones de los phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total estuvieron dominadas en un 98,43% por morfoespecies de Gastropoda y en 1,57% de Bivalvia (**Gráfica 15**). La dominancia de Mollusca se encuentra dada por el grado de sensibilidad ambiental de sus taxones que tiende a ser bastante amplio, particularmente, esta división estuvo representada por gasterópodos característicos de fondos de sistemas lentos como la ciénaga de Mesolandia, donde son predominantes altas concentraciones de materia orgánica, la cual es utilizada por este grupo como fuente de alimento.





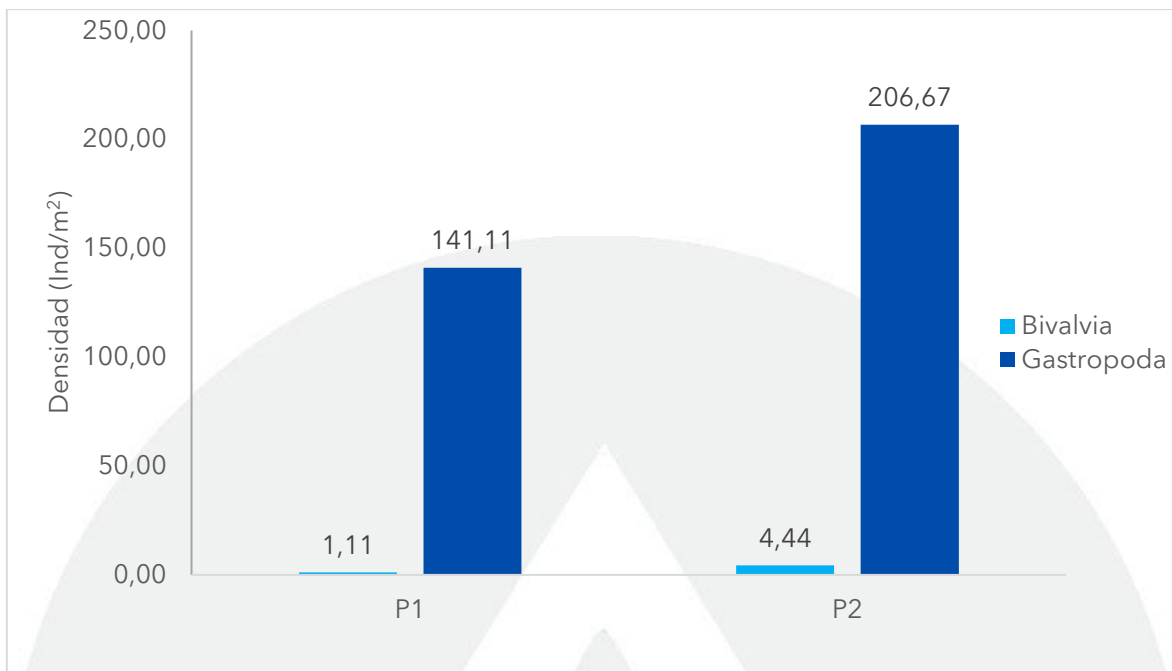
Gráfica 15. Contribución porcentual de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Mesolandia.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las contribuciones estuvieron dominadas por la clase Gastropoda, la cual estuvo mejor representado en el punto P2, donde se observaron 206,67 Ind/m²; Bivalvia obtuvo aportes bajos con 1,11 Ind/m² y 4,44 Ind/m² en P1 y P2 respectivamente (**Gráfica 16**).

La dinámica ecológica de las comunidades bentónicas tiende a variar en un ciclo anual, razón por la cual se presentan variaciones en su abundancia y riqueza a diferentes meses del año. Un ejemplo de ello, son los eventos reproductivos que aportan un mayor número de individuos en determinadas épocas del año (McLusky y Elliott, 2005).





Gráfica 16. Contribución de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad por punto de monitoreo en la ciénaga de Mesolandia.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Teniendo en cuenta que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con un número representativo de taxones por comunidad ($S > 5$), ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Barnes, 2008). Atendiendo a este precepto los índices ecológicos para esta comunidad no fueron calculados debido al reducido número de taxones observados.





5.1.2.5 Peces

La región Neotropical comprende una de las áreas biogeográficas más diversas del mundo en cuanto a fauna íctica, dentro de esta diversa región se encuentra Colombia que tiene el segundo lugar en número de especies de peces dulceacuícolas después de Brasil, en sus grandes cuencas hidrográficas habitan cerca de 1494 especies de peces (DoNascimento *et al.*, 2017) y muchas de éstas representan un importante recurso a nivel económico ya que son el sustento de poblaciones con bajos recursos del país. Por lo anterior, resulta preciso contemplar a la comunidad íctica dentro de las estrategias ambientales de conservación de sectores vulnerables a cualquier tipo de impacto ambiental.

Pese al esfuerzo de pesca no se encontraron individuos, que constituye 20 lances. Este resultado no es un indicador determinante de que la ciénaga no sustente comunidades de peces, ya que representan un solo momento del ciclo anual de variación de este tipo de comunidades. Además de ello, existen factores como las condiciones biológicas que pueden influenciar también la presencia de la comunidad íctica, el comportamiento y la reproducción juegan un papel importante porque determinan el desplazamiento de los mismos; su capacidad de movimiento propio les permite trasladarse en busca de condiciones ventajosas para su supervivencia. Por otro lado, Ramírez y Viña, (1998) indican que factores de origen antrópicos pueden modelar también la presencia de estos organismos ya que, modifican o varían de una u otra forma las condiciones de los ecosistemas en general.





5.1.2.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga de Mesolandia no se reportaron morfoespecies de macrófitas.

La distribución de las macrófitas depende de varios factores, principalmente la velocidad del agua, sus características fisicoquímicas y las del sedimento, o la sombra de la vegetación ribereña (Arocena y Mazzeo, 1994). Arocena *et al.* (1992) indican que el material en suspensión, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, fósforo total (Pt) y nitrógeno total inorgánico, variables relacionadas con la contaminación orgánica, tienen gran influencia sobre la distribución de macrófitas.



5.1.3 Ciénaga Sabanagrande

5.1.3.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga sabanagrande estuvo conformada por 21 morfoespecies, vinculadas a cinco (5) divisiones, siete (7) clases, nueve (9) órdenes y 13 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 46**.

Tabla 46. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Sabanagrande.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp
				<i>Scenedesmus acuminatus</i>
				<i>Tetrastrum</i> sp
				<i>Coelastrum cf indicum</i>
			Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
				<i>Tetraedron</i> sp1



División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
			Sphaeropleaceae	<i>Ankyra</i> sp
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i> sp2
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2 <i>Oscillatoria</i> sp3
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp1 <i>Strombomonas</i> sp2
			Phacaceae	<i>Lepocinclis acus</i> <i>Lepocinclis</i> sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp1
	Mediophyceae	Anaulales	Anaulaceae	<i>Terpsinoë</i> sp
		Stephanodiscals	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp
	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp1 <i>Surirella</i> sp2
5	7	9	13	21

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Navicula* sp con 1610000,00 Ind/L; mientras que, las morfoespecies menos representativas fueron *Scenedesmus* sp y *Scenedesmus acuminatus*, con 10000,00 Ind/L cada una (**Tabla 47**).

Navicula sp es considerada una diatomea heterotrófica facultativa, lo cual permite su reproducción y desarrollo en diferentes tipos de ecosistemas (Díaz-Quiroz & Rivera-Rendón, 2004).

Tabla 47. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Sabanagrande.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Scenedesmus</i> sp	10000,00	0,00	10000,00
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	10000,00	0,00	10000,00
<i>Tetrastrum</i> sp	0,00	120000,00	120000,00
<i>Coelastrum cf indicum</i>	0,00	50000,00	50000,00
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	70000,00	70000,00
<i>Tetraedron</i> sp1	0,00	70000,00	70000,00
<i>Ankyra</i> sp	0,00	30000,00	30000,00
<i>Closterium</i> sp2	40000,00	0,00	40000,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	50000,00	0,00	50000,00
<i>Oscillatoria</i> sp3	60000,00	0,00	60000,00
<i>Euglena</i> sp1	20000,00	0,00	20000,00





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 103 de 404

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Strombomonas</i> sp2	20000,00	0,00	20000,00
<i>Lepocinclis acus</i>	20000,00	0,00	20000,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	50000,00	470000,00	520000,00
<i>Navicula</i> sp	1610000,00	0,00	1610000,00
<i>Pinnularia</i> sp1	50000,00	130000,00	180000,00
<i>Terpsinoë</i> sp	30000,00	0,00	30000,00
<i>Cyclotella</i> sp	340000,00	660000,00	1000000,00
<i>Eunotia</i> sp	70000,00	20000,00	90000,00
<i>Surirella</i> sp1	40000,00	0,00	40000,00
<i>Surirella</i> sp2	20000,00	0,00	20000,00
Total	2440000,00	1620000,00	4060000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 48. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Sabanagrande.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Scenedesmus</i> sp	0,41	0,00
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0,41	0,00
<i>Tetrastrum</i> sp	0,00	7,41
<i>Coelastrum cf indicum</i>	0,00	3,09
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	4,32
<i>Tetraedron</i> sp1	0,00	4,32
<i>Ankyra</i> sp	0,00	1,85
<i>Closterium</i> sp2	1,64	0,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	2,05	0,00
<i>Oscillatoria</i> sp3	2,46	0,00
<i>Euglena</i> sp1	0,82	0,00
<i>Strombomonas</i> sp2	0,82	0,00
<i>Lepocinclis acus</i>	0,82	0,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	2,05	29,01
<i>Navicula</i> sp	65,98	0,00
<i>Pinnularia</i> sp1	2,05	8,02
<i>Terpsinoë</i> sp	1,23	0,00
<i>Cyclotella</i> sp	13,93	40,74
<i>Eunotia</i> sp	2,87	1,23
<i>Surirella</i> sp1	1,64	0,00
<i>Surirella</i> sp2	0,82	0,00
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton obtuvo una densidad total de 4060000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P1" donde reportó 2440000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 9-16 morfoespecies y su valor máximo fue consistente con el de la densidad (**Gráfica 17**).

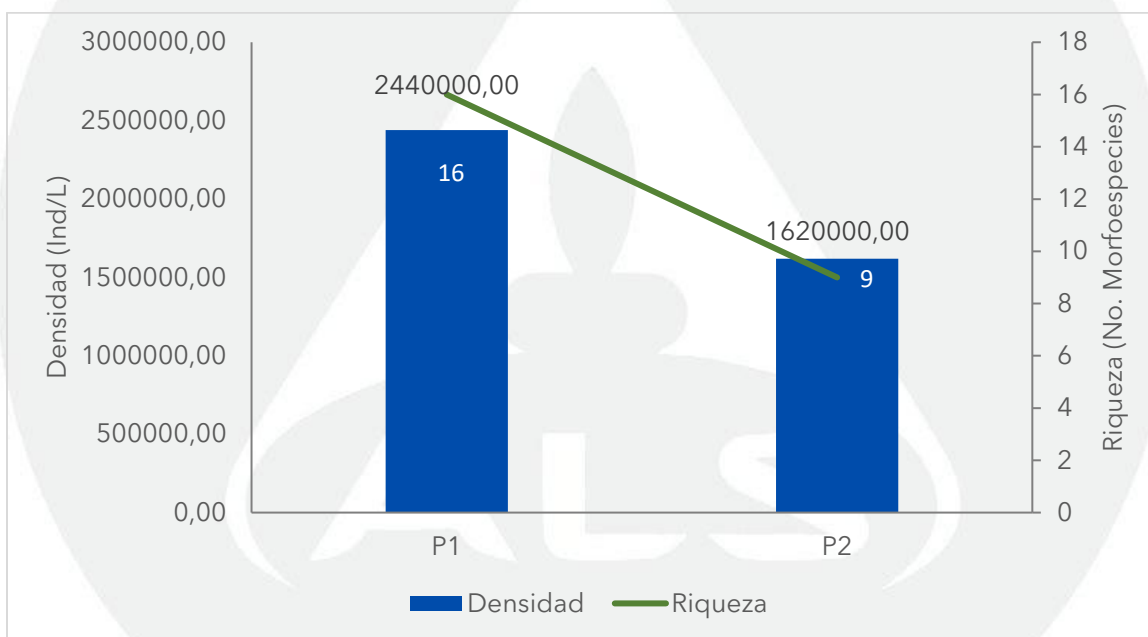


SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah *et al.*, (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



Gráfica 17. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga Sabanagrande.

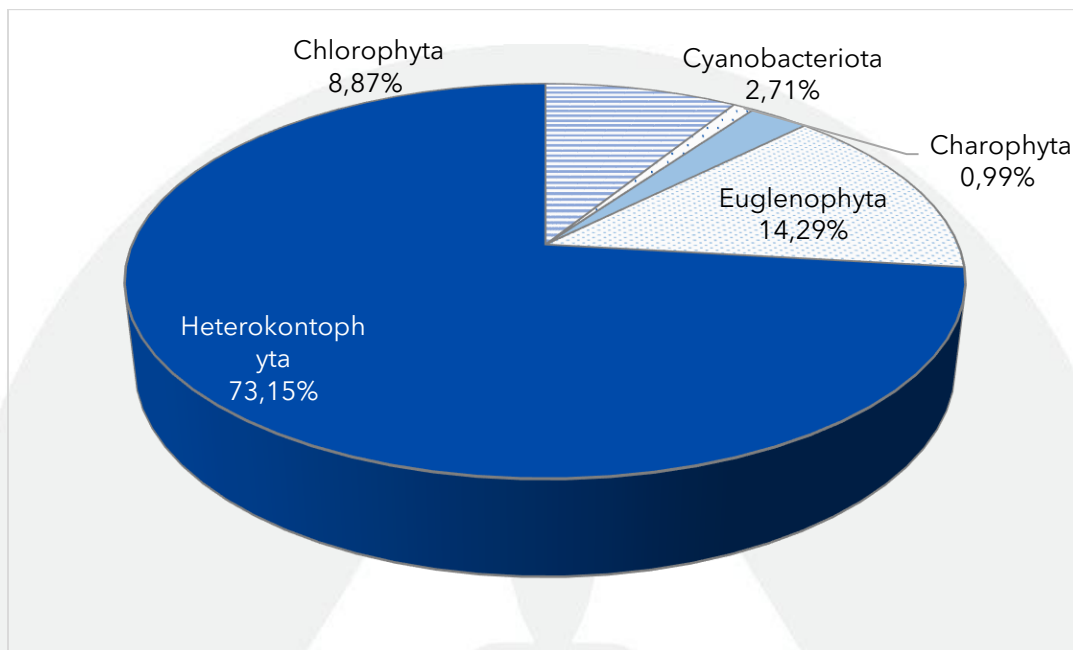
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Heterokontophyta obtuvo el 73,15% de proporción, seguido de Euglenophyta (14,29%), Chlorophyta (8,87%), Cyanobacteriota (2,71%) y Charophyta (0,99%) (**Gráfica 18**).





Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



Gráfica 18. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Sabanagrande.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Heterokontophyta presentó sus mayores contribuciones en el punto "P1" con 2160000,00Ind/L, por su parte, Chlorophyta y Euglenophyta reportaron sus mayores contribuciones en el punto "P2" con 340000,00 Ind/L y 470000,00 Ind/L, respectivamente. Por su parte las divisiones Charophyta y Cyanobacteriota estuvieron relacionadas únicamente en el punto "P1" con densidades de 40000,00 Ind/L y 110000,00 Ind/L, respectivamente (**Gráfica 19**).





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

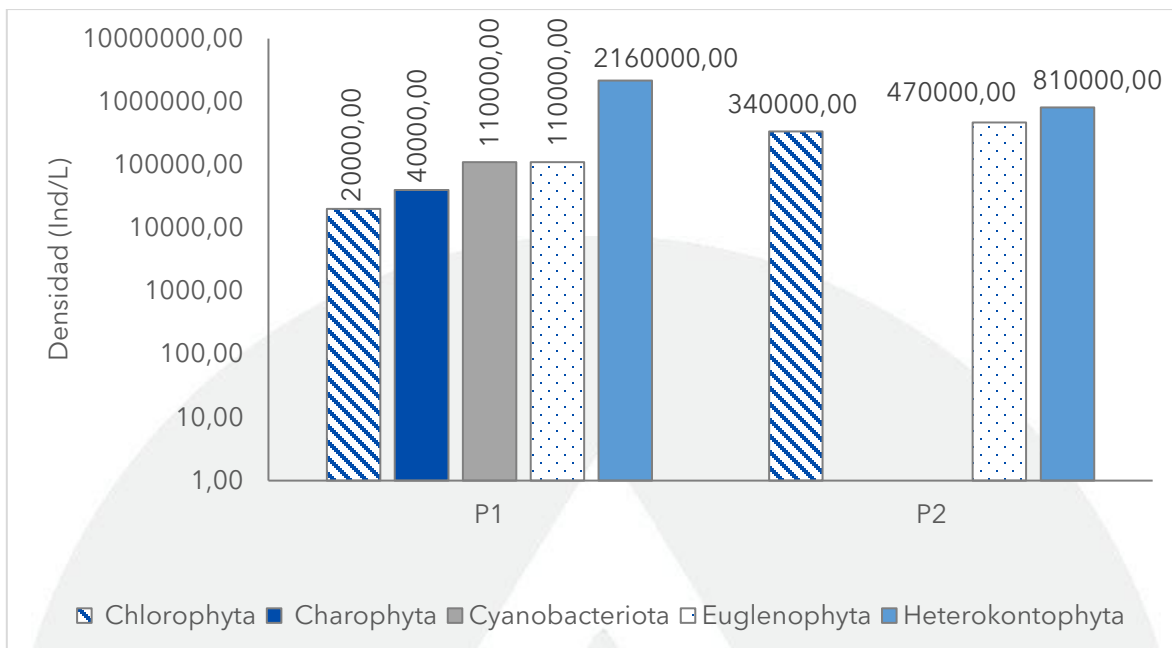
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 106 de 404



Gráfica 19. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Sabanagrande por punto de monitoreo.

**: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica*

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,37 y 1,63, siendo máximo en el punto "P2"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



La equitatividad obtuvo valores de medios a altos (0,50 a 0,74), siendo máximo en el punto "P2" lo cual responde a una uniformidad relativa en la distribución de las abundancias de las morfoespecies en el ensamblaje. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores de medios a bajos, siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 49**).

Tabla 49. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Indices	P1	P2
Taxa_S	16	9
Individuals	2440000,00	1620000,00
Dominance_D	0,46	0,27
Shannon_H	1,37	1,63
Margalef	1,02	0,56
Equitability_J	0,50	0,74

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 50**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga Sabanagrande:

Tabla 50. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
Anabaena sp	Fragilaria sp1	Nitzschia sp1
		
Pinnularia sp1	Surirella sp1	Oscillatoria sp2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 108 de 404

5.1.3.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.3.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por 12 morfoespecies vinculadas a tres (3) divisiones, igual número de clases, ocho (8) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 51**.

Tabla 51. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga Sabanagrande.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Heterokontophyta a	Bacillariophyceae e	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
				<i>Eunotia</i> sp2
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp1
				<i>Fragilaria</i> sp
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
				<i>Gyrosigma</i> sp
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp4
		Synechococcales s	Pseudoanabaenaceae a	<i>Lyngbya</i> sp1
				<i>Pseudoanabaena</i> sp
3	3	8	8	12

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las morfoespecies más abundantes fueron *Nitzschia* sp1, *Navicula* sp1 y *Fragilaria* sp con 2524,73 Ind/cm², 888,93 Ind/cm² y 601,60 Ind/cm², respectivamente; mientras que las morfoespecies menos representativas fueron *Eunotia* sp2 y *Gyrosigma* sp cada una con 29,67 Ind/cm² (**Tabla 53**).

El género *Nitzschia*, es cosmopolitas y se distribuye en gran variedad de ambientes, incluidos los eutróficos, de acuerdo con Pinilla (2000) el género indica turbulencia, sedimentos y conductividad altos.

Con respecto al género *Navicula*, Cox (1994) destaca que, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

Algunas morfoespecies del genero *Fragilaria*, es muy frecuente encontrarla en aguas corrientes o estancadas asocia-da a las piedras o la vegetación. Prefiere aguas mesotróficas o eutróficas, aunque las diferentes variedades difieren en su óptimo trófico (Romero, 2010).

Tabla 52. Densidad (Ind/cm²) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga Sabanagrande.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)		
	P1	P2	Total
<i>Nitzschia</i> sp1	1771,20	753,53	2524,73
<i>Cymbella</i> sp	0,00	83,07	83,07
<i>Eunotia</i> sp1	54,00	0,00	54,00
<i>Eunotia</i> sp2	0,00	29,67	29,67
<i>Synedra</i> sp1	97,20	11,87	109,07
<i>Fragilaria</i> sp	156,60	445,00	601,60
<i>Navicula</i> sp1	491,40	397,53	888,93
<i>Gyrosigma</i> sp	0,00	29,67	29,67
<i>Oedogonium</i> sp	162,00	23,73	185,73
<i>Oscillatoria</i> sp4	183,60	65,27	248,87
<i>Lyngbya</i> sp1	32,40	0,00	32,40
<i>Pseudoanabaena</i> sp	0,00	486,53	486,53
Total	2948,40	2325,87	5274,27

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 111 de 404

Tabla 53. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga Sabanagrande.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Nitzschia</i> sp1	60,07	32,40
<i>Cymbella</i> sp	0,00	3,57
<i>Eunotia</i> sp1	1,83	0,00
<i>Eunotia</i> sp2	0,00	1,28
<i>Synedra</i> sp1	3,30	0,51
<i>Fragilaria</i> sp	5,31	19,13
<i>Navicula</i> sp1	16,67	17,09
<i>Gyrosigma</i> sp	0,00	1,28
<i>Oedogonium</i> sp	5,49	1,02
<i>Oscillatoria</i> sp4	6,23	2,81
<i>Lyngbya</i> sp1	1,10	0,00
<i>Pseudoanabaena</i> sp	0,00	20,92
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La densidad total de perifiton reportada en la Ciénaga Sabanagrande registró un valor de 5274,27 Ind/cm², obteniendo su valor más alto en el punto "P1", con un valor de 2948,40 Ind/cm²; por su parte, la riqueza obtuvo un rango de 8-10 morfoespecies y su máximo valor se registró en el punto "P2" (**Gráfica 20**).

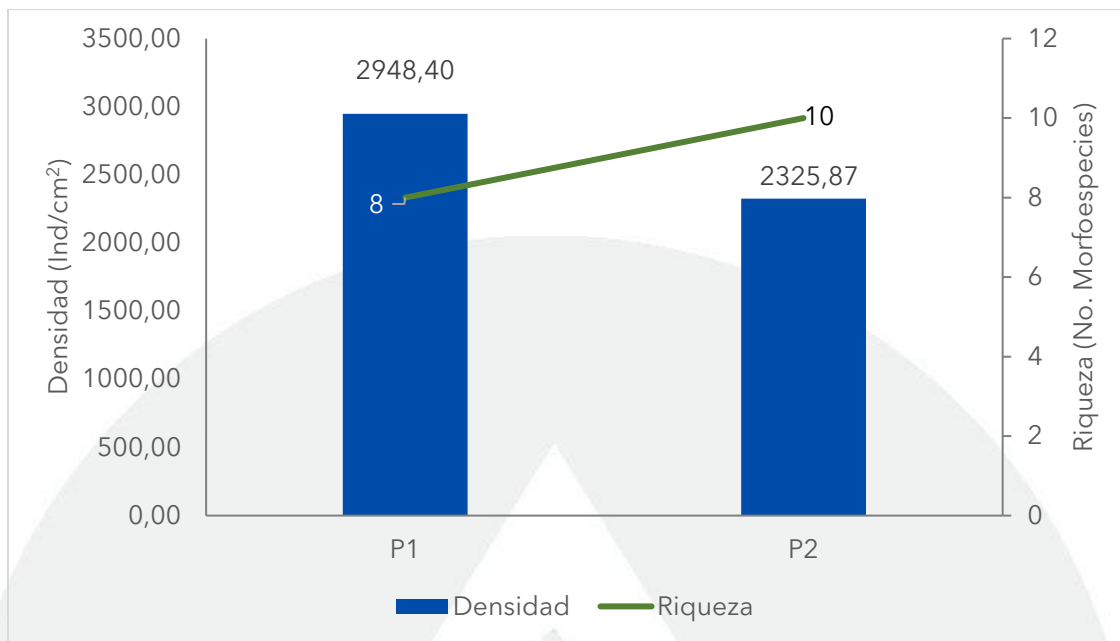
La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson *et al.*, 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



Gráfica 20. Densidad (Ind/cm²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en la Ciénaga Sabanagrande.

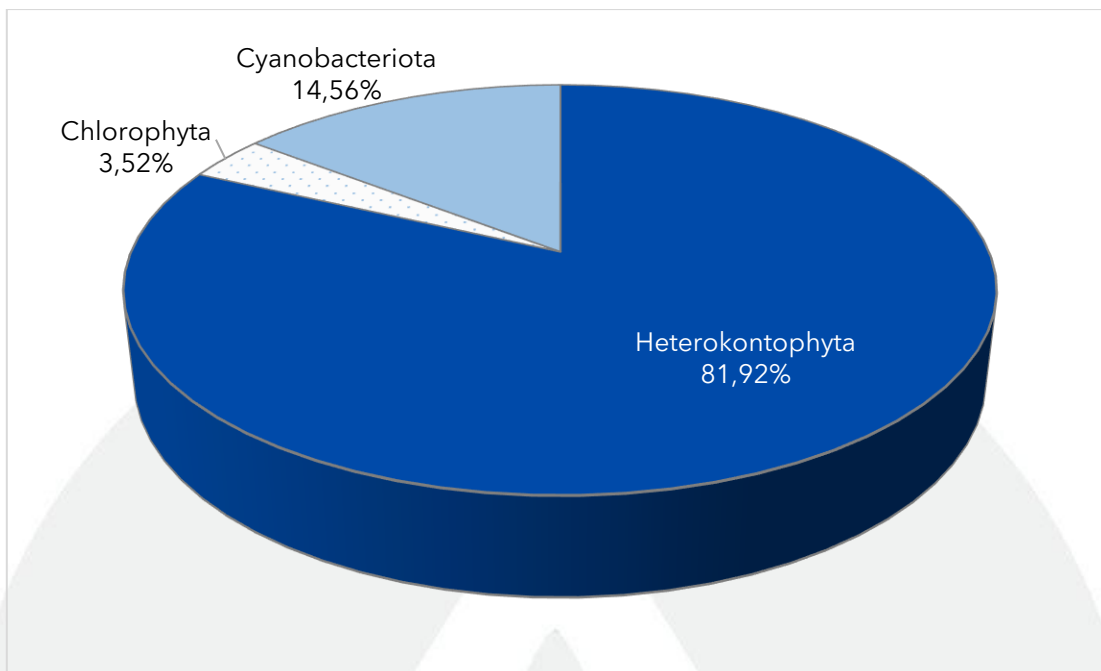
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 81,92%, seguida de Cyanobacteriota 14,56% y por último Chlorophyta (3,52%) (**Gráfica 21**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



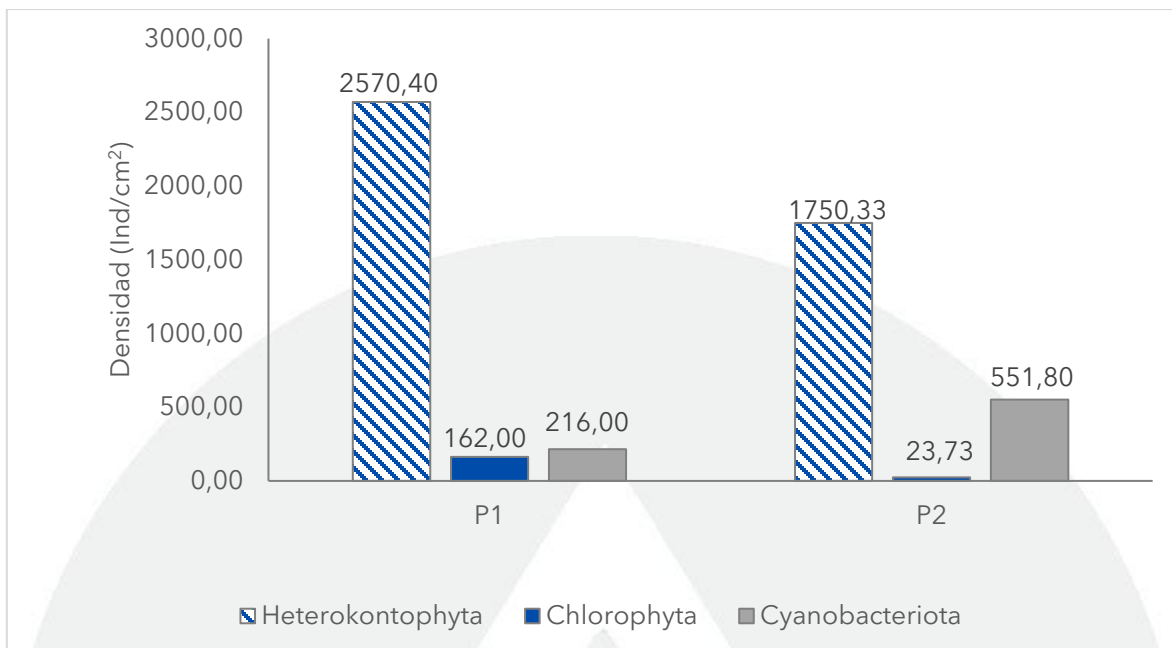


Gráfica 21. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga Sabanagrande.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La división Heterokontophyta dominó en los puntos muestreados, presentando su mayor densidad en el punto "P1", con un valor de 2570,40 Ind/cm²; así mismo Chlorophyta realizó su mayor aporte en el punto antes mencionado con 162,00 Ind/cm²; por su parte, Cyanobacteriota, presentó su mayor contribución en el punto "P2" con una densidad de 551,80 Ind/cm² (**Gráfica 22**).





Gráfica 22. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en la Ciénaga Sabanagrande.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,33 y 1,72, siendo máximo en el punto "P2"; los valores inferiores a dos (2) de este índice se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja con efectos de la contaminación, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores entre 0,64 y 0,74, siendo el valor del punto "P2" de alta equitatividad. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo en el punto "P2", siendo esto consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró valores bajos inferiores a dos, según Margalef (1983) es consistente con sistemas de baja riqueza (**Tabla 54**).





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 115 de 404

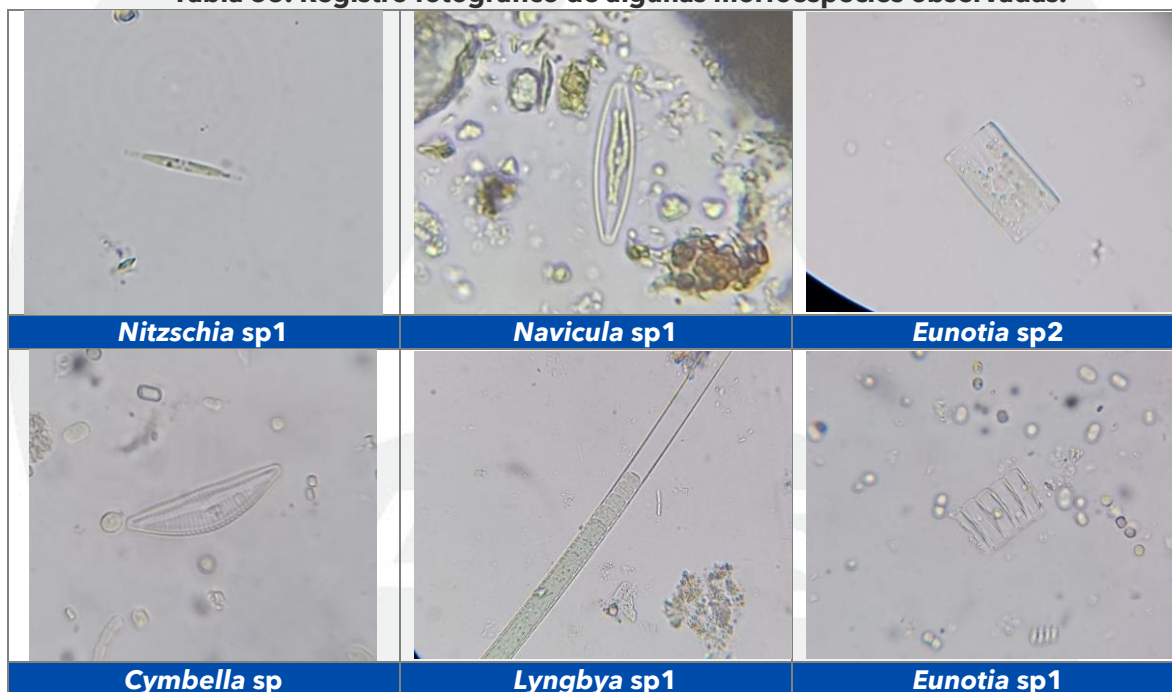
Tabla 54. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Indices	P1	P2
Taxa_S	8	10
Individuals	2948,40	2325,87
Dominance_D	0,40	0,22
Shannon_H	1,33	1,72
Margalef	0,88	1,16
Equitability_J	0,64	0,74

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 55**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 55. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.3.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Sabanagrande, estuvo conformada por dos (2) morfoespecies, distribuidas en un (1) phylum, dos (2) clases, dos (2) órdenes e igual cantidad de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 56**.

Tabla 56. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observados en ciénaga de Sabanagrande.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	Naididae morfo 1
				<i>Melanoides tuberculatus</i>
1	1	1	1	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

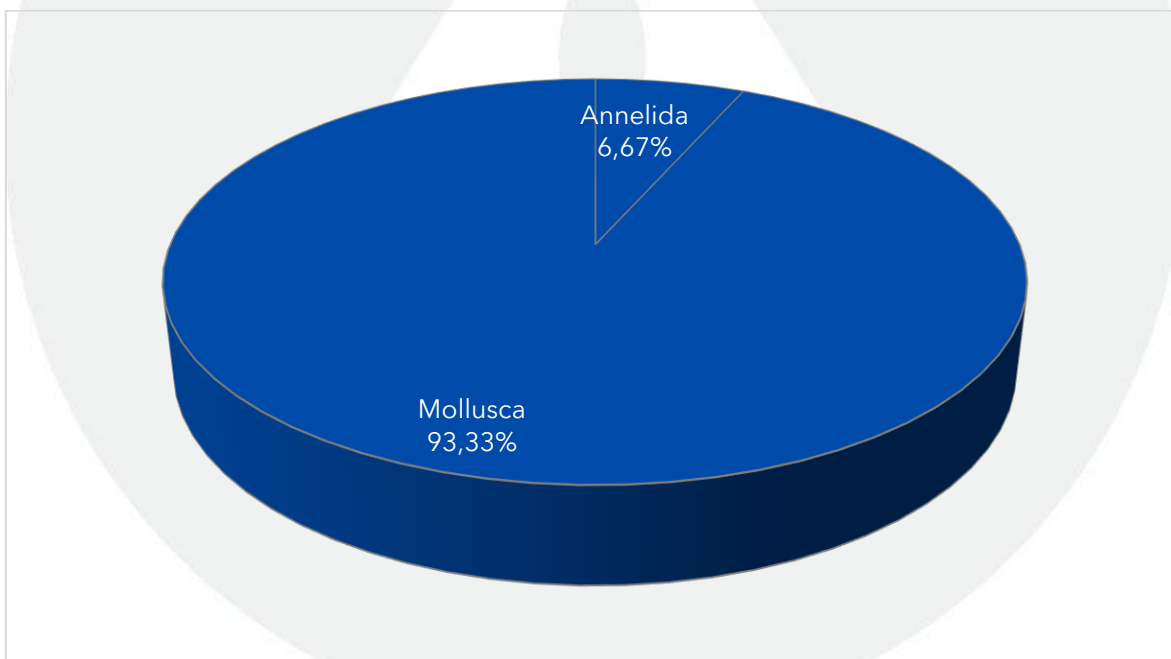
Se observaron dos (2) morfoespecies en la ciénaga, siendo *Melanoides tuberculatus*, la de mayor densidad con 31,11 Ind/m² en P2. En P1 no se observaron morfoespecies. (**Tabla 57**). A *M. tuberculatus* se le puede encontrar en todo tipo de ambientes, desde ríos, quebradas, arroyos, caños, canales y otros sistemas lénticos naturales y artificiales, incluidos los embalses. Es un habitante común de aguas contaminadas con desechos de origen orgánico y eutrofizadas, resiste altos niveles de contaminación por lo que resulta en un buen indicador de condiciones de anoxia y algo de salinidad (Lasso, 2011). Esta especie es altamente móvil, consume desechos generados por los humanos y se adapta a diferentes entornos (CABI, 2018).

Tabla 57. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Sabanagrande.

Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Melanoides tuberculatus</i>	0,00	31,11	31,11	0,00	93,33%
Naididae morfo 1	0,00	2,22	2,22	0,00	6,67%
Total	0,00	33,33	33,33	0,00	100,00%

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El phylum Mollusca realizó los aportes más altos a la densidad total representando el 93,33% del valor total; mientras que Annelida obtuvo 6,67% (**Gráfica 23**). La composición y estructura de las comunidades bentónicas depende del tipo, morfología de la vegetación y propiedades fisicoquímicas de los cuerpos de agua. De tal manera que la prevalencia de Mollusca en la ciénaga de Sabanagrande es resultado de sus condiciones de carga orgánica y contenido de carbonatos, los cuales representan factores esenciales en el establecimiento y desarrollo de este grupo taxonómico.



Gráfica 23. Contribución porcentual de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Sabanagrande.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de la ciénaga de Sabanagrande fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este

número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.1.3.5 Peces

La comunidad de peces en la ciénaga Sabanagrande estuvo representada por cuatro (4) especies vinculadas a un (1) phylum, igual número de clase, tres (3) órdenes y cuatro (4) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra en detalle en la **Tabla 58**.

Tabla 58. Clasificación taxonómica de las especies de peces en la ciénaga de Sabanagrande.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus muyscorum</i>
			Prochilodontidae	<i>Prochilodus magdalenae</i>
		Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>
		Siluriformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>
1	1	3	4	4

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La abundancia total fue de 1,00 individuos (**Tabla 59**), la especie de mayor abundancia fue *Prochilodus magdalenae* con cuatro (4) individuos, seguido de *Leporinus muyscorum* con tres (3) individuos. *P.magdalenae* conocido como el bocachico, posee un ciclo de vida muy asociado a r los patrones hidrológicos de inundación y estiaje; durante altas lluvias permanece en las ciénagas alimentándose del detritus y materia orgánica aportada principalmente por la vegetación acuática, mientras que durante el periodo de aguas bajas, remonta los ríos en una migración masiva donde permanece durante el período seco alimentándose del perifiton (Maldonado-Ocampo *et al.*,2005).

P.magdalenae se encuentra actualmente catalogada como una especie amenazada, en la categoría vulnerable (A2,cd) de acuerdo con el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia que se distribuye en toda las zonas bajas de los sistemas del Magdalena, Sinú y Atrato, hasta aproximadamente los 1000 m s.n.m (Mojica *et al.*,2012).



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

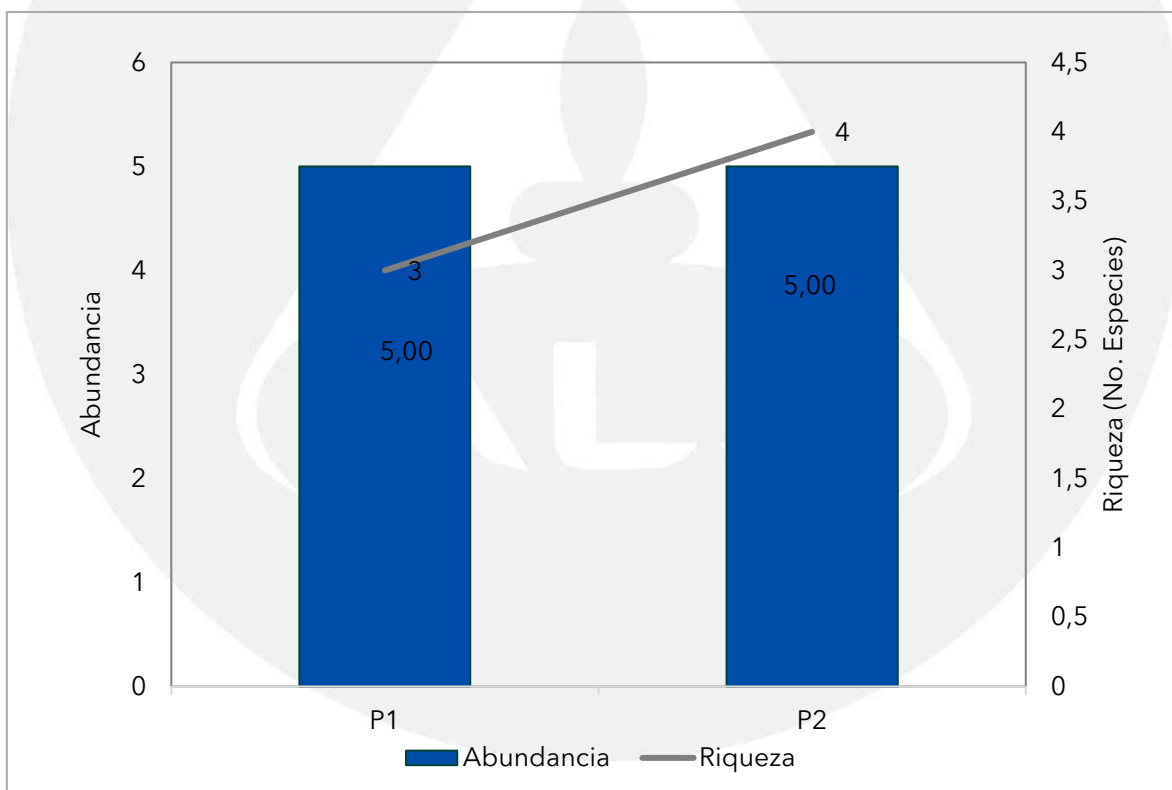
Página 119 de 404

**Tabla 59. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de especies de peces en la
ciénaga de Sabanagrande.**

Especie	Abundancia			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Hoplias malabaricus</i>	0,00	1,00	1,00	0,00	20,00
<i>Leporinus muyscorum</i>	2,00	1,00	3,00	40,00	20,00
<i>Mugil cephalus</i>	1,00	1,00	2,00	20,00	20,00
<i>Prochilodus magdalenae</i>	2,00	2,00	4,00	40,00	40,00
Total	5,00	5,00	10,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La abundancia de la comunidad de peces registrada en la ciénaga Sabanagrande fue baja, reportando cinco (5) individuos capturados en cada punto; en cuanto a la riqueza de especies se obtuvo un rango de variación de 3-4 especies, siendo más alta en P2 (**Gráfica 10**).



**Gráfica 24. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de
peces en la ciénaga de Sabanagrande.**

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 120 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Debido a la baja riqueza reportada en el área de estudio los índices de diversidad no fueron calculados, ya que el número de morfoespecies por punto fue menor a 5.

5.1.3.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga de Sabanagrande no se reportaron morfoespecies de macrófitas acuáticas.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.4 Ciénaga de Santo Tomás

5.1.4.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga Santo Tomás estuvo conformada por 27 morfoespecies, vinculadas a cinco (5) divisiones, ocho (8) clases, 14 órdenes y 18 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 60. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga de Santo Tomás.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus</i> sp1
				<i>Coelastrum</i> sp1
			Hydrodictyaceae	<i>Tetraedron</i> sp1
				<i>Pediastrum duplex</i>
			Volvocaceae	<i>Eudorina</i> sp



División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
		Chlamydomonadales		Pandorina morum
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp1
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiaceae	Closteriaceae	Closterium sp1
				Closterium sp2
			Desmidiaceae	Micrasteria truncata
				Cosmarium sp1
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	Anabaena sp
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria sp2
			Microcoleaceae	Planktothrix sp
				Arthrospira sp
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp1
			Phacaceae	Lepocinclis sp1
Heterokontophyta	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	Cyclotella sp
	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria sp1
				Synedra ulna
		Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp1
	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Gyrosigma sp.1
				Nitzschia sigmaidea
		Surirellales	Surirellaceae	Nitzschia sp1
		Eunotiales	Eunotiaceae	Surirella sp
		Cymbellales	Cymbellaceae	Eunotia sp
				Cymbella sp
5	8	14	18	27

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Anabaena* sp con 1700000,00 Ind/L; mientras que, las morfoespecies menos representativas fueron *Desmodesmus* sp1, *Tetraedron* sp1, *Closterium* sp2, *Micrasteria truncata*, *Cosmarium* sp1, *Trachelomonas* sp1, *Cyclotella* sp y *Surirella* sp, con 20000,00 Ind/L cada una (**Tabla 26**).

Anabaena sp, algunas especies de este genero forman floraciones en lagos y presas, además pueden ocasionar desequilibrios ecológicos y de salud pública debido a las toxinas que producen (Chorus y Bartram, 1999).

Tabla 61. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Desmodesmus</i> sp1	20000,00	0,00	20000,00
<i>Coelastrum</i> sp1	10000,00	20000,00	30000,00
<i>Tetraedron</i> sp1	20000,00	0,00	20000,00
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	30000,00	30000,00
<i>Eudorina</i> sp	20000,00	50000,00	70000,00
<i>Pandorina morum</i>	30000,00	0,00	30000,00
<i>Oocystis</i> sp1	10000,00	60000,00	70000,00
<i>Closterium</i> sp1	40000,00	50000,00	90000,00
<i>Closterium</i> sp2	0,00	20000,00	20000,00
<i>Micrasteria truncata</i>	20000,00	0,00	20000,00
<i>Cosmarium</i> sp1	0,00	20000,00	20000,00
<i>Anabaena</i> sp	480000,00	1220000,00	1700000,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	170000,00	0,00	170000,00
<i>Planktothrix</i> sp	0,00	40000,00	40000,00
<i>Arthrospira</i> sp	0,00	30000,00	30000,00
<i>Trachelomonas</i> sp1	0,00	20000,00	20000,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	0,00	70000,00	70000,00
<i>Cyclotella</i> sp	0,00	20000,00	20000,00
<i>Fragilaria</i> sp1	500000,00	280000,00	780000,00
<i>Synedra ulna</i>	160000,00	300000,00	460000,00
<i>Navicula</i> sp1	60000,00	20000,00	80000,00
<i>Gyrosigma</i> sp.1	50000,00	20000,00	70000,00
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0,00	30000,00	30000,00
<i>Nitzschia</i> sp1	250000,00	0,00	250000,00
<i>Surirella</i> sp	10000,00	10000,00	20000,00
<i>Eunotia</i> sp	0,00	50000,00	50000,00
<i>Cymbella</i> sp	0,00	40000,00	40000,00
Total	1850000,00	2400000,00	4250000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 62. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga de Santo Tomás.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Desmodesmus</i> sp1	1,08	0,00
<i>Coelastrum</i> sp1	0,54	0,83
<i>Tetraedron</i> sp1	1,08	0,00
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	1,25
<i>Eudorina</i> sp	1,08	2,08
<i>Pandorina morum</i>	1,62	0,00
<i>Oocystis</i> sp1	0,54	2,50
<i>Closterium</i> sp1	2,16	2,08
<i>Closterium</i> sp2	0,00	0,83
<i>Micrasteria truncata</i>	1,08	0,00





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 124 de 404

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Cosmarium</i> sp1	0,00	0,83
<i>Anabaena</i> sp	25,95	50,83
<i>Oscillatoria</i> sp2	9,19	0,00
<i>Planktothrix</i> sp	0,00	1,67
<i>Arthrospira</i> sp	0,00	1,25
<i>Trachelomonas</i> sp1	0,00	0,83
<i>Lepocinclis</i> sp1	0,00	2,92
<i>Cyclotella</i> sp	0,00	0,83
<i>Fragilaria</i> sp1	27,03	11,67
<i>Synedra</i> ulna	8,65	12,50
<i>Navicula</i> sp1	3,24	0,83
<i>Gyrosigma</i> sp.1	2,70	0,83
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0,00	1,25
<i>Nitzschia</i> sp1	13,51	0,00
<i>Surirella</i> sp	0,54	0,42
<i>Eunotia</i> sp	0,00	2,08
<i>Cymbella</i> sp	0,00	1,67
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

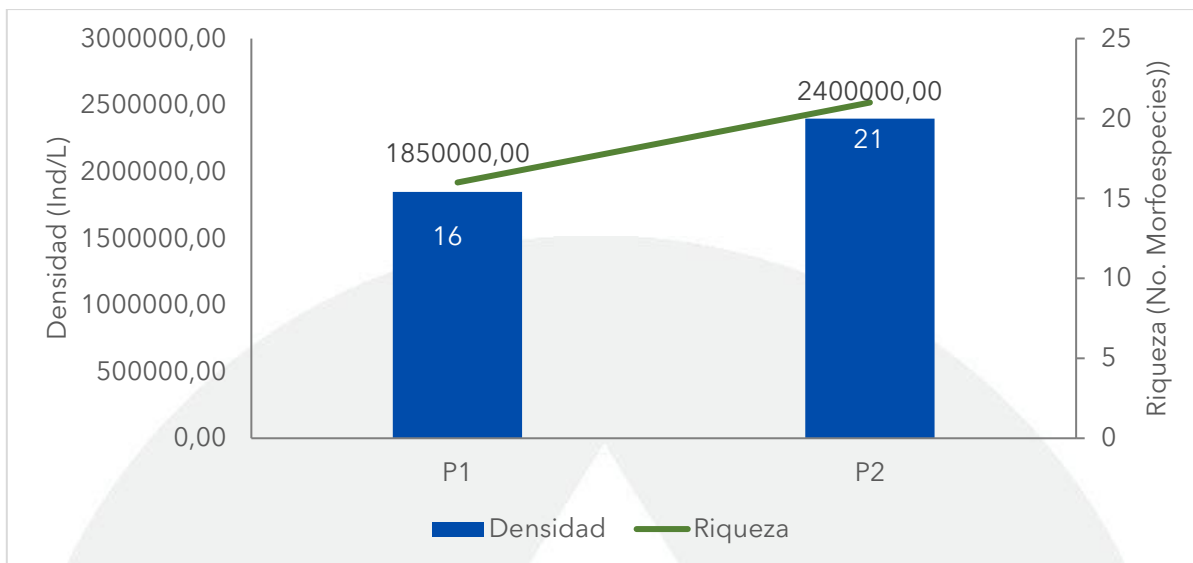
El fitoplancton obtuvo una densidad total de 4250000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P2" donde reportó 2440000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 16-21 morfoespecies y su valor máximo fue consistente con el de la densidad (**Gráfica 1**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah *et al.*, (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P2", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



Gráfica 25. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la Ciénaga de Santo Tomás.

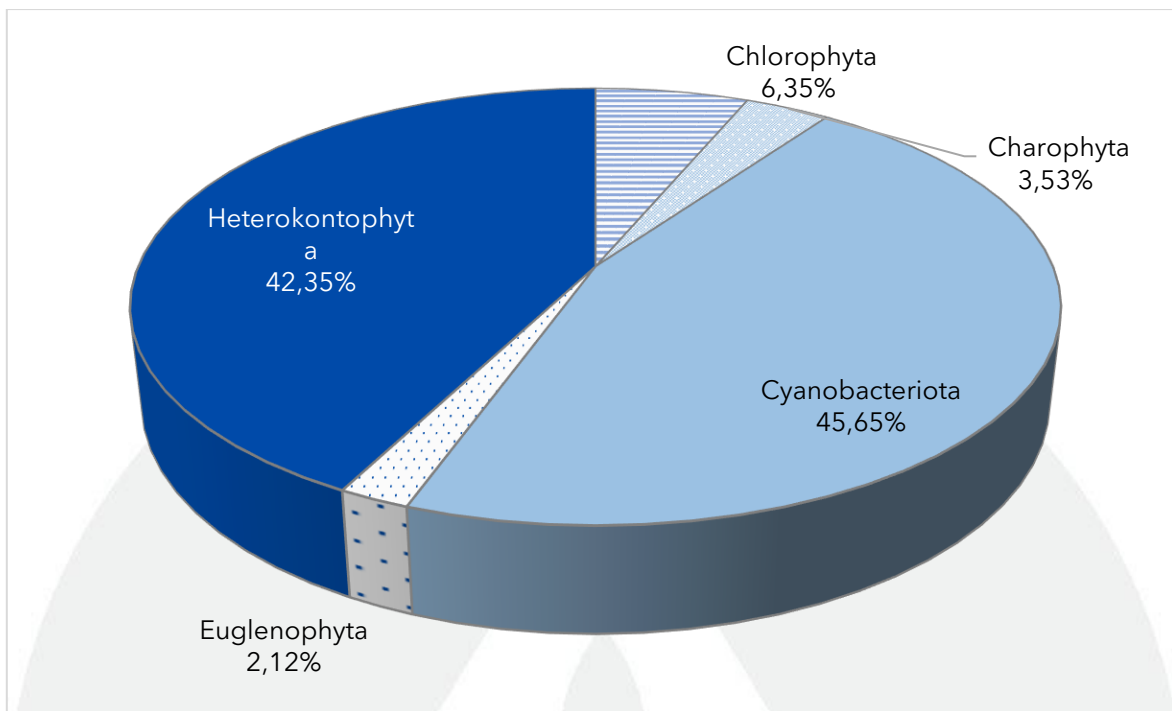
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 45,65% de proporción, seguido de Heterokontophyta (42,35%), Chlorophyta (6,35%), Charophyta (3,53%) y Euglenophyta (2,12%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fósforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera tóxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



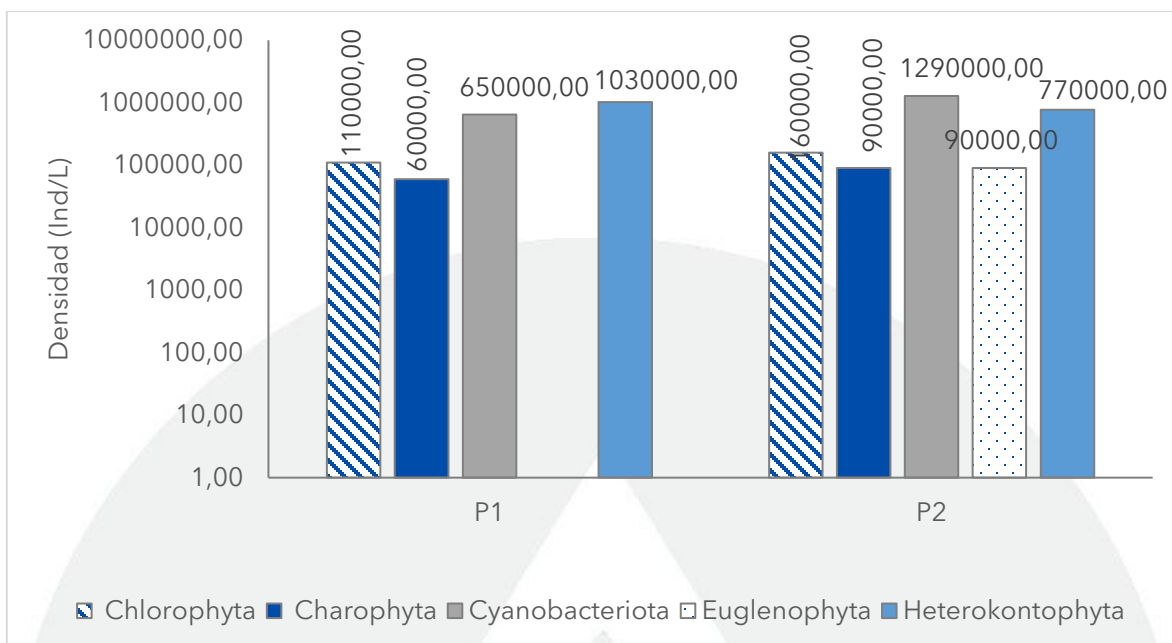


Gráfica 26. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Heterokontophyta presentó sus mayores contribuciones en el punto "P1" con 1030000,00 Ind/L, por su parte, Chlorophyta, Charophyta y Cyanobacteriota, registraron sus únicos aportes en el punto "P2" con densidades de 160000,00 Ind/L, 90000,00 Ind/L y 1290000,00 Ind/L, respectivamente. Por su parte Euglenophyta registró solo contribuciones en el punto "P2" con una densidad de 90000,00 Ind/L (**Gráfica 3**).





Gráfica 27. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga de Santo Tomás por punto de monitoreo.

*: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,90 y 2,04, siendo máximo en el punto "P1"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.





La equitatividad obtuvo valores de medios a altos (0,62 a 0,74), siendo máximo en el punto "P1" lo cual responde a una uniformidad relativa en la distribución de las abundancias de las morfoespecies en el ensamblaje. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores bajos, siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

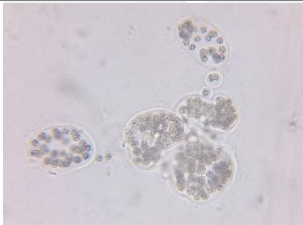
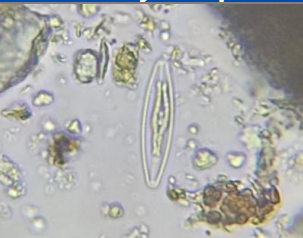
Tabla 63. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Indíces	P1	P2
Taxa_S	16	21
Individuals	1850000,00	2400000,00
Dominance_D	0,18	0,29
Shannon_H	2,04	1,90
Margalef	1,04	1,36
Equitability_J	0,74	0,62

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga de Santo Tomás:

Tabla 64. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
Microcystis sp1	Surirella sp	Nitzschia sp1
		
Navicula sp1	Pandorina morum	Anabaena sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 129 de 404

5.1.4.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.4.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por 12 morfoespecies vinculadas a tres (3) divisiones, igual número de clases, diez (10) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 65. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga de Santo Tomás.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp3
		Spirulinales	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i> sp1
		Synechococcales	Pseudoanabaenaceae	<i>Pseudoanabaena</i> sp
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
				<i>Nitzschia</i> sp2
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
				<i>Gomphonema</i> sp2
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp1
Chlorophyta	Chlorophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
		Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
		Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp
3	3	10	10	12

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 131 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Las morfoespecies más abundantes fueron *Nitzschia* sp2 y *Navicula* sp1 con 1715,00 Ind/cm² y 1078,00 Ind/cm², respectivamente; mientras que las morfoespecies menos representativas fueron *Eunotia* sp2 y *Gyrosigma* sp cada una con 29,67 Ind/cm² (**Tabla 31**).

El género *Nitzschia*, es cosmopolita y se distribuye en gran variedad de ambientes, incluidos los eutróficos, de acuerdo con Pinilla (2000) el género indica turbulencia, sedimentos y conductividad altos.

Con respecto al género *Navicula*, Cox (1994) destaca que, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

Tabla 66. Densidad (Ind/cm²) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga de Santo Tomás.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)		
	P1	P2	Total
<i>Oscillatoria</i> sp3	74,40	0,00	74,40
<i>Spirulina</i> sp1	0,00	17,90	17,90
<i>Pseudoanabaena</i> sp	0,00	939,75	939,75
<i>Nitzschia</i> sp1	359,60	0,00	359,60
<i>Nitzschia</i> sp2	68,20	1646,80	1715,00
<i>Gomphonema</i> sp1	384,40	340,10	724,50
<i>Gomphonema</i> sp2	80,60	0,00	80,60
<i>Navicula</i> sp1	899,00	179,00	1078,00
<i>Synedra</i> sp1	0,00	62,65	62,65
<i>Eunotia</i> sp1	18,60	0,00	18,60
<i>Oedogonium</i> sp	31,00	161,10	192,10
<i>Scenedesmus</i> sp	0,00	80,55	80,55
Total	1915,80	3427,85	5343,65

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

Tabla 67. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga de Santo Tomás.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Oscillatoria</i> sp3	3,88	0,00
<i>Spirulina</i> sp1	0,00	0,52
<i>Pseudoanabaena</i> sp	0,00	27,42



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 132 de 404

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Nitzschia</i> sp1	18,77	0,00
<i>Nitzschia</i> sp2	3,56	48,04
<i>Gomphonema</i> sp1	20,06	9,92
<i>Gomphonema</i> sp2	4,21	0,00
<i>Navicula</i> sp1	46,93	5,22
<i>Synedra</i> sp1	0,00	1,83
<i>Eunotia</i> sp1	0,97	0,00
<i>Oedogonium</i> sp	1,62	4,70
<i>Scenedesmus</i> sp	0,00	2,35
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

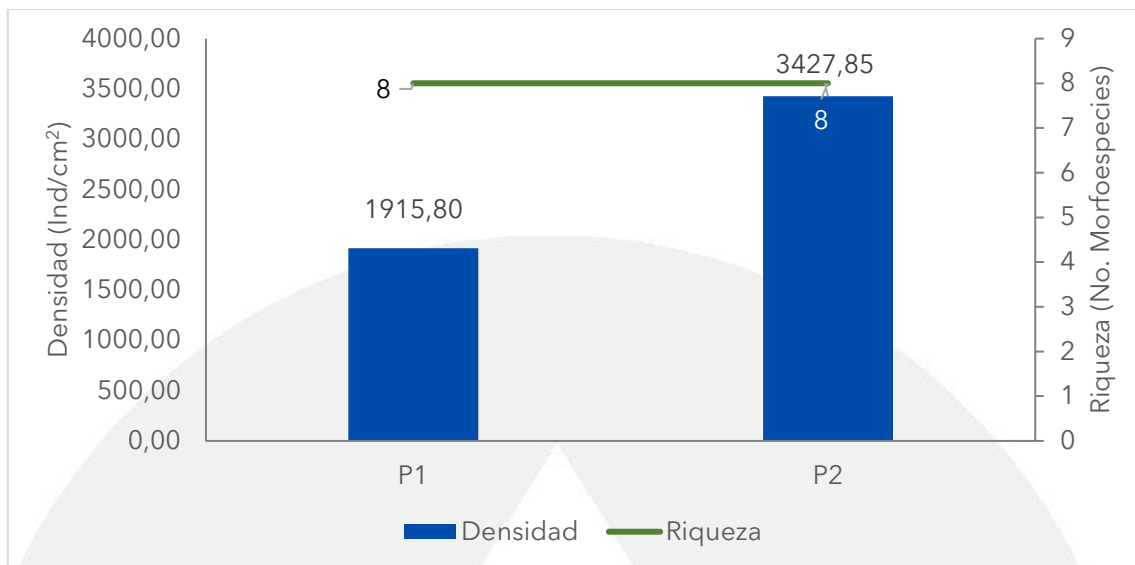
La densidad total de perifiton reportada en la Ciénaga de Santo Tomás registró un valor de 5343,65 Ind/cm², obteniendo su valor más alto en el punto "P2", con un valor de 3427,85 Ind/cm²; por su parte la riqueza presento un valor de 8 morfoespecies en cada punto (**Gráfica 4**).

La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson *et al.*, 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



Gráfica 28. Densidad (Ind/cm²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en la Ciénaga de Santo Tomás.

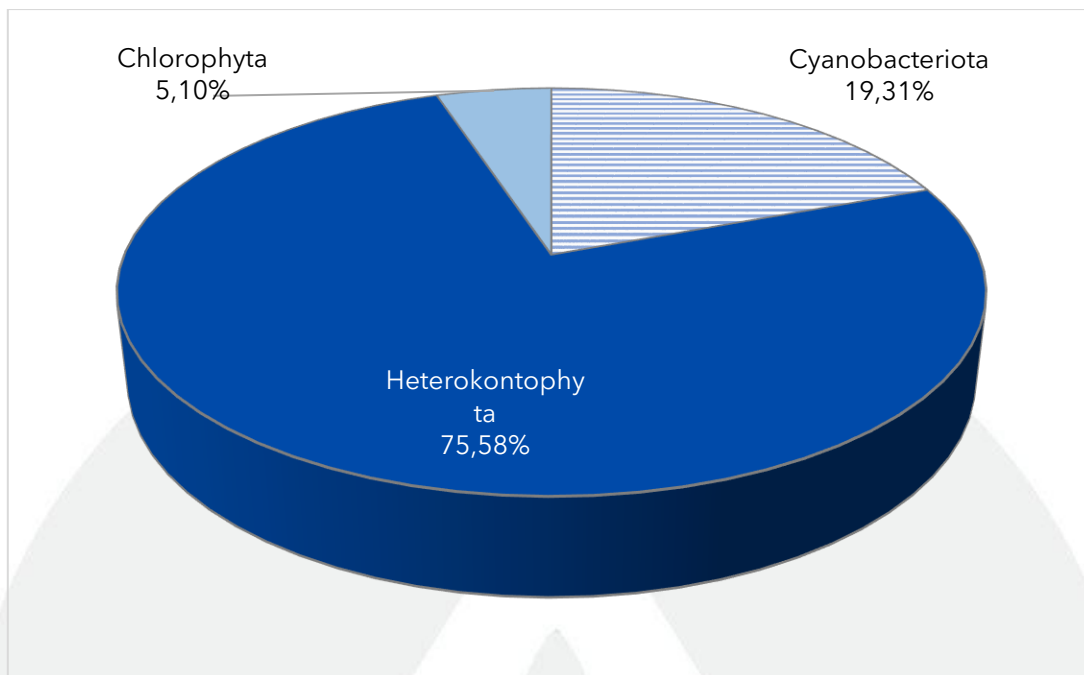
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 75,58%, seguida de Cyanobacteriota 19,31% y por último Chlorophyta (5,10%) (**Gráfica 5**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



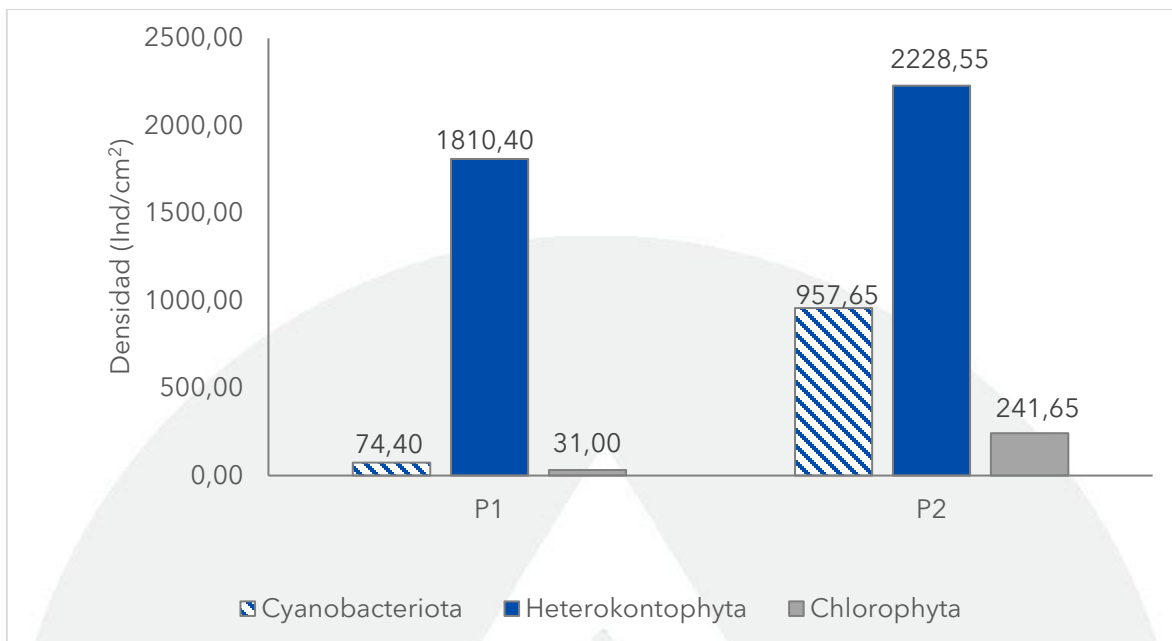


Gráfica 29. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga de Santo Tomás.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La división Heterokontophyta dominó en los puntos muestreados, presentando su mayor densidad en el punto "P2", con un valor de 2228,55 Ind/cm²; así mismo Chlorophyta y Cyanobacteriota realizaron su mayor aporte en el punto antes mencionado con 241,65Ind/cm² y 957,65 Ind/cm² respectivamente (**Gráfica 6**).





Gráfica 30. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en la Ciénaga de Santo Tomás.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,42 y 1,48, siendo máximo en el punto "P1"; los valores inferiores a dos (2) de este índice se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja con efectos de la contaminación, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores entre 0,68 y 0,71, siendo el valor del punto "P2" de alta equitatividad. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo en el punto "P1", siendo esto consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró valores bajos inferiores a dos, según Margalef (1983) es consistente con sistemas de baja riqueza (**Tabla 33**).





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 136 de 404

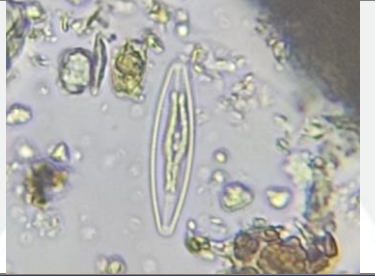
Tabla 68. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Índices	P1	P2
Taxa_S	8	8
Individuals	1915,80	3427,85
Dominance_D	0,30	0,32
Shannon_H	1,48	1,42
Margalef	0,93	0,86
Equitability_J	0,71	0,68

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 69. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

		
Nitzschia sp2	Navicula sp1	Pseudoanabaena sp
		
Oedogonium sp	Nitzschia sp1	Oscillatoria sp3

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.4.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Santo Tomás, estuvo conformada por dos (2) morfoespecies, distribuidas en un (1) phylum, dos (2) clases, dos (2) órdenes e igual cantidad de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 70**.

Tabla 70. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observados en ciénaga de Santo Tomás.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Mollusca	Bivalvia	Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicula sp</i>
	Gastropoda	Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>
1	2	2	2	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Se observaron dos (2) morfoespecies en la ciénaga, siendo *Melanoides tuberculatus*, la de mayor densidad con 135,56 Ind/m² en P2 representando el 85,71% de la densidad total de este punto de monitoreo (**Tabla 71**). *M. tuberculatus*, muestra una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas, pero su establecimiento exitoso se asocia frecuentemente con ambientes eutróficos según lo señalan Martins-Silva y Barros (2001) y se le ha registrado incluso en cuerpos de agua contaminados por grandes cantidades de excrementos humanos y animales, así como en aguas residuales domésticas (Ndifon y Ukoli, 1989).

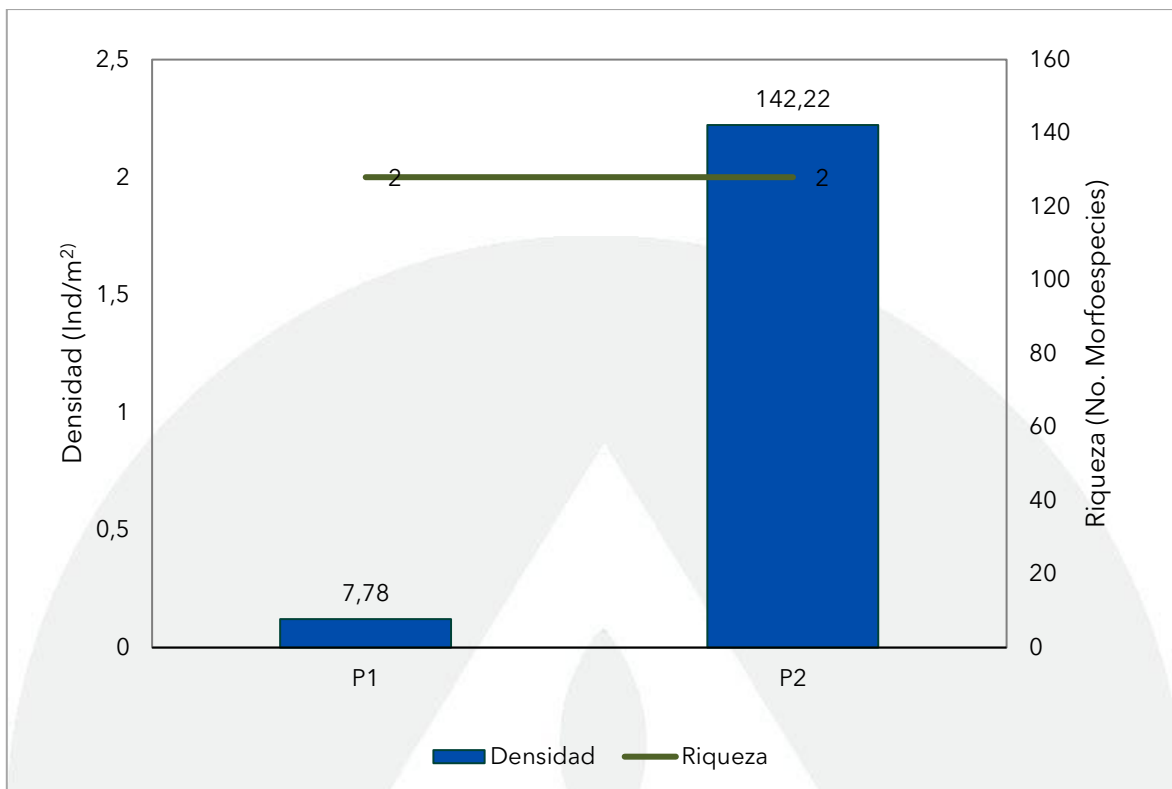
Tabla 71. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Santo Tomás.

Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Corbicula sp</i>	1,11	6,67	7,78	14,29	4,69
<i>Melanoides tuberculatus</i>	6,67	135,56	142,22	85,71	95,31
Total	7,78	142,22	150,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La densidad de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Santo Tomás fue relativamente baja, reportándose resultados entre 7,78 Ind/m² a 142,22 Ind/m²; el valor más alto estuvo relacionado con P2. En cuanto a la riqueza, no presentó mayor variación espacial ya que se observaron dos morfoespecies en los dos puntos (**Gráfica 31**).



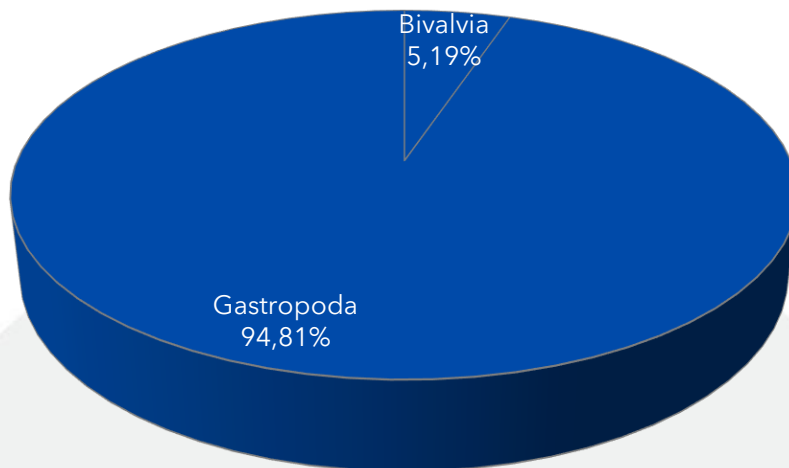


Gráfica 31. Densidad (Ind/m²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Santo Tomás.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La clase Gastropoda realizó los aportes más altos a la densidad total representando el 94,81% del valor total; mientras que Bivalvia obtuvo 5,19% (**Gráfica 32**). La composición y estructura de las comunidades bentónicas depende del tipo, morfología de la vegetación y propiedades fisicoquímicas de los cuerpos de agua. De tal manera que la prevalencia de Mollusca en la ciénaga de Santo Tomás es resultado de sus condiciones de carga orgánica y contenido de carbonatos, los cuales representan factores esenciales en el establecimiento y desarrollo de este grupo taxonómico.

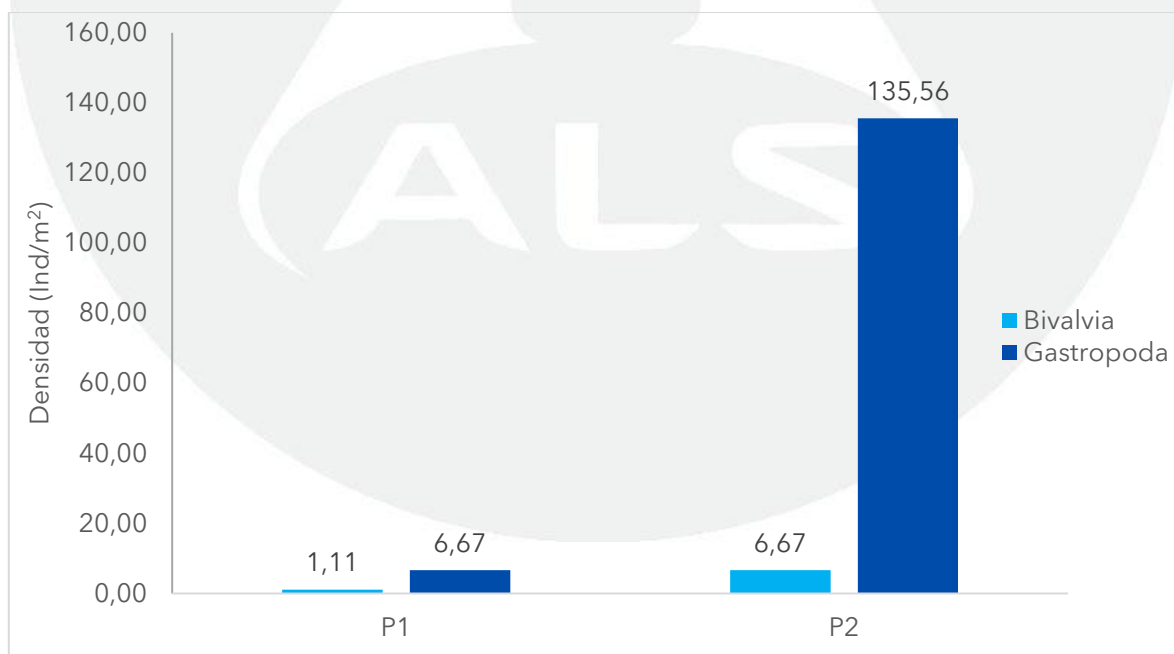




Gráfica 32. Contribución porcentual de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Santo Tomás.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de Gastropoda dominaron la densidad del punto P2 con 135,56 Ind/m²; por su parte Bivalvia registró aportes bajos y estuvo relacionada mayormente con P2, donde reportó 6,67 Ind/m² (**Gráfica 33**).



Gráfica 33. Contribución de las clases de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga de Santo Tomás.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de la ciénaga de Santo Tomás fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.1.4.5 Peces

La clasificación taxonómica de las tres (3) morfoespecies icticas reportadas en la ciénaga de Santo Tomás se muestra en la **Tabla 72**, donde se puede observar que éstas pertenecen a un (1) phylum e igual número de clase, dos (2) órdenes y tres (3) familias.

Tabla 72. Clasificación taxonómica de la comunidad de peces de la ciénaga de Santo Tomás.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus muyscorum</i>
			Prochilodontidae	<i>Prochilodus magdalenae</i>
		Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>
1	1	2	3	3

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las morfoespecies reportadas en este sistema acuático durante este monitoreo presentaron distribución en todos los puntos de monitoreos establecidos, *Prochilodus magdalenae* reportó la mayor abundancia en la ciénaga, representando el 66,67% de las abundancias en P1 con 8,00 Individuos, seguida de *Mugil cephalus* con 6,00 individuos y el 25,00% de los aportes. En cuanto a P2, las abundancias estuvieron dominadas por aportes de *M.cephalus* con tres individuos que representaron el 60,00% de las capturas en este punto (**Tabla 73**).

Tabla 73. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la comunidad de peces de la ciénaga de Santo Tomás.

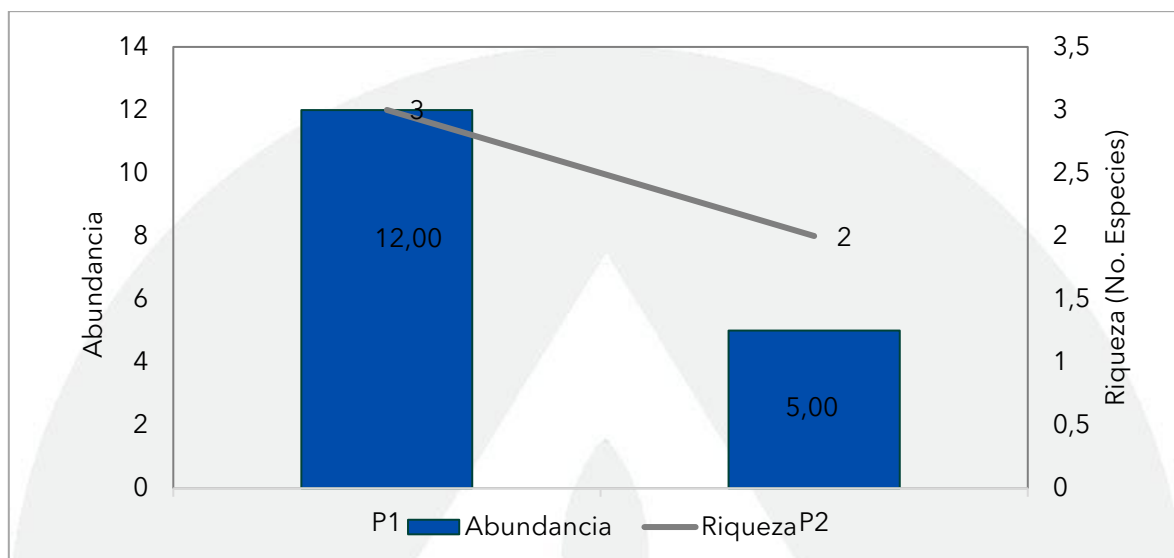
Morfoespecie	Abundancia			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Leporinus muyscorum</i>	1,00	0,00	1,00	8,33	0,00
<i>Mugil cephalus</i>	3,00	3,00	6,00	25,00	60,00
<i>Prochilodus magdalenae</i>	8,00	2,00	10,00	66,67	40,00
Total	12,00	5,00	17,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





La abundancia total de la comunidad de peces en la ciénaga Santo Tomás fue baja, ya que reportó valores entre 5 y 12 individuos; en cuanto a la riqueza total, adoptó un rango de variación de 2-3 especies y el valor más alto se relacionó con el punto P1 (**Gráfica 10**).



Gráfica 34. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en la ciénaga de Santo Tomás.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza de peces (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.1.4.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga de Santo Tomás solo se reportó una especie de macrófitas, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 74**

Tabla 74. Riqueza de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga Santo Tomás

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
Total	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 142 de 404

La **Tabla 75** presenta el porcentaje de cobertura de la especie en la ciénaga Santo Tomás, la cual reportó el 100,00% en los dos puntos muestreados.

Eichhornia crassipes es una especie de alta capacidad reproductiva y adaptativa (Guevara y Ramírez, 2015), lo que ha llevado a incluirla entre las 10 malezas más invasivas del mundo, indicando además que puede causar problemas adversos sobre la flora y fauna nativa, ya que, al formar densas colonias flotadoras, produce un descenso en el flujo del agua de ciénagas y embalses, así como produce reducción de la cantidad de luz que penetra la masa de agua y disminución del oxígeno disuelto.

Tabla 75. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la Ciénaga Santo Tomás

Morfoespecie	P1	P2
<i>Eichhornia crassipes</i>	100,00	100,00
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de la ciénaga de Santo Tomás fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.5 Ciénaga El Uvero

5.1.5.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga El Uvero estuvo conformada por siete (7) morfoespecies, vinculadas a tres (3) divisiones, tres (3) clases, cuatro (4) órdenes y cinco (5) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 76. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga El Uvero.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus</i> sp1
				<i>Desmodesmus</i> sp2
				<i>Coelastrum</i> sp1
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2
			Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa</i> sp1



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 144 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
		Synechococcales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp
3	3	4	5	7

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton reportó un valor total de 14800000,00 Ind/L y la morfoespecie de mayor abundancia fue *Pseudanabaena* sp con 12380000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Coelastrum* sp1 con 20000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

Pseudanabaena, este género se puede encontrar en sistemas límnicos mesotróficos a eutróficos de todo el mundo (Bonilla, 2009).

Tabla 77. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga El Uvero.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Desmodesmus</i> sp1	100000,00	0,68
<i>Desmodesmus</i> sp2	30000,00	0,20
<i>Coelastrum</i> sp1	20000,00	0,14
<i>Oscillatoria</i> sp2	1550000,00	10,47
<i>Aphanocapsa</i> sp1	690000,00	4,66
<i>Pseudanabaena</i> sp	12380000,00	83,65
<i>Surirella</i> sp	30000,00	0,20
Total	14800000,00	100,00

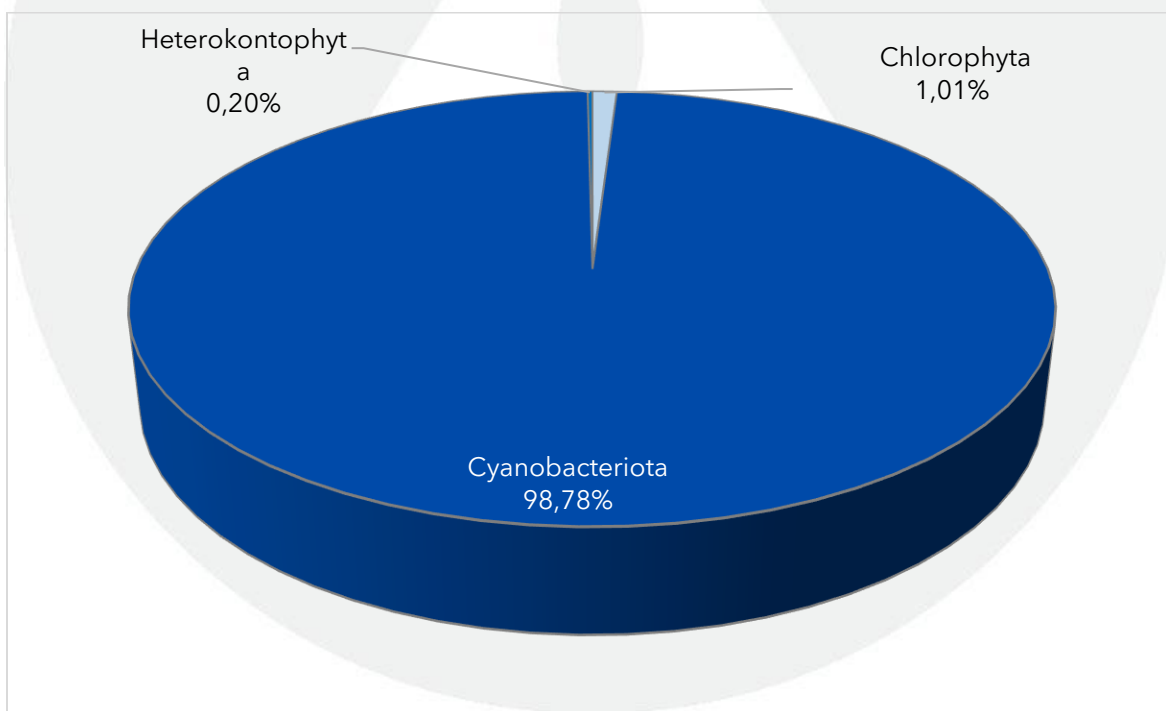
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah *et al.*, (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 98,78% de proporción, seguido de Chlorophyta (1,01%) y Heterokontophyta (0,20%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



Gráfica 35. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga El Uvero.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 0,60; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor bajo de (0,31) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor alto siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 78. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

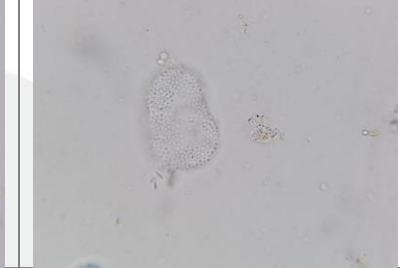
Índices	P1
Taxa_S	7
Individuals	14800000,00
Dominance_D	0,71
Shannon_H	0,60
Margalef	0,36
Equitability_J	0,31

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga Uvero:

Tabla 79. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
<i>Pseudanabaena</i> sp	<i>Oscillatoria</i> sp2	<i>Aphanocapsa</i> sp1
		
<i>Desmodesmus</i> sp1	<i>Desmodesmus</i> sp2	<i>Surirella</i> sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 148 de 404

5.1.5.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.5.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por nueve (9) morfoespecies vinculadas a dos (2) divisiones, igual número de clases, seis (6) órdenes y siete (7) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 80. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga El Uvero.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
				<i>Gomphonema</i> sp2
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp1
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
			Pinnulariaceae	<i>Gyrosigma</i> sp1
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Pinnularia</i> sp1
2	2	6	7	9

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



La comunidad perifítica registró un valor total de 5336,55 Ind/cm² y las morfoespecies más abundantes fueron *Gomphonema* sp1 y *Navicula* sp1 con 2486,85 Ind/cm² y 1539,90 Ind/cm², respectivamente; mientras que la morfoespecie menos representativa fue *Pinnularia* sp1 con 35,40 Ind/cm² (**Tabla 31**).

Gomphonema sp ha sido reportada en cuerpos de agua eutróficos, siendo más tolerantes a la polución y eutroficación, ocasionada por la característica nitrófila que éstas presentan (Donato, Duque, & Monsejo, 2005). Adicionalmente *Gomphonema* sp tiene entre sus características principales la capacidad de tomar rápidamente el fósforo en grandes cantidades y lo convierten en polifosfatos (Oliva, et al., 2005), lo que amplía su rango de desarrollo y supervivencia.

Con respecto al género *Navicula*, Cox (1994) destaca que, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

Tabla 81. Densidad (Ind/cm²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga El Uvero.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Oedogonium</i> sp	177,00	3,32
<i>Gomphonema</i> sp1	2486,85	46,60
<i>Gomphonema</i> sp2	132,75	2,49
<i>Nitzschia</i> sp1	672,60	12,60
<i>Synedra</i> sp1	194,70	3,65
<i>Navicula</i> sp1	1539,90	28,86
<i>Gyrosigma</i> sp1	53,10	1,00
<i>Pinnularia</i> sp1	35,40	0,66
<i>Eunotia</i> sp1	44,25	0,83
Total	5336,55	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

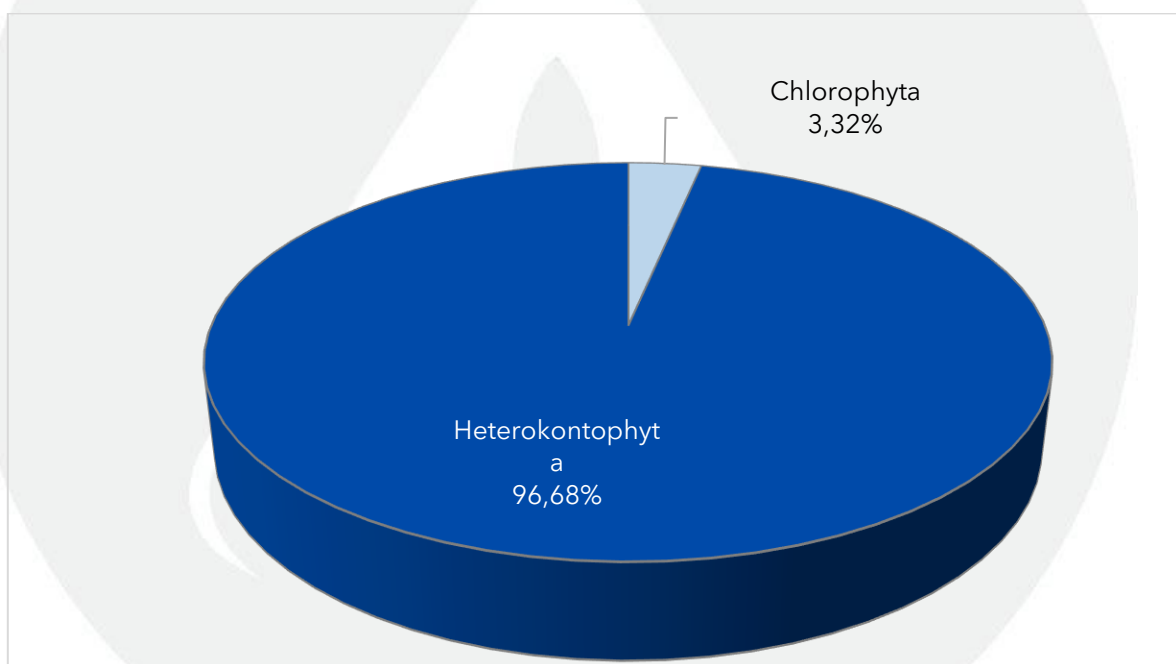
La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson et al., 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en



cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.

En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 96,68%, seguida de Chlorophyta (3,32%) (**Gráfica 5**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



Gráfica 36. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga El Uvero.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,42; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 152 de 404

dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor medio de (0,65) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 33**).

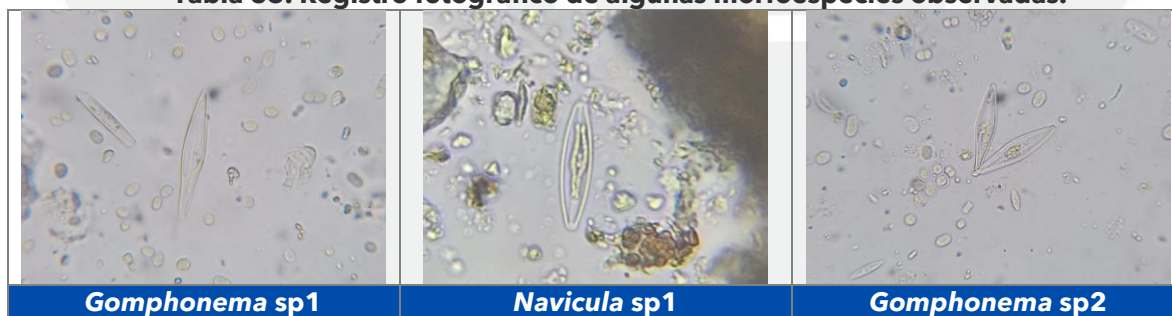
Tabla 82. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Indices	P1
Taxa_S	9
Individuals	5336,55
Dominance_D	0,32
Shannon_H	1,42
Margalef	0,93
Equitability_J	0,65

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 83. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

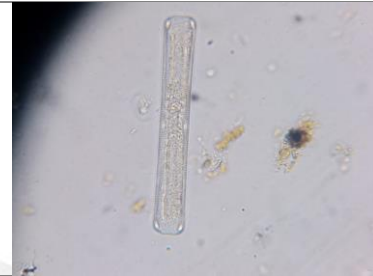
Página 153 de 404



Nitzschia sp1



Eunotia sp1



Pinnularia sp1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



5.1.5.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Uvero, estuvo conformada por dos (2) morfoespecies, distribuidas en un (1) phylum, dos (2) clases, e igual número de órdenes y familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 84**.

Tabla 84. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observados en ciénaga Uvero.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Mollusca	Bivalvia	Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicula sp</i>
	Gastropoda	Lymnaeida	Planorbidae	<i>Drepanotrema sp</i>
1	2	2	2	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia en la ciénaga Uvero fue *Corbicula sp* con 4,44 Ind/m², con un porcentaje de 66,67% de abundancia relativa (**Tabla 85**).

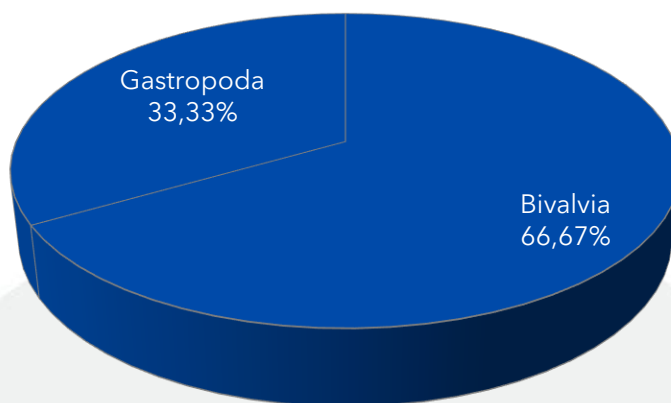
Tabla 85. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Uvero.

Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)	Abundancia relativa (%)
	P1	
<i>Corbicula sp</i>	4,44	66,67
<i>Drepanotrema sp</i>	2,22	33,33
Total	6,67	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las contribuciones a la densidad total estuvieron dominadas al 100% por el phylum Mollusca, siendo la clase Bivalvia la más representativa con el 66,67% de los aportes mientras que el 33,33% restante lo obtuvo Gastropoda (**Gráfica 37**). Particularmente, los moluscos son exitosos en este tipo de ambientes debido a que se encuentran favorecidos por altos niveles de dureza y enriquecimiento orgánico producto del vertimiento de las aguas residuales domésticas, agrícolas y efluentes industriales a las ciénagas.





Gráfica 37. Contribución porcentual de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Uvero.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de la ciénaga de Los Uvero fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.1.5.5 Peces

No se reportaron especies ícticas en la ciénaga El Uvero a pesar del esfuerzo de pesca.

5.1.5.6 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga El Uvero, solo se reportó una (1) especie de macrófitas, vinculada a la división Tracheophyta, clase Magnoliopsida, orden Commelinales y familia Pontederiaceae (**Tabla 86**).

Tabla 86. Clasificación taxonómica de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga Uvero

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
Total	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



Eichhornia crassipes obtuvo una cobertura de 100,00% en el punto de monitoreo ubicado en la ciénaga (**Tabla 87**).

Eichhornia crassipes es una especie de alta capacidad reproductiva y adaptativa, lo que ha llevado a incluirla entre las 10 malezas más invasivas del mundo, indicando además que puede causar problemas adversos sobre la flora y fauna nativa, ya que, al formar densas colonias flotadoras, produce un descenso en el flujo del agua de ciénagas y embalses, así como produce reducción de la cantidad de luz que penetra la masa de agua y disminución del oxígeno disuelto (Guevara y Ramírez, 2015).

Tabla 87. Porcentaje de Cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la Ciénaga Uvero

Morfoespecie	P1
<i>Eichhornia crassipes</i>	100,00
Total	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en la ciénaga fue inferior a cinco (5) no fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.1.6 Ciénaga la Luisa

5.1.6.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga la Luisa estuvo conformada por 11 morfoespecies, vinculadas a cuatro (4) divisiones, igual número de clases, siete (7) órdenes y 11 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 88. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga la Luisa.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
		Chlamydomonadales	Volvocaceae	Eudorina sp
			Chlorococcaceae	Chlorococcum sp
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp1
		Spirulinales	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i> sp1



División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
		Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa</i> sp
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Strombomonas</i> sp1
			Phacaceae	<i>Lepocinclis</i> sp1
			Phacaceae	<i>Phacus</i> sp2
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp1
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp2
4	4	7	11	11

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton registró un valor total de 3480000,00 Ind/L y la morfoespecie de mayor abundancia fue *Aphanocapsa* sp con 1520000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Strombomonas* sp1 con 20000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

Aphanocapsa sp, este género comprende especies bentónicas y planctónicas, algunas de difícil identificación debido a su pequeño tamaño. Además, hacen parte del picoplancton (pequeñas colonias de hasta 3 mm), por su ciclo de vida. Estos organismos producen microcistinas y lipopolisacáridos (LPS) (Gianuzi, 2009). Tienen distribución mundial, pero varias especies son limitadas por sus condiciones ecológicas y porque se encuentran en áreas geográficamente específicas (Komárek, 1992).

Tabla 89. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga la Luisa.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Pediastrum duplex</i>	210000,00	6,03
<i>Eudorina</i> sp	80000,00	2,30
<i>Chlorococcum</i> sp	100000,00	2,87
<i>Oscillatoria</i> sp1	970000,00	27,87
<i>Spirulina</i> sp1	60000,00	1,72
<i>Aphanocapsa</i> sp	1520000,00	43,68
<i>Strombomonas</i> sp1	20000,00	0,57
<i>Lepocinclis</i> sp1	330000,00	9,48
<i>Phacus</i> sp2	50000,00	1,44
<i>Pinnularia</i> sp1	100000,00	2,87
<i>Pinnularia</i> sp2	40000,00	1,15
Total	3480000,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

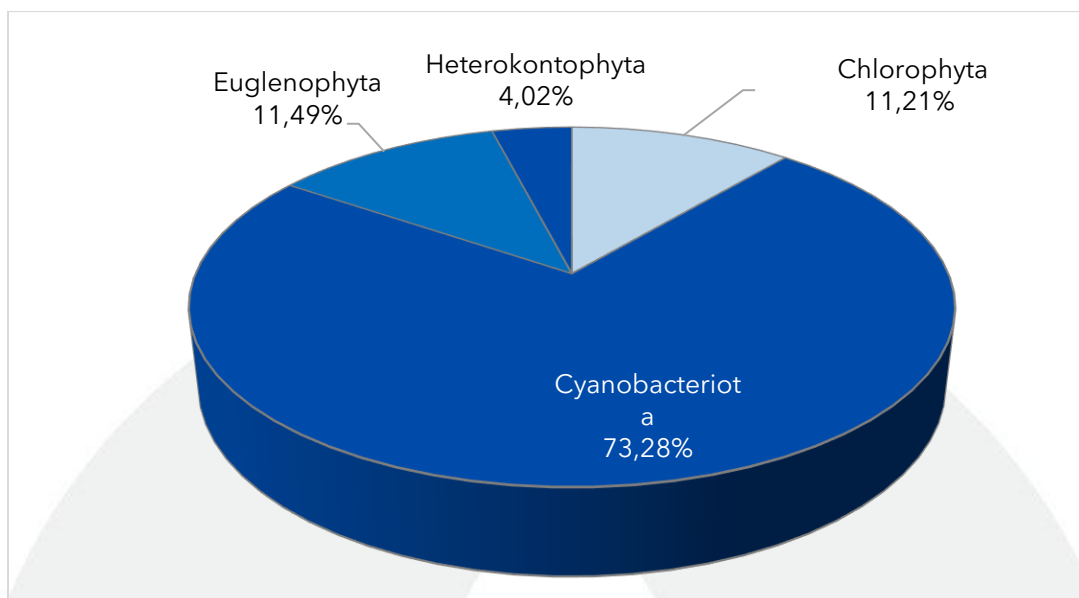
	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 159 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah *et al.*, (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 73,28% de proporción, seguido de Euglenophyta (11,49%), Chlorophyta (11,21%) y Heterokontophyta (4,02%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N₂, sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).





Gráfica 38. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga la Luisa.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,61; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.



La equitatividad obtuvo un valor medio de (0,67) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

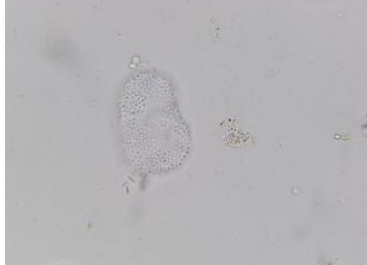
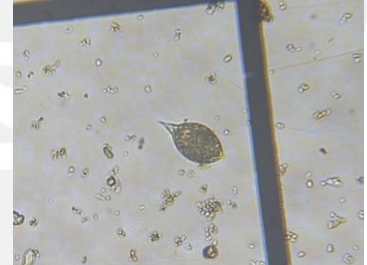
Tabla 90. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

índices	P1
Taxa_S	11
Individuals	3480000,00
Dominance_D	0,28
Shannon_H	1,61
Margalef	0,66
Equitability_J	0,67

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga la Luisa:

Tabla 91. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
Aphanocapsa sp	Pediastrum duplex	Lepocinclis sp1
		
Pinnularia sp1	Pinnularia sp2	Phacus sp2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 162 de 404

5.1.6.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.6.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por ocho (8) morfoespecies vinculadas a cuatro (4) divisiones, cinco (5) clases, siete (7) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 92. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga la Luisa.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma</i> sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp2
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
				<i>Gomphonema</i> sp2
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp1
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus</i> sp1
4	5	7	7	8

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



El perifiton registró un valor total de 1486,93 Ind/cm² y la morfoespecie más abundante fue *Gomphonema* sp1 con 836,40 Ind/cm²; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Phacus* sp1 y *Synedra* sp2 con 10,93 Ind/cm², cada una (**Tabla 31**).

Gomphonema sp, ha sido reportada en cuerpos de agua eutróficos, siendo más tolerantes a la polución y eutroficación, ocasionada por la característica nitrófila que éstas presentan (Donato, Duque, & Monsejo, 2005). Adicionalmente *Gomphonema* sp tiene entre sus características principales la capacidad de tomar rápidamente el fosforo en grandes cantidades y lo convierten en polifosfatos (Oliva, et al., 2005), lo que amplía su rango de desarrollo y supervivencia.

Tabla 93. Densidad (Ind/cm²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga la Luisa.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Eunotia</i> sp1	125,73	8,46
<i>Gyrosigma</i> sp1	32,80	2,21
<i>Synedra</i> sp2	10,93	0,74
<i>Gomphonema</i> sp1	836,40	56,25
<i>Gomphonema</i> sp2	87,47	5,88
<i>Oedogonium</i> sp	229,60	15,44
<i>Oscillatoria</i> sp1	153,07	10,29
<i>Phacus</i> sp1	10,93	0,74
Total	1486,93	100,00

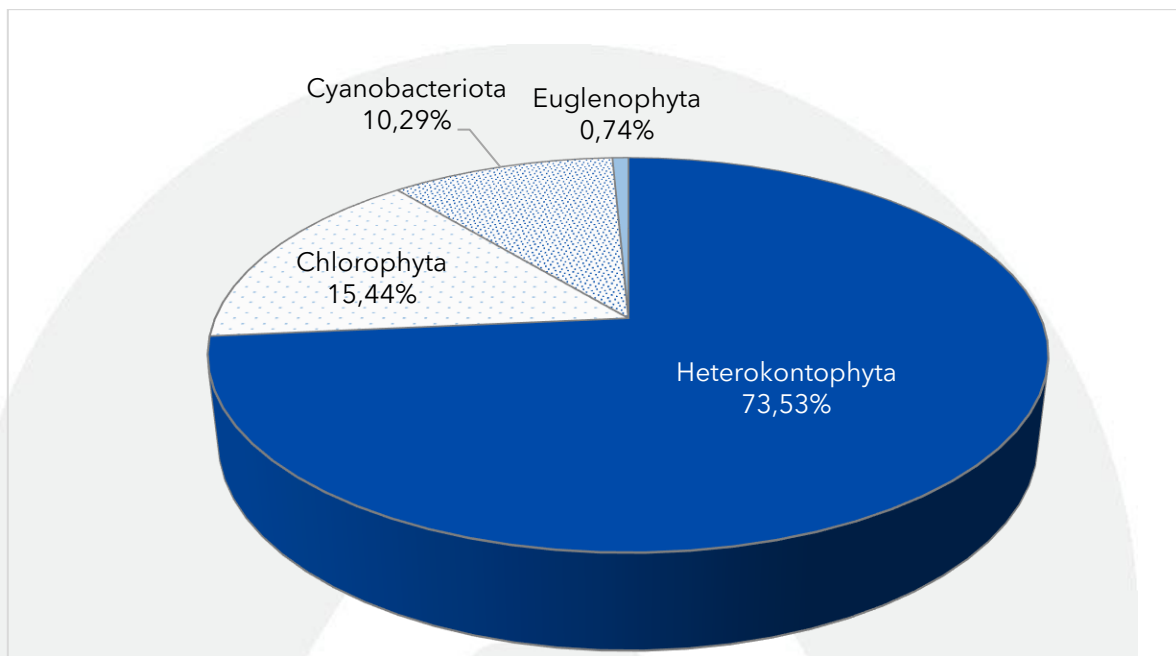
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson et al., 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.

En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 73,53%, seguida de Chlorophyta (15,44%), Cyanobacteriota (10,29%) y Euglenophyta (0,74%) (**Gráfica 5**).



Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



Gráfica 39. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registradas en la Ciénaga la Luisa.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,38; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor medio de (0,66) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con



la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 33**).

Tabla 94. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

índices	P1
Taxa_S	11
Individuals	1486,93
Dominance_D	0,36
Shannon_H	1,38
Margalef	0,96
Equitability_J	0,66

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 95. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

		
Gomphonema sp1	Oedogonium sp	Oscillatoria sp1
		
Eunotia sp1	Gyrosigma sp1	Gomphonema sp2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

5.1.6.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga La Luisa, estuvo conformada por una (1) morfoespecie, distribuida en un (1) phylum, una (1) clase, e igual cantidad de órdenes y familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 96**.

Tabla 96. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observados en ciénaga La Luisa.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Mollusca	Gastropoda	Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Melanoides tuberculatus fue la única especie reportada en la ciénaga, con una densidad de 2,22 Ind/m² (**Tabla 97**). *M. tuberculatus* habita en ríos, quebradas, arroyos, caños, canales y otros sistemas lénticos naturales y artificiales, incluidos los embalses. Ocurre en aguas contaminadas con desechos de origen orgánico y eutrofizadas, se reproduce rápidamente, con consecuencias catastróficas para las especies nativas y los cuerpos de agua invadidos, es altamente móvil, consume desechos generados por los humanos y se adapta a diferentes entornos (CABI, 2018).

Tabla 97. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de la morfoespecie de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga La Luisa.

Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)	Abundancia relativa (%)
	P1	
<i>Melanoides tuberculatus</i>	2,22	100,00%
Total	2,22	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de la ciénaga de La Luisa fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.1.6.5 Peces

No se reportaron peces en la ciénaga La Luisa a pesar del esfuerzo de pesca.



5.1.6.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga la Luisa se reportó una morfoespecie de macrófita, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 98**.

Tabla 98. Clasificación taxonómica de las macrófitas reportadas en la ciénaga la Luisa

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La **Tabla 99** muestra el porcentaje de cobertura de *Eichhornia crassipes* en P1 cuyo valor correspondió al 100,00%.

Tabla 99. Porcentaje de cobertura de macrófitas en la ciénaga la Luisa

Morfoespecie	P1
<i>Eichhornia crassipes</i>	100,00
Total	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en el punto de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.



5.1.7 Ciénaga La Larga

5.1.7.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga La Larga estuvo conformada por 11 morfoespecies, vinculadas a cuatro (4) divisiones, cinco (5) clases, seis (6) órdenes y 11 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 100. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga La Larga.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp1
			Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Actinastrum</i> sp1
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp1
			Phacaceae	<i>Lepocinclis</i> sp1
			Phacaceae	<i>Lepocinclis</i> sp2
			Phacaceae	<i>Phacus</i> sp1



División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
			Phacaceae	<i>Phacus</i> sp2
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp
4	5	6	11	11

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton registró un valor total de 2820000,00 Ind/L y la morfoespecie de mayor abundancia fue *Oscillatoria* sp2 con 1140000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Eunotia* sp1 con 20000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

Oscillatoria sp2, probablemente se distribuye en todo el mundo fuera de las regiones frías (Guiry y Guiry, 2020). Relaciona más de 70 especies; varias se consideran cosmopolitas. La mayoría son de agua dulce, pero otras son de ambientes marinos y salobres. Se encuentran en ambientes bentónicos y pocas son planctónicas (Komárek et al., 2003).

Tabla 101. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga La Larga.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Coelastrum</i> sp1	30000,00	1,06
<i>Pediastrum duplex</i>	100000,00	3,55
<i>Actinastrum</i> sp1	200000,00	7,09
<i>Oscillatoria</i> sp2	1140000,00	40,43
<i>Euglena</i> sp1	60000,00	2,13
<i>Lepocinclis</i> sp1	660000,00	23,40
<i>Lepocinclis</i> sp2	80000,00	2,84
<i>Phacus</i> sp1	40000,00	1,42
<i>Phacus</i> sp2	70000,00	2,48
<i>Eunotia</i> sp1	20000,00	0,71
<i>Surirella</i> sp	420000,00	14,89
Total	2820000,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

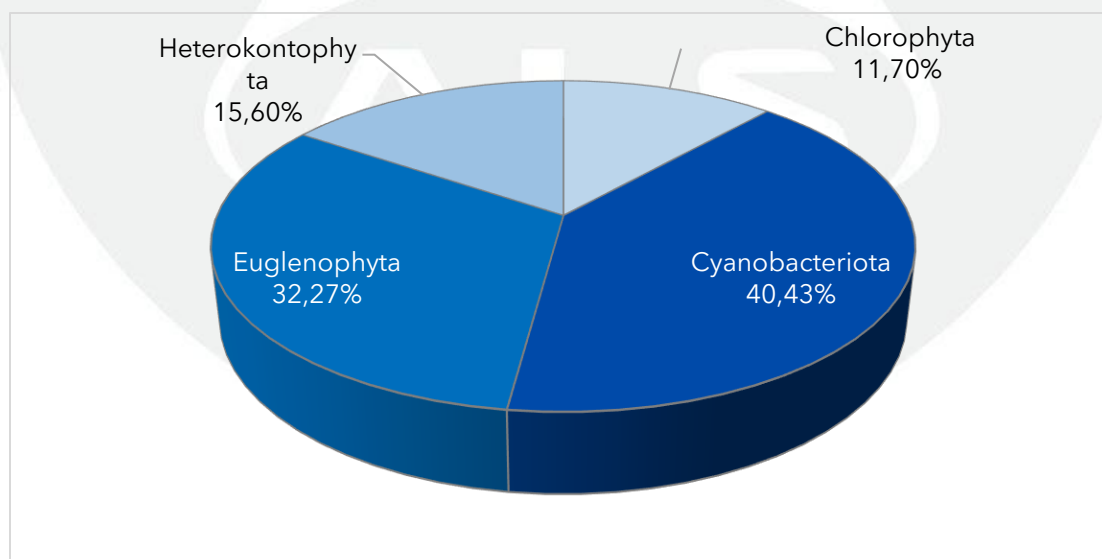
Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia,



tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 40,43% de proporción, seguido de Euglenophyta (32,27%), Heterokontophyta (15,60%) y Chlorophyta (11,70%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



Gráfica 40. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga La Larga.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,71; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor medio de (0,71) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

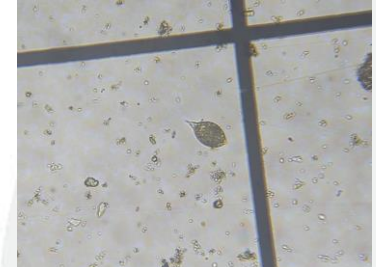
Tabla 102. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

índices	P1
Taxa_S	11
Individuals	2820000,00
Dominance_D	0,25
Shannon_H	1,71
Margalef	0,67
Equitability_J	0,71

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga La Larga:

Tabla 103. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
Oscillatoria sp2	Pediastrum duplex	Phacus sp1
		
Lepocinclis sp1	Phacus sp2	Surirella sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 174 de 404

5.1.7.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.1.7.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por 11 morfoespecies vinculadas a cuatro (4) divisiones, cinco (5) clases, ocho (8) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 104. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga La Larga.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp1
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenida	Phacidae	<i>Lepocinclis</i> sp
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2
				<i>Lyngbya</i> sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
				<i>Gyrosigma</i> sp2
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp
				<i>Synedra</i> sp1



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 176 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
4	5	8	8	11

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El perifiton registró un valor total de 3959,10 Ind/cm² y la morfoespecie más abundante fue *Navicula* sp1 con 1784,50 Ind/cm²; mientras que, las morfoespecies menos representativas fueron *Scenedesmus* sp1, *Lepocinclis* sp y *Gyrosigma* sp2 con 16,60 Ind/cm² (**Tabla 31**).

Navicula sp es considerada una diatomea heterotrófica facultativa, lo cual permite su reproducción y desarrollo en diferentes tipos de ecosistemas (Díaz-Quiroz & Rivera-Rendón, 2004).

Tabla 105. Densidad (Ind/cm²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga La Larga.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)	Abundancia relativa (%)
	C LARGA P1	C LARGA P1
<i>Oedogonium</i> sp	107,90	2,73
<i>Scenedesmus</i> sp1	16,60	0,42
<i>Lepocinclis</i> sp	16,60	0,42
<i>Oscillatoria</i> sp2	290,50	7,34
<i>Lyngbya</i> sp1	365,20	9,22
<i>Navicula</i> sp1	1784,50	45,07
<i>Gyrosigma</i> sp2	16,60	0,42
<i>Gomphonema</i> sp1	581,00	14,68
<i>Fragilaria</i> sp	83,00	2,10
<i>Synedra</i> sp1	49,80	1,26
<i>Nitzschia</i> sp1	647,40	16,35
Total	3959,10	100,00

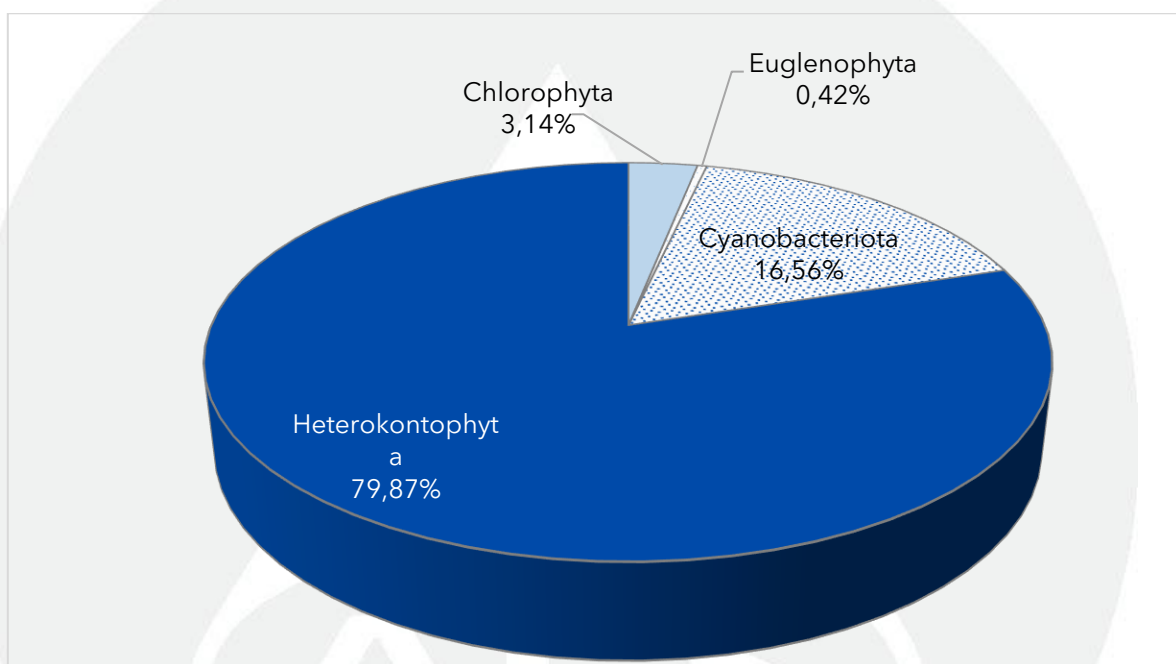
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson et al., 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.



En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 79,87%, seguida de Cyanobacteriota (16,56%), Chlorophyta (3,14%), y Euglenophyta (0,42%) (**Gráfica 5**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



Gráfica 41. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga La Larga.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,65; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.





La equitatividad obtuvo un valor medio de (0,69) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 33**).

Tabla 106. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

índices	C LARGA P1
Taxa_S	11
Individuals	3959,10
Dominance_D	0,27
Shannon_H	1,65
Margalef	1,21
Equitability_J	0,69

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 107. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Gomphonema sp1	Oedogonium sp	Oscillatoria sp1
Eunotia sp1	Scenedesmus sp1	Gomphonema sp2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023





5.1.7.4 Macroinvertebrados bentónicos

No se reportaron Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga la larga pesar del esfuerzo del monitoreo.

5.1.7.5 Peces

No se reportaron peces en la ciénaga la larga pesar del esfuerzo de pesca.

5.1.7.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga la Larga se reportó una morfoespecie de macrófita, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 98**.

Tabla 108. Clasificación taxonómica de las macrófitas reportadas en la ciénaga la Larga.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

La **Tabla 99** muestra el porcentaje de cobertura de *Eichhornia crassipes* en P1 cuyo valor correspondió al 100,00%.

Tabla 109. Porcentaje de cobertura de macrófitas en la ciénaga la Larga

Morfoespecie	P1
<i>Eichhornia crassipes</i>	100,00
Total	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en el punto de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.



5.1.8 Río Magdalena

5.1.8.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga Malambo estuvo conformada por 14 morfoespecies, vinculadas a tres (3) divisiones, seis (6) clases, 11 órdenes y 13 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 25**.

Tabla 110. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en el Río Magdalena.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp1
				<i>Oscillatoria</i> sp2
		Nostocales	Microcoleaceae	<i>Planktothrix</i> sp
			Aphanizomenonaceae	<i>Anabaena</i> sp
		Synechococcales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp1



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 181 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
	Chlorophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Microcystis</i> sp1
		Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
			Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> sp1
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus</i> sp3
Heterokontophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i> sp1
	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp
	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma</i> sp1
3	6	11	13	14

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Microcystis* sp1 con 2360000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Synedra* sp con 8000,00 Ind/L (Tabla 26).

El género *Microcystis* sp, presenta distribución cosmopolita. Aparece de manera planctónica en aguas estancadas, dulces o moderadamente salinas, y con elevado nivel trófico, especialmente si están enriquecidas en fósforo. A menudo forma blooms a finales de verano que se manifiestan por un color verde. (Romero, 2010).

Tabla 111. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en el Río Magdalena.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)			
	P1	P2	P3	Total
<i>Oscillatoria</i> sp1	0,00	40000,00	16000,00	56000,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	0,00	0,00	24000,00	24000,00
<i>Planktothrix</i> sp	36000,00	24000,00	8000,00	68000,00
<i>Anabaena</i> sp	8000,00	20000,00	0,00	28000,00
<i>Pseudanabaena</i> sp1	20000,00	28000,00	0,00	48000,00
<i>Microcystis</i> sp1	788000,00	1064000,00	508000,00	2360000,00
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	12000,00	4000,00	16000,00
<i>Coelastrum</i> sp1	12000,00	0,00	0,00	12000,00
<i>Phacus</i> sp3	0,00	16000,00	4000,00	20000,00
<i>Aulacoseira</i> sp1	56000,00	24000,00	0,00	80000,00
<i>Cyclotella</i> sp	0,00	8000,00	8000,00	16000,00
<i>Eunotia</i> sp1	0,00	8000,00	24000,00	32000,00
<i>Synedra</i> sp	8000,00	0,00	0,00	8000,00



Morfoespecie	Densidad (Ind/L)			
	P1	P2	P3	Total
<i>Gyrosigma</i> sp1	0,00	8000,00	8000,00	16000,00
Total	928000,00	1252000,00	604000,00	2784000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 112. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en el Río Magdalena.

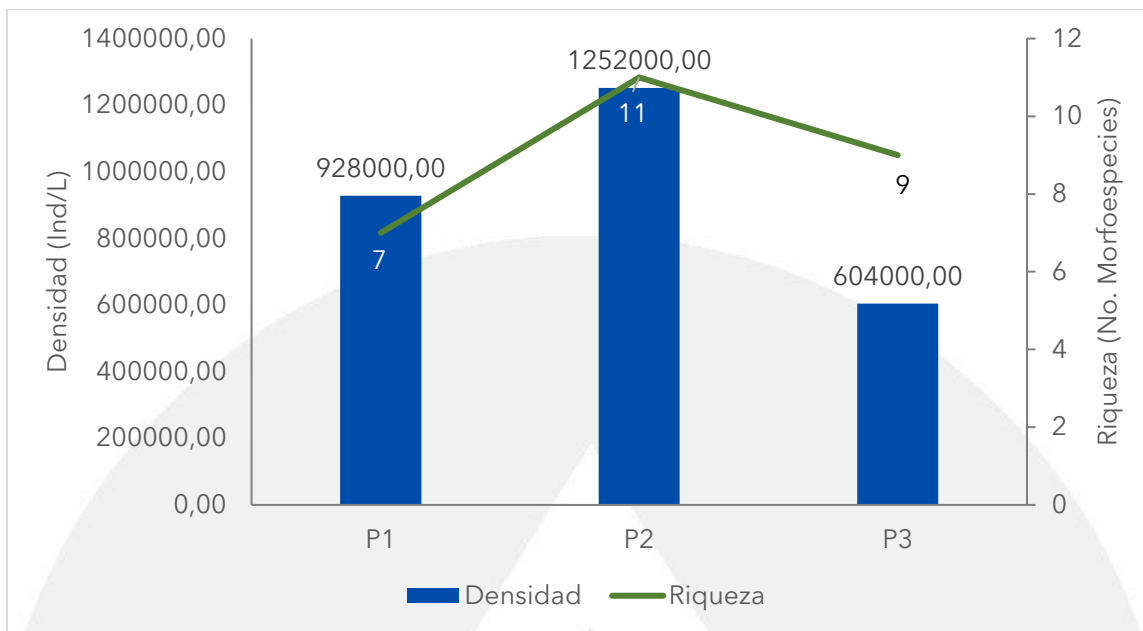
Morfoespecie	Abundancia relativa (%)		
	P1	P2	P3
<i>Oscillatoria</i> sp1	0,00	3,19	2,65
<i>Oscillatoria</i> sp2	0,00	0,00	3,97
<i>Planktothrix</i> sp	3,88	1,92	1,32
<i>Anabaena</i> sp	0,86	1,60	0,00
<i>Pseudanabaena</i> sp1	2,16	2,24	0,00
<i>Microcystis</i> sp1	84,91	84,98	84,11
<i>Pediastrum duplex</i>	0,00	0,96	0,66
<i>Coelastrum</i> sp1	1,29	0,00	0,00
<i>Phacus</i> sp3	0,00	1,28	0,66
<i>Aulacoseira</i> sp1	6,03	1,92	0,00
<i>Cyclotella</i> sp	0,00	0,64	1,32
<i>Eunotia</i> sp1	0,00	0,64	3,97
<i>Synedra</i> sp	0,86	0,00	0,00
<i>Gyrosigma</i> sp1	0,00	0,64	1,32
Total	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton obtuvo una densidad total de 2784000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P2" donde reportó 1252000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 7-11 morfoespecies, y su valor máximo coincidió con el de la densidad (**Gráfica 1**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.





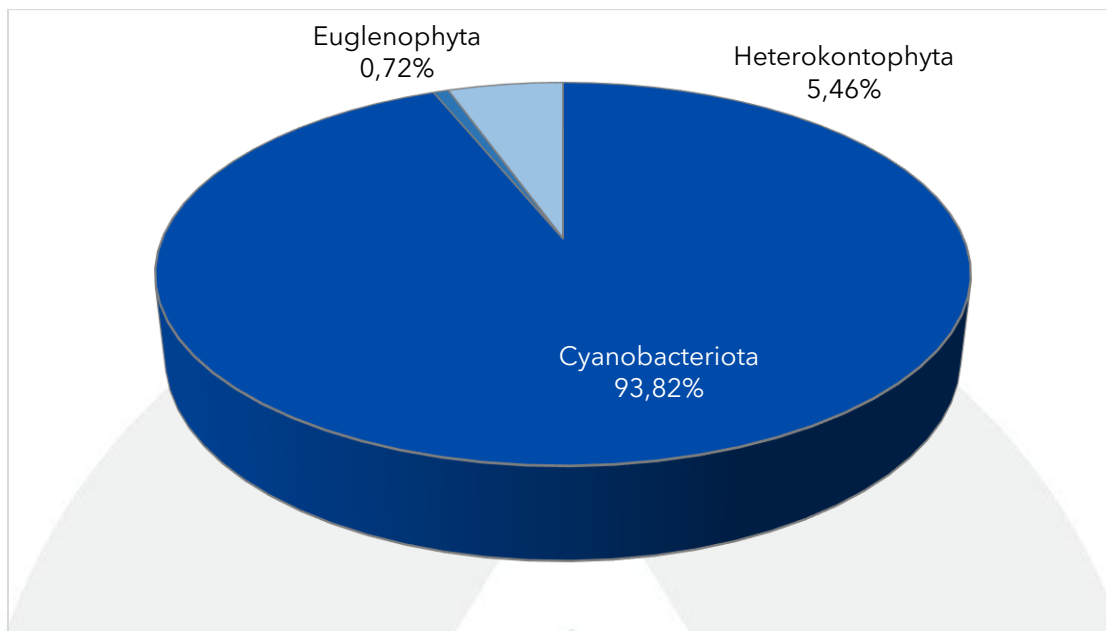
Gráfica 42. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en el Río Magdalena.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 93,82% de proporción, seguido de Heterokontophyta (5,46%) y Euglenophyta (0,72%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).





Gráfica 43. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en el Río Magdalena.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Cyanobacteriota dominaron las densidades en los puntos muestreados; siendo mayor en el punto "P2" con 1188000,00 Ind/L, por su parte, Euglenophyta solo se reportó en dos de los puntos y registró su máximo en el punto antes mencionado con 16000,00 Ind/L. Finalmente Heterokontophyta realizó su mayor aporte en el punto "P1" con 64000,00 Ind/L (**Gráfica 3**).





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

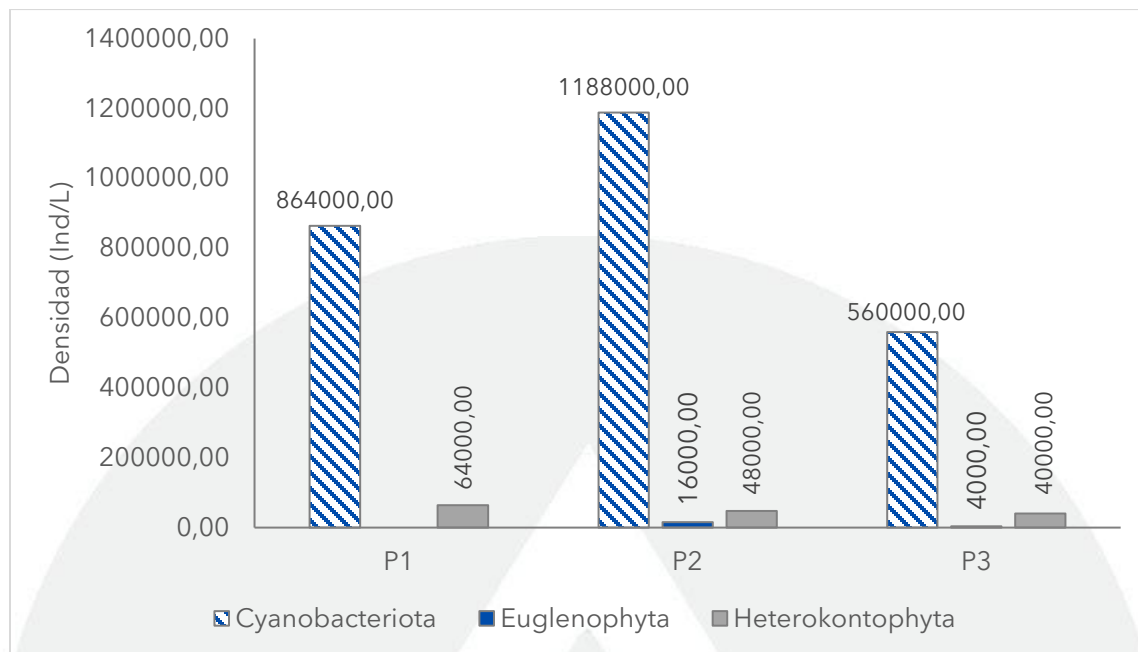
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 185 de 404



Gráfica 44. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en el Río Magdalena por punto de monitoreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 0,66 y 0,75, siendo máximo en el punto "P2"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 186 de 404

La equitatividad obtuvo valores bajos de 0,31 a 0,34, siendo máximo en los puntos "P1 y P3" que se relacionan con las abundancias de las morfoespecies *Microcystis sp1* y *Planktothrix sp*, las cuales fueron significativamente superiores al resto de las morfoespecies en el ensamblaje fitoplanctónico. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores altos, lo anterior se encuentra explicado por las densidades de las morfoespecies antes mencionadas, demostrando así la conceptualidad inversa de este índice con el de equitatividad.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 113. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Índices	P1	P2	P3
Taxa_S	7	11	9
Individuals	928000,00	1252000,00	604000,00
Dominance_D	0,73	0,73	0,71
Shannon_H	0,66	0,75	0,74
Margalef	0,44	0,71	0,60
Equitability_J	0,34	0,31	0,34

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en el Río Magdalena:

Tabla 114. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 187 de 404



Phacus sp3



Eunotia sp1



Gyrosigma sp.1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 188 de 404

5.1.8.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 189 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

5.1.8.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginoso producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

A pesar del esfuerzo de muestreo no se reportaron morfoespecies de perifiton en el río Magdalena, el desarrollo de las algas del perifiton depende de factores abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiante por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros. La luz y la temperatura son factores importantes para el desarrollo de la comunidad perifítica. En la naturaleza ambos factores varían en forma concomitante, aunque la influencia de la luz se manifiesta en la longitud del período de fotosíntesis y la temperatura influye como factor acumulativo o de pérdida gradual, debido a la elevada inercia térmica que posee el cuerpo de agua. La disponibilidad de espacio para colonizar es esencial para el perifiton y afecta la productividad de la comunidad. Las comunidades adheridas a superficies con área de colonización fija (rocas, granos de arena) pueden estar limitadas por espacio, si el resto de los factores se hallan en condiciones óptimas (Wetzel, 2000). A pesar de que las comunidades perifíticas

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 190 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

de ríos están bien adaptadas al movimiento continuo del agua, en los períodos de incremento de caudal aumenta el desprendimiento de células (Horner & Welch, 1981).



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



5.1.8.4 Macroinvertebrados bentónicos

No se reportaron Macroinvertebrados bentónicos en los puntos ubicados en el Río Magdalena a pesar del esfuerzo del monitoreo.

La ausencia de macroinvertebrados es característica de ecosistemas perturbados con una pobre oferta de recursos y hábitat disponibles que impiden el establecimiento de poblaciones más grandes. Las comunidades de macroinvertebrados son especialmente sensibles a los efectos de actividades antropogénicas, dado que resultan en los sistemas acuáticos sustancias tóxicas para ciertos grupos taxonómicos, particularmente aquellos que tienen altas exigencias ambientales, es el caso de plecópteros, tricópteros, algunos odonatos y efemerópteros que requieren de óptimas condiciones de oxígeno para subsistir (Roldán y Ramírez, 2008).

5.1.8.5 Peces

La clasificación taxonómica de las dos (2) morfoespecies ícticas reportadas en el Río Magdalena se muestra en la **Tabla 72**, donde se puede observar que éstas pertenecen a un (1) phylum e igual número de clase, orden y familia.

Tabla 115. Clasificación taxonómica de la comunidad de peces en el Río Magdalena.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Cichliformes	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>
				<i>Caquetaia kraussi</i>
1	1	1	1	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las especies reportadas en este sistema acuático durante este monitoreo presentaron distribución únicamente en el punto P3, donde registraron un total de 20 individuos capturados, siendo *O.niloticus* la especie de mayor abundancia con 13 individuos y el 75,00% de la abundancia relativa seguida de *C.kraussi* con el 25,00% restante y siete (7) ejemplares capturados (**Tabla 73**).

Estas dos especies observadas en el Río Magdalena las cuales presentan características altamente tolerantes a condiciones adversas y/o de contaminación, e incluso son reportadas en ambientes con bajos niveles de oxígeno. Este resultado puede estar



mostrando algún grado de contaminación en este sistema acuático, por lo que solo coexisten estas especies, y no otras menos tolerantes.

Tabla 116. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la comunidad de peces en el Río Magdalena.

Morfoespecie	Abundancia				Abundancia relativa (%)		
	P1	P2	P3	Total	P1	P2	P3
<i>Caquetaia kraussi</i>	0,00	0,00	7,00	7,00	0,00	0,00	25,00
<i>Oreochromis niloticus</i>	0,00	0,00	13,00	13,00	0,00	0,00	75,00
Total	0,00	0,00	20,00	20,00	0,00	0,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza de peces (Taxa_S) en los puntos de monitoreo en el Río Magdalena fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.1.8.6 Macrófitas acuáticas

En el Río Magdalena se reportó una morfoespecie de macrófitas, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 117**.

Tabla 117. Clasificación taxonómica de las macrófitas reportadas en el Río Magdalena

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia sp</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Eichhornia sp fue la única morfoespecie con cobertura en el río, con un porcentaje de 9,62% en el punto P2; por su parte, en los puntos P1 y P3 no se registró cobertura de macrófitas (**Tabla 118**).

Tabla 118. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en el Río Magdalena

Morfoespecie	P1	P2	P3
<i>Eichhornia crassipes</i>	0,00	9,60	0,00
Total	0,00	9,60	0,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 193 de 404

Las macrófitas juegan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos, ya que promueven una complejidad espacial ligada a la abundancia, diversidad y estructura de las comunidades de macroinvertebrados (Thomaz y Cunha, 2010). Los ecosistemas dominados por macrófitas brindan protección contra depredadores de macroinvertebrados y fuentes de alimento para herbívoros, detritívoros y depredadores (Shaffer, 1998).

Dado que la riqueza de macrófitas (Taxa_S) en los puntos de monitoreo en el río Magdalena fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited

5.2 Cuenca Canal del Dique

5.2.1 Embalse El Guájaro

5.2.1.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el Embalse El Guájaro estuvo conformada por 22 morfoespecies, vinculadas a cuatro (4) divisiones, siete (7) clases, diez (10) órdenes y 15 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 25**.

Tabla 119. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en el Embalse El Guájaro.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp
				<i>Tetrastrum</i> sp
				<i>Coelastrum</i> sp
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
				<i>Chlorella</i> sp





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 195 de 404

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
			Oocystaceae	<i>Oocystis</i> sp1
		Chroococcales	Microcystaceae	<i>Microcystis</i> sp1
				<i>Oscillatoria</i> sp2
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp3
				<i>Oscillatoria</i> sp4
				<i>Aphanocapsa</i> sp1
		Synechococcales	Merismopediaceae	
			Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp1
				<i>Dolichospermum</i> sp1
		Nostocales	Aphanizomenonaceae	
			Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp
				<i>Trachelomonas armata</i>
				<i>Trachelomonas hispida</i>
				<i>Euglena</i> sp2
			Phacaceae	<i>Lepocinclis acus</i>
	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i> sp1
				<i>Aulacoseira</i> sp2
	Mediophyceae	Stephanodisciales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp
4	7	10	15	22

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

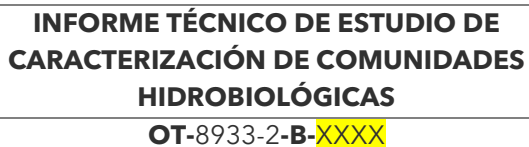
La morfoespecie de mayor abundancia fue *Anabaena* sp con 130940000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Dolichospermum* sp1, con 200000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

El género *Anabaena* sp, algunas especies de este genero forman floraciones en lagos y presas, además pueden ocasionar desequilibrios ecológicos y de salud pública debido a las toxinas que producen (Chorus y Bartram, 1999).



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

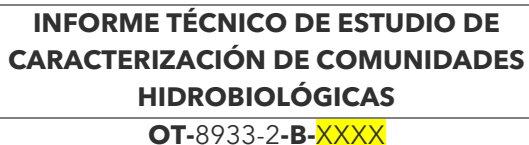
part of
ALS Limited



Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 196 de 404

Tabla 120. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en el Embalse El Guájaro.

[illegible]



Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 197 de 404

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Total
Eunotia sp1	0,00	0,00	60000,00	20000,00	40000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120000,00
Aulacoseira sp1	120000,00	80000,00	140000,0	0,00	40000,00	0,00	0,00	320000,00	120000,00	820000,00
Aulacoseira sp2	0,00	200000,0	40000,00	260000,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	500000,00
Cyclotella sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140000,0	0,00	0,00	0,00	140000,00
Total	15108000 0,00	3640000 ,00	5680000 ,00	4780000 ,00	2960000 ,00	7400000 ,00	6660000 ,00	1496000 0,00	1152000 0,00	20868000 0,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 121. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en el Embalse El Guájaro.

[illegible]



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 198 de 404

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
<i>Lepocinclis acus</i>	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Eunotia sp1</i>	0,00	0,00	1,06	0,42	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Aulacoseira sp1</i>	0,08	2,20	2,46	0,00	1,35	0,00	0,00	2,14	1,04
<i>Aulacoseira sp2</i>	0,00	5,49	0,70	5,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Cyclotella sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

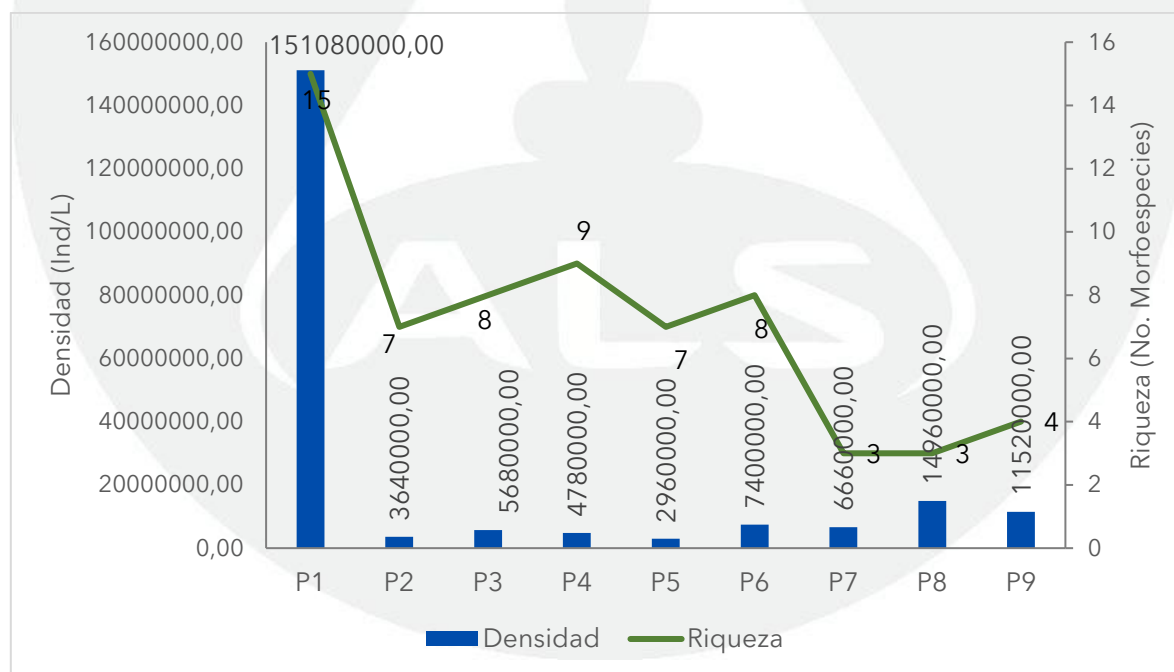
Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 199 de 404

El fitoplancton obtuvo una densidad total de 208680000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P1" donde reportó 151080000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 3-15 morfoespecies, y su valor máximo fue consistente con el de la densidad (**Gráfica 1**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



Gráfica 45. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en el Embalse El Guájar.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



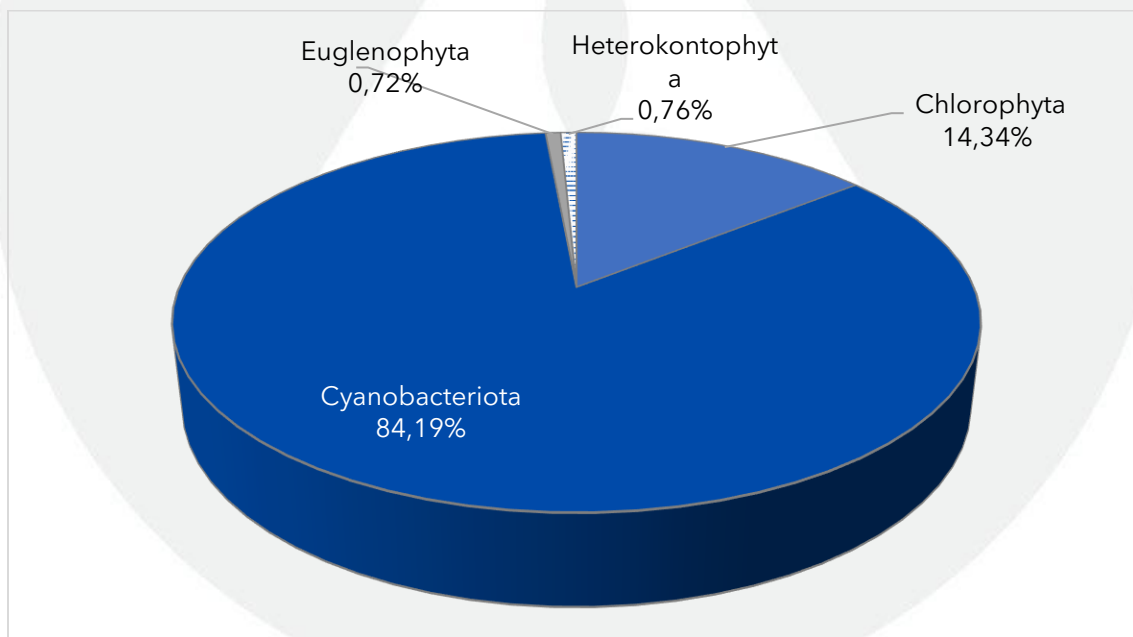
SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 84,19% de proporción, seguido de Chlorophyta (14,34%), Heterokontophyta (0,76%) y Euglenophyta (0,72%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



Gráfica 46. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en el Embalse El Guájaro.

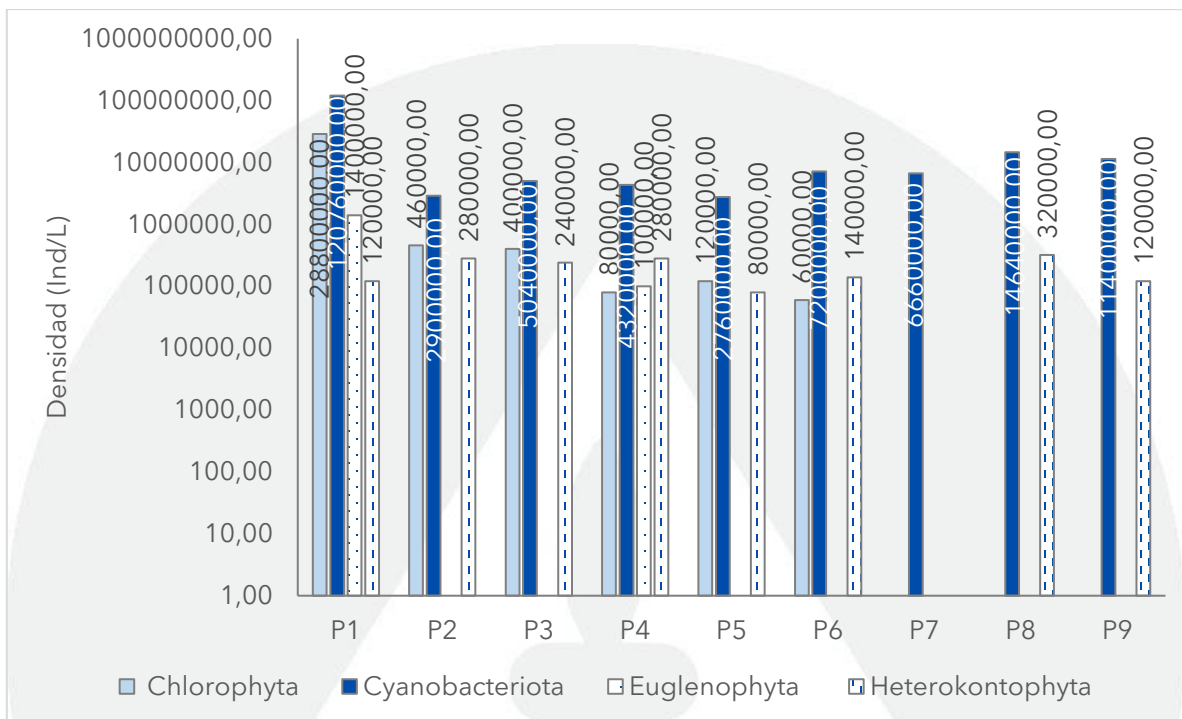
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Cyanobacteriota dominaron las densidades en todos los puntos muestreados; siendo mayor en el punto "P1" con 120760000,00 Ind/L, así mismo, Chlorophyta y Euglenophyta registraron su máximo





aporte en este mismo punto con 28800000,00 Ind/L y 1400000,00 Ind/L, respectivamente. Finalmente, Heterokontophyta realizó su mayor aporte en el punto "P8" con 320000,00 Ind/L (**Gráfica 3**).



Gráfica 47. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en el Embalse El Guájaro por punto de monitoreo.

*: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 0,68 y 1,62, siendo máximo en el punto "P8"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de





diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores bajos-medios de 0,25 a 0,78, siendo máximo en el punto "P8" que se relacionan con las densidades de la morfoespecie *Anabaena sp*, las cuales fueron significativamente superiores al resto de las morfoespecies en el ensamblaje fitoplanctónico. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores medios, lo anterior se encuentra explicado por las densidades de las morfoespecies antes mencionadas, demostrando así la conceptualidad inversa de este índice con el de equitatividad.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 122. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Indíces	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Shannon_H	Margalef	Equitability_J
P1	15	151080000,00	0,66	0,68	0,74	0,25
P2	7	3640000,00	0,40	1,24	0,40	0,64
P3	8	5680000,00	0,70	0,72	0,45	0,35
P4	9	4780000,00	0,67	0,81	0,52	0,37
P5	7	2960000,00	0,34	1,30	0,40	0,67
P6	8	7400000,00	0,24	1,62	0,44	0,78
P7	3	6660000,00	-	-	-	-
P8	3	14960000,00	-	-	-	-
P9	4	11520000,00	-	-	-	-

:- Puntos con menos de cinco (5) morfoespecies.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en el Embalse El Guájaro:

Tabla 123. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

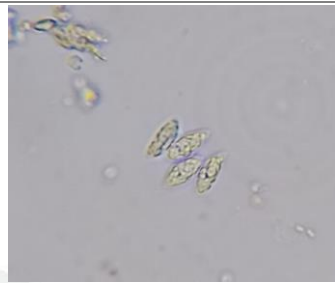
Página 203 de 404



Anabaena sp



Oscillatoria sp3



Scenedesmus sp



Pediastrum duplex



Coelastrum sp



Eunotia sp1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 204 de 404

5.2.1.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.2.1.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por 23 morfoespecies vinculadas a cuatro (4) divisiones, cinco (5) clases, diez (10) órdenes y 13 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 51**.

Tabla 124. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en el Embalse El Guájaro.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp1
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp1
				<i>Oscillatoria</i> sp2
				<i>Lyngbya</i> sp1
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	<i>Euglena</i> sp
			Phacidae	<i>Lepocinclis</i> sp
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp 1
				<i>Gomphonema</i> sp 2
		Naviculales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp2
			Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1



División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
			Pinnulariaceae	<i>Navicula</i> sp2
				<i>Gyrosigma</i> sp1
				<i>Pinnularia</i> sp2
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
				<i>Nitzschia</i> sp2
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
				<i>Eunotia</i> sp2
				<i>Eunotia</i> sp3
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp1
				<i>Synedra</i> sp2
	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Fragilaria</i> sp
4	5	10	13	23

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las morfoespecies más abundantes fueron *Navicula* sp1, *Gomphonema* sp1 y *Nitzschia* sp1 con 3749,56 Ind/cm², 2698,16 Ind/cm² y 1466,72 Ind/cm², respectivamente; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Lepocinclis* sp con 14,80 Ind/cm² (**Tabla 53**).

Con respecto al género *Navicula*, Cox (1994) destaca que, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

El género *Nitzschia*, es cosmopolitas y se distribuye en gran variedad de ambientes, incluidos los eutróficos, de acuerdo con Pinilla (2000) el género indica turbulencia, sedimentos y conductividad altos.

Gomphonema sp ha sido reportada en cuerpos de agua eutróficos, siendo más tolerantes a la polución y eutroficación, ocasionada por la característica nitrófila que éstas presentan (Donato, Duque, & Monsejo, 2005). Adicionalmente *Gomphonema* sp tiene entre sus características principales la capacidad de tomar rápidamente el fósforo en grandes cantidades y lo convierten en polifosfatos (Oliva, et al., 2005), lo que amplía su rango de desarrollo y supervivencia.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 207 de 404

Tabla 125. Densidad (Ind/cm²) de las morfoespecies perifíticas en el Embalse El Guájaro.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)				
	P6	P7	P8	P9	Total
<i>Oedogonium</i> sp	51,80	0,00	221,76	0,00	273,56
<i>Anabaena</i> sp1	22,20	0,00	0,00	0,00	22,20
<i>Oscillatoria</i> sp1	621,60	122,36	235,20	0,00	979,16
<i>Oscillatoria</i> sp2	118,40	0,00	0,00	382,80	501,20
<i>Lyngbya</i> sp1	0,00	19,32	0,00	111,36	130,68
<i>Euglena</i> sp	0,00	0,00	0,00	55,68	55,68
<i>Lepocinclis</i> sp	14,80	0,00	0,00	0,00	14,80
<i>Gomphonema</i> sp1	0,00	1455,44	477,12	765,60	2698,16
<i>Gomphonema</i> sp2	170,20	296,24	0,00	0,00	466,44
<i>Cymbella</i> sp2	0,00	19,32	0,00	0,00	19,32
<i>Navicula</i> sp1	1679,80	927,36	1142,40	0,00	3749,56
<i>Navicula</i> sp2	0,00	0,00	0,00	160,08	160,08
<i>Gyrosigma</i> sp1	0,00	32,20	0,00	0,00	32,20
<i>Pinnularia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	69,60	69,60
<i>Nitzschia</i> sp1	384,80	0,00	1081,92	0,00	1466,72
<i>Nitzschia</i> sp2	0,00	32,20	0,00	69,60	101,80
<i>Eunotia</i> sp1	22,20	0,00	60,48	0,00	82,68
<i>Eunotia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	41,76	41,76
<i>Eunotia</i> sp3	0,00	70,84	571,20	0,00	642,04
<i>Synedra</i> sp1	37,00	0,00	322,56	0,00	359,56
<i>Synedra</i> sp2	0,00	0,00	0,00	62,64	62,64
<i>Fragilaria</i> sp	0,00	470,12	40,32	0,00	510,44
<i>Aulacoseira</i> sp	22,20	0,00	0,00	0,00	22,20
Total	3145,00	3445,40	4152,96	1719,12	12462,48

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

Tabla 126. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en el Embalse El Guájaro.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)			
	P6	P7	P8	P9
<i>Oedogonium</i> sp	1,65	0,00	5,34	0,00
<i>Anabaena</i> sp1	0,71	0,00	0,00	0,00
<i>Oscillatoria</i> sp1	19,76	3,55	5,66	0,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	3,76	0,00	0,00	22,27
<i>Lyngbya</i> sp1	0,00	0,56	0,00	6,48
<i>Euglena</i> sp	0,00	0,00	0,00	3,24
<i>Lepocinclis</i> sp	0,47	0,00	0,00	0,00
<i>Gomphonema</i> sp1	0,00	42,24	11,49	44,53
<i>Gomphonema</i> sp2	5,41	8,60	0,00	0,00
<i>Cymbella</i> sp2	0,00	0,56	0,00	0,00
<i>Navicula</i> sp1	53,41	26,92	27,51	0,00
<i>Navicula</i> sp2	0,00	0,00	0,00	9,31
<i>Gyrosigma</i> sp1	0,00	0,93	0,00	0,00
<i>Pinnularia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	4,05



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 208 de 404

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)			
	P6	P7	P8	P9
<i>Nitzschia</i> sp1	12,24	0,00	26,05	0,00
<i>Nitzschia</i> sp2	0,00	0,93	0,00	4,05
<i>Eunotia</i> sp1	0,71	0,00	1,46	0,00
<i>Eunotia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	2,43
<i>Eunotia</i> sp3	0,00	2,06	13,75	0,00
<i>Synedra</i> sp1	1,18	0,00	7,77	0,00
<i>Synedra</i> sp2	0,00	0,00	0,00	3,64
<i>Fragilaria</i> sp	0,00	13,64	0,97	0,00
<i>Aulacoseira</i> sp	0,71	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La densidad total de perifiton reportada en la Ciénaga Sabanagrande registró un valor de 12462,48Ind/cm², obteniendo su valor más alto en el punto "E Guajaro P8", con un valor de 4152,96 Ind/cm²; por su parte, la riqueza obtuvo un rango de 9-11 morfoespecies y su máximo valor se registró en el punto "E Guajaro P6" (**Gráfica 20**).

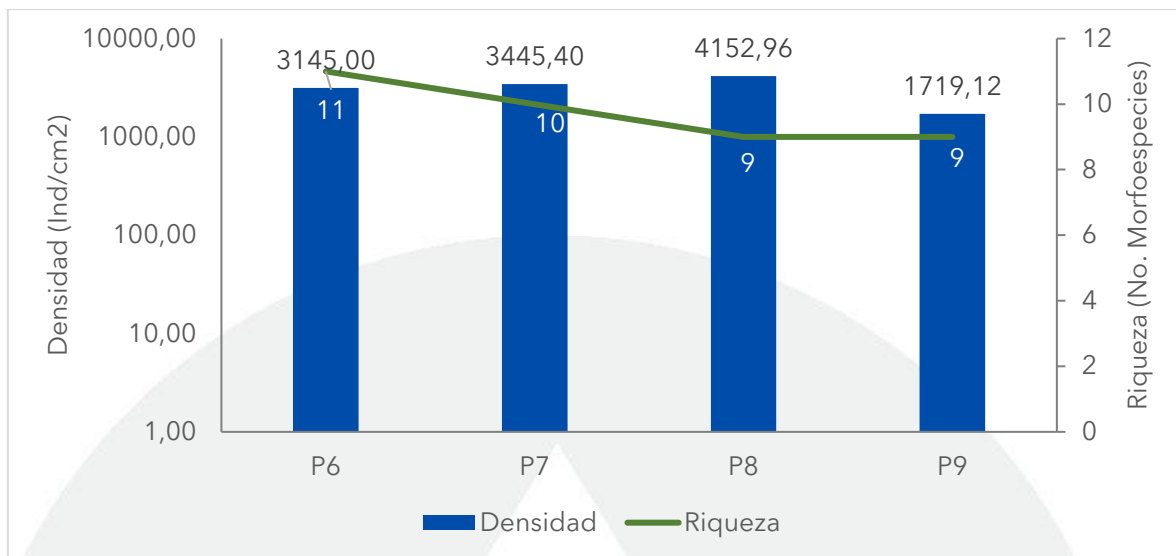
La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson *et al.*, 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



Gráfica 48. Densidad (Ind/cm²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en el Embalse El Guájaro.

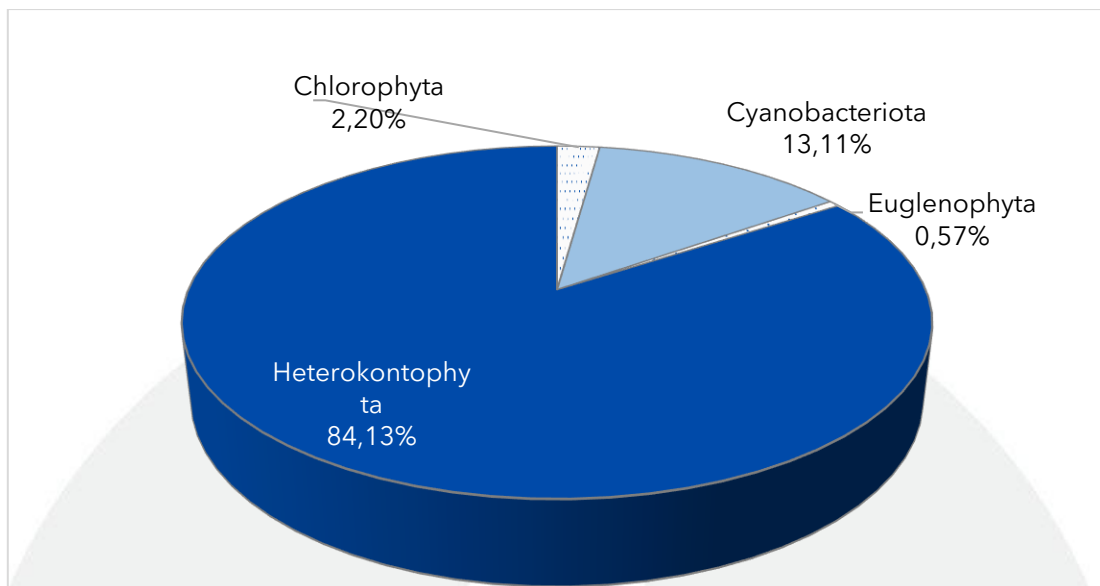
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 84,13%, seguida de Cyanobacteriota 13,11%, Chlorophyta 2,20% y por último Euglenophyta (0,57%) (**Gráfica 21**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N₂, sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



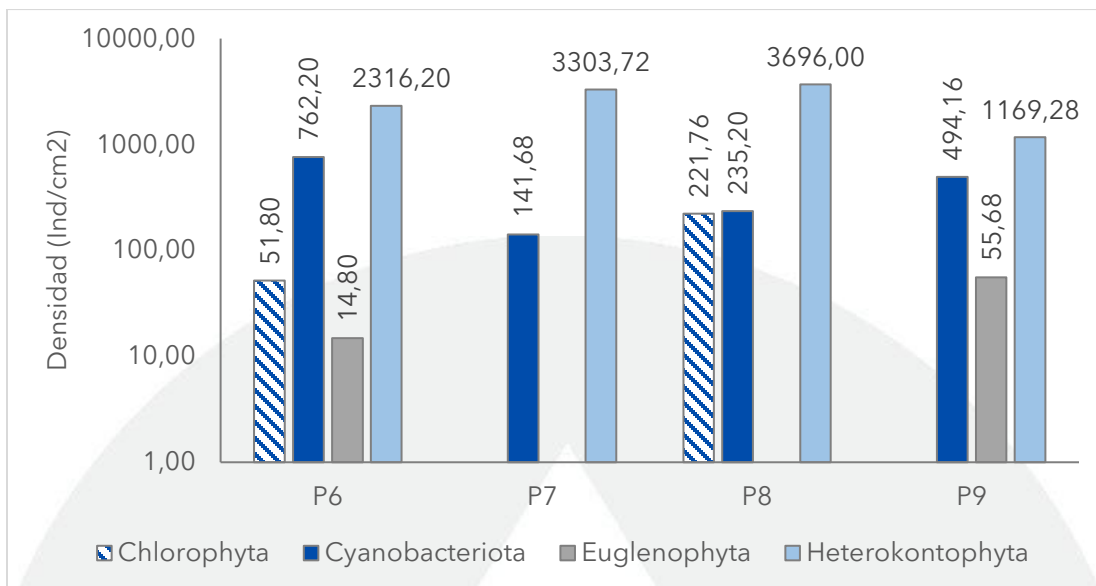


Gráfica 49. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registradas en el Embalse El Guájar.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La división Heterokontophyta dominó en los puntos muestreados, presentando su mayor densidad en el punto "E Guajaro P8", con un valor de 3696,00 Ind/cm²; Chlorophyta registró densidades en dos de los cuatro puntos y su mayor aporte se relaciona en el punto antes mencionado con 221,76 Ind/cm²; por su parte, Cyanobacteriota, presentó su mayor contribución en el punto "E Guajaro P9" con una densidad de 494,16 Ind/cm² y por ultimo Euglenophyta solo estuvo presente en dos puntos y su densidad máxima se registró en el punto antes mencionado con 55,68 Ind/cm² (**Gráfica 22**).





Gráfica 50. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en el Embalse El Guájar.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,44 y 1,85, siendo máximo en el punto "E Guajaro P8"; los valores inferiores a dos (2) de este índice se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja con efectos de la contaminación, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores entre 0,60 y 0,84, siendo el valor del punto "E Guajaro P8" de alta equitatividad. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores bajos, siendo esto consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró valores bajos inferiores a dos, según Margalef (1983) es consistente con sistemas de baja riqueza (**Tabla 54**).



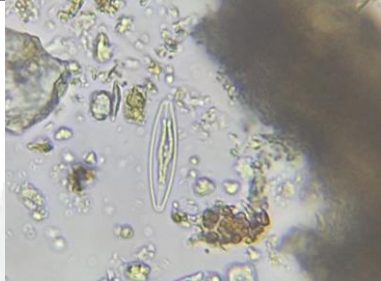
Tabla 127. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Indices	P6	P7	P8	P9
Taxa_S	11	10	9	9
Individuals	3145,00	3445,40	4152,96	1719,12
Dominance_D	0,34	0,28	0,19	0,27
Shannon_H	1,44	1,54	1,85	1,68
Margalef	1,24	1,11	0,96	1,07
Equitability_J	0,60	0,67	0,84	0,76

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 55**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 128. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

		
Navicula sp1	Gomphonema sp1	Nitzschia sp1
		
Eunotia sp2	Eunotia sp1	Oscillatoria sp2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

5.2.1.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el embalse, estuvo conformada por nueve (9) morfoespecies, distribuidas en dos (2) phyla, tres (3) clases, seis (6) órdenes y ocho (8) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 129**.

Tabla 129. Clasificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos observados en el embalse El Guájaro.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae morfo 2
		Ephemeroptera	Polymitarcyidae	<i>Campsurus sp</i>
Mollusca	Bivalvia	Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicula sp</i>
	Gastropoda	Ampullariida	Ampullariidae	<i>Marisa cornuarietis</i>
		Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>
2	3	5	5	5

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

La morfoespecie de mayor abundancia en el embalse fue *Melanoides tuberculatus* y su mayor aporte fue registrado en P7 y P8 con 83,33 Ind/m² y 300,00 Ind/m² respectivamente, representando más del 90% de las abundancias relativas de estos puntos de muestreo (**Tabla 130**,

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Total
<i>Campsurus sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,22	0,00	0,00	0,00	12,22
Chironomidae morfo 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	0,00	2,22
<i>Corbicula sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	3,33
<i>Marisa cornuarietis</i>	2,22	2,22	0,00	0,00	4,44	0,00	1,11	1,11	0,00	11,11
<i>Melanoides tuberculatus</i>	8,89	0,00	0,00	0,00	55,56	50,00	16,67	83,33	300,00	514,44
Total	11,11	2,22	0,00	0,00	60,00	67,78	17,78	84,44	300,00	543,33

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

Tabla 131).

En Colombia, *M. tuberculatus* tiene amplia distribución y se ha demostrado su capacidad para ser hospedero intermediario de tremátodos digéneos (Velázquez et al., 2006). Habita en ríos, quebradas, arroyos, caños, canales y otros sistemas lénticos naturales y artificiales, incluidos los embalses. También en aguas contaminadas con desechos de origen orgánico y eutrofizadas, resiste altos niveles de contaminación por lo que es un buen bioindicador de anoxia y algo de salinidad (Lasso, 2011). Esta especie es altamente móvil, consume desechos generados por los humanos y se adapta a diferentes entornos



(CABI, 2018). Se reproduce rápidamente, con consecuencias catastróficas para las especies nativas y los cuerpos de agua invadidos.

Tabla 130. Densidad (Ind/m²) de macroinvertebrados bentónicos observadas en el Embalse El Guájar.

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Total
<i>Campsurus sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,22	0,00	0,00	0,00	12,22
<i>Chironomidae morfo 2</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	0,00	2,22
<i>Corbicula sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	3,33
<i>Marisa cornuarietis</i>	2,22	2,22	0,00	0,00	4,44	0,00	1,11	1,11	0,00	11,11
<i>Melanoides tuberculatus</i>	8,89	0,00	0,00	0,00	55,56	50,00	16,67	83,33	300,00	514,44
Total	11,11	2,22	0,00	0,00	60,00	67,78	17,78	84,44	300,00	543,33

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

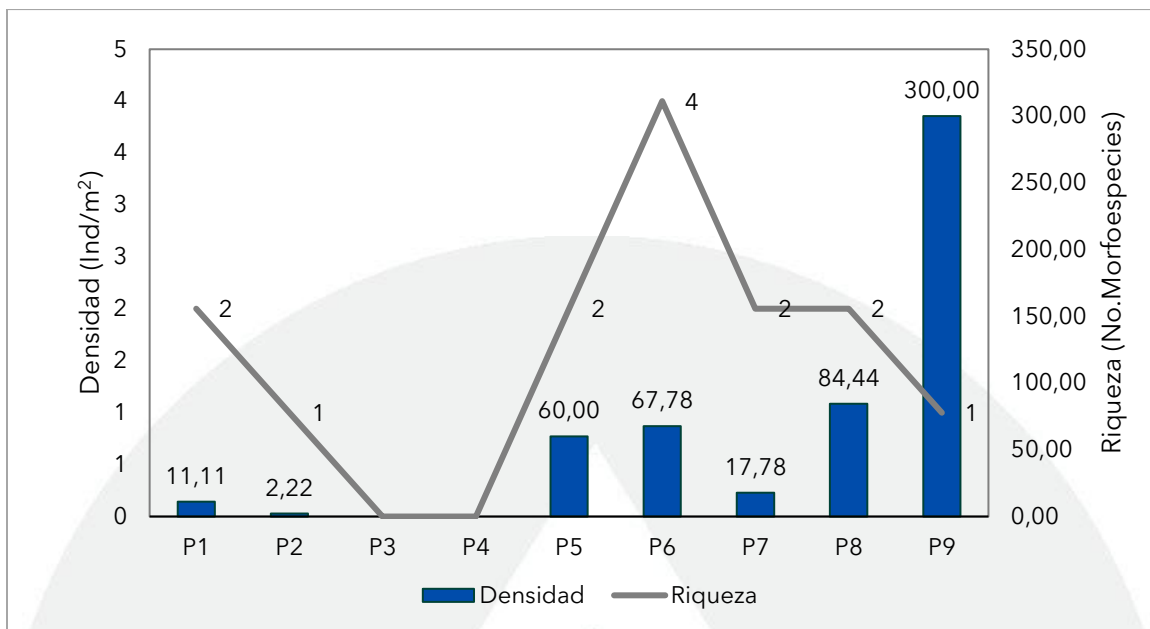
Tabla 131. Abundancia relativa (%) de macroinvertebrados bentónicos observadas en el Embalse El Guájar.

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
<i>Campsurus sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,03	0,00	0,00	0,00
<i>Chironomidae morfo 2</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,28	0,00	0,00	0,00
<i>Corbicula sp</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,92	0,00	0,00	0,00
<i>Marisa cornuarietis</i>	20,00	100,00	0,00	0,00	7,41	0,00	6,25	1,32	0,00
<i>Melanoides tuberculatus</i>	80,00	0,00	0,00	0,00	92,59	73,77	93,75	98,68	100,00
Total	100,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

Los macroinvertebrados bentónicos en el Embalse El Guájar reportaron una densidad total de 543,33 Ind/m² y su registro más alto se observó en el punto P9 con 300,00 Ind/m²; en cuanto a la riqueza, presentó un rango de variación de 1-4 morfoespecies, siendo mayor en P6. Para los puntos P3 y P4 no se observaron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos (**Gráfica 51**).



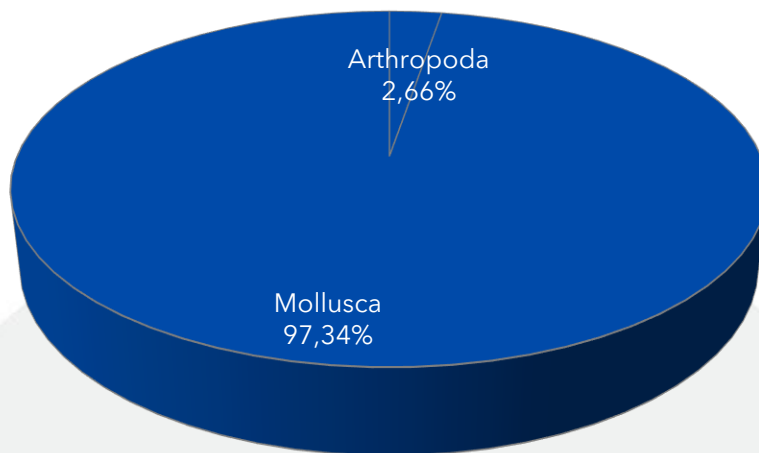


Gráfica 51. Densidad (Ind/m²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en El Embalse El Guájar.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución porcentual de los phyla de macroinvertebrados a la densidad total, se observó que Mollusca obtuvo la mayor representatividad con el 97,34% de los aportes, seguido de Arthropoda con el 2,66% restante (**Gráfica 52**). Los moluscos son organismos con gran capacidad para desarrollarse en diferentes ambientes debido al número de familias que componen el grupo y a la diversidad de hábitos tróficos que exhiben (Paraense, 2003), poseen características de gran tolerancia a la contaminación mientras que el número de especies de Arthropoda que toleran tal enriquecimiento orgánico es menor y a menudo se encuentran representadas por dípteros de las familias Chironomidae y Culicidae.



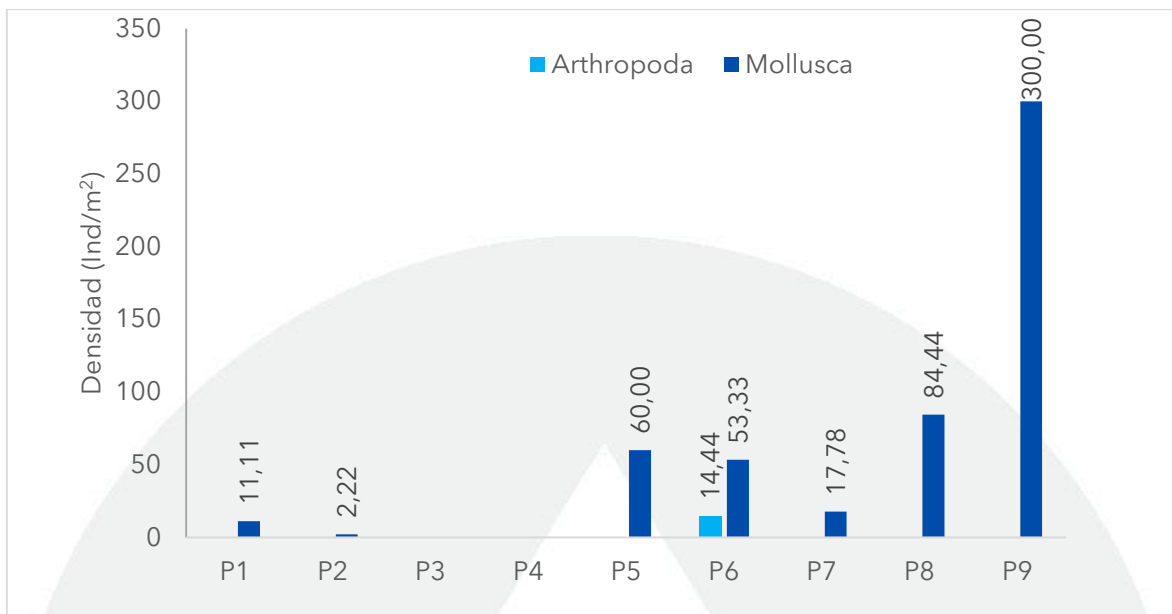


Gráfica 52. Contribución a la densidad total de los phylum de macroinvertebrados bentónicos registrados en el Embalse El Guájaro.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las densidades estuvieron caracterizadas por aportes del phylum Mollusca, el cual estuvo mejor representado en P9, con 300,00 Ind/m²; por su parte Arthropoda obtuvo contribuciones bajas y registró su máximo en P6 con 14,44 Ind/m² (**Gráfica 53**). La distribución y composición de especies de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos que habitan sistemas lenticos se encuentran determinadas por factores bióticos y abióticos independientes o acumulativos a diferentes escalas espaciotemporales (Takamura *et al.*, 2008).





Gráfica 53. Contribución de los phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad por punto de monitoreo en el Embalse El Guájaro.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Estos índices no fueron calculados los puntos de monitoreo contaron con riqueza inferior a cinco ($S < 5$).

5.2.1.5 Peces

La comunidad de peces en el Embalse el Guájaro estuvo representada por cuatro (4) especies vinculadas a un (1) phylum, igual número de clase, tres (3) órdenes y cuatro (4) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra en detalle en la **Tabla 132**.

Tabla 132. Clasificación taxonómica de las especies de peces en el Embalse el Guájaro.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Beloniformes	Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>
		Characiformes	Triportheidae	<i>Triportheus magdalenae</i>
		Cichliformes	Cichlidae	<i>Caquetaia kraussii</i>
				<i>Oreochromis niloticus</i>
		Eupercaria/misc	Sciaenidae	<i>Plagioscion magdalenae</i>
		Siluriformes	Ariidae	<i>Notarius bonillai</i>
1	1	5	5	6



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La abundancia total fue de 77,00 individuos (**Tabla 59**), la especie de mayor abundancia fue *C.kraussi* con 43 individuos, seguido de *O.niloticus* con 18 individuos. *C.kraussi* es una especie nativa de Colombia y Venezuela, distribuida en la cuenca media y baja de los ríos Atrato, Sinú, San Jorge, Cesar, Arauca, Cauca y Magdalena. Habita en aguas tranquilas de las tierras bajas (ciénagas) y quebradas de suave corriente de aguas dulces o salinidad muy baja (Dahl, 1971).

Tabla 133. Abundancia (Individuos) de especies de peces en el Embalse el Guájaro.

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P6	P7	P8	P9	Total
<i>Caquetaia kraussii</i>	0,00	0,00	13,00	9,00	6,00	6,00	5,00	4,00	43,00
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>Notarius bonillai</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00
<i>Oreochromis niloticus</i>	0,00	0,00	7,00	3,00	0,00	4,00	3,00	1,00	18,00
<i>Plagioscion magdalenae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00
<i>Triportheus magdalenae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	5,00	0,00	0,00	9,00
Total	0,00	0,00	21,00	12,00	10,00	21,00	8,00	5,00	77,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

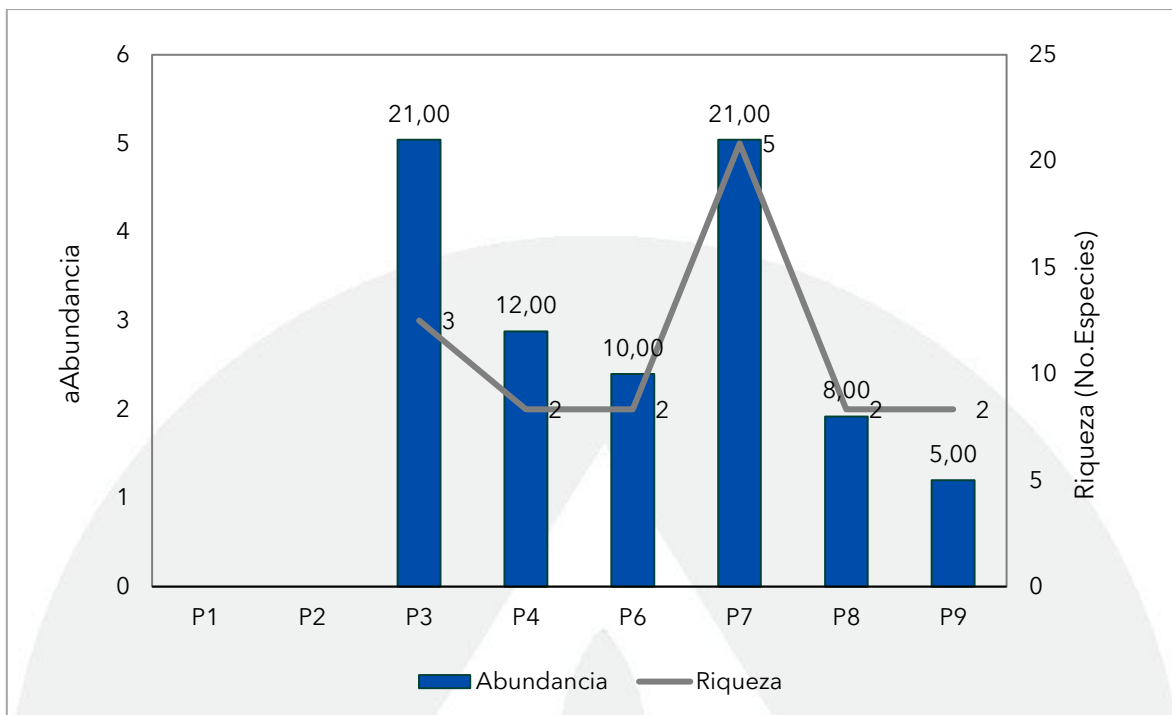
Tabla 134. Abundancia relativa (%) de especies de peces en el Embalse el Guájaro.

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P6	P7	P8	P9
<i>Caquetaia kraussii</i>	0,00	0,00	61,90	75,00	60,00	28,57	62,50	80,00
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	0,00	0,00	4,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Notarius bonillai</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29	0,00	0,00
<i>Oreochromis niloticus</i>	0,00	0,00	33,33	25,00	0,00	19,05	37,50	20,00
<i>Plagioscion magdalenae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29	0,00	0,00
<i>Triportheus magdalenae</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	23,81	0,00	0,00
Total	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La abundancia de la comunidad de peces registrada en la Embalse Guájaro fue relativamente alta, reportando entre cinco (5) y 21 individuos capturados; en cuanto a la riqueza de especies se obtuvo un rango de variación de 3-4 especies, siendo más alta en P2 (**Gráfica 10**).





Gráfica 54. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en el Embalse el Guájaro.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Debido a la baja riqueza reportada en el área de estudio los índices de diversidad no fueron calculados.

5.2.1.6 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en el embalse El Guájaro estuvo representada por una morfoespecie, cuya clasificación taxonómica se presenta en la **Tabla 135**.

Tabla 135. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas en el embalse El Guájaro.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Eichhornia crassipes registró una cobertura de 100% en los puntos P6, P7, P8, P9; en los puntos P1, P2, P3, P4, P5 no se observaron macrófitas (**Tabla 136**).





Las macrófitas del género *Eichornia*, son habitantes comunes de las zonas bajas del río Magdalena, generalistas, cosmopolitas y tolerantes a las perturbaciones humanas; su alto potencial colonizador repercute de forma negativa en los sistemas acuáticos dado que disminuye los niveles de oxígeno del lago, afectando la fauna de macroinvertebrados y peces que allí puedan residir. Según García (2012) sus especies cuentan con un rápido crecimiento y debido a esta capacidad pueden doblar su número en dos semanas, además posee gran capacidad de remoción de agentes contaminantes en corto tiempo; esto se debe a que ayudan en los procesos de sedimentación, absorción y remoción de materia orgánica suspendida, además de tener la capacidad de reproducirse rápidamente.

Tabla 136. Porcentaje de cobertura (%) de las morfoespecies de macrófitas en el embalse El Guájaro.

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
<i>Eichhornia crassipes</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Total	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo del embalse fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.



5.2.2 Ciénaga San Juan de Tocagua

5.2.2.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga San Juan de Tocagua estuvo conformada por nueve (9) morfoespecies, vinculadas a cuatro (4) divisiones, igual número de clases, cinco (5) órdenes y siete (7) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 137. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga San Juan de Tocagua.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp
				<i>Tetrastrum</i> sp
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i> sp1
			Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp
		Nostocales		<i>Raphidiopsis</i> sp1



División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
			Aphanizomenonaceae	<i>Raphidiopsis curvata</i>
			Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Lepocinclis</i> sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
4	4	5	7	9

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las morfoespecies de mayor abundancia fueron *Nitzschia* sp1, *Anabaena* sp y *Pseudanabaena* sp con 24780000,00 Ind/L; 21820000,00 Ind/L y 16000000,00 Ind/L, respectivamente; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Tetrastrum* sp, con 20000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

El género *Nitzschia*, es cosmopolitas y se distribuye en gran variedad de ambientes, incluidos los eutróficos, de acuerdo con Pinilla (2000) el género indica turbulencia, sedimentos y conductividad altos.

Anabaena sp, algunas especies de este genero forman floraciones en lagos y presas, además pueden ocasionar desequilibrios ecológicos y de salud pública debido a las toxinas que producen (Chorus y Bartram, 1999).

Pseudanabaena, este género se registró en la comunidad de fitoplancton y puede encontrarse en sistemas límnicos mesotróficos a eutróficos de todo el mundo (Bonilla, 2009).

Tabla 138. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga San Juan de Tocagua.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Scenedesmus</i> sp	0,00	40000,00	40000,00
<i>Tetrastrum</i> sp	0,00	20000,00	20000,00
<i>Merismopedia</i> sp1	120000,00	80000,00	200000,00
<i>Pseudanabaena</i> sp	6580000,00	9420000,00	16000000,00
<i>Raphidiopsis</i> sp1	2440000,00	1960000,00	4400000,00
<i>Raphidiopsis curvata</i>	1000000,00	1320000,00	2320000,00
<i>Anabaena</i> sp	9760000,00	12060000,00	21820000,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	0,00	60000,00	60000,00



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 223 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Nitzschia</i> sp1	13040000,00	11740000,00	24780000,00
Total	32940000,00	36700000,00	69640000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 139. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga San Juan de Tocagua.

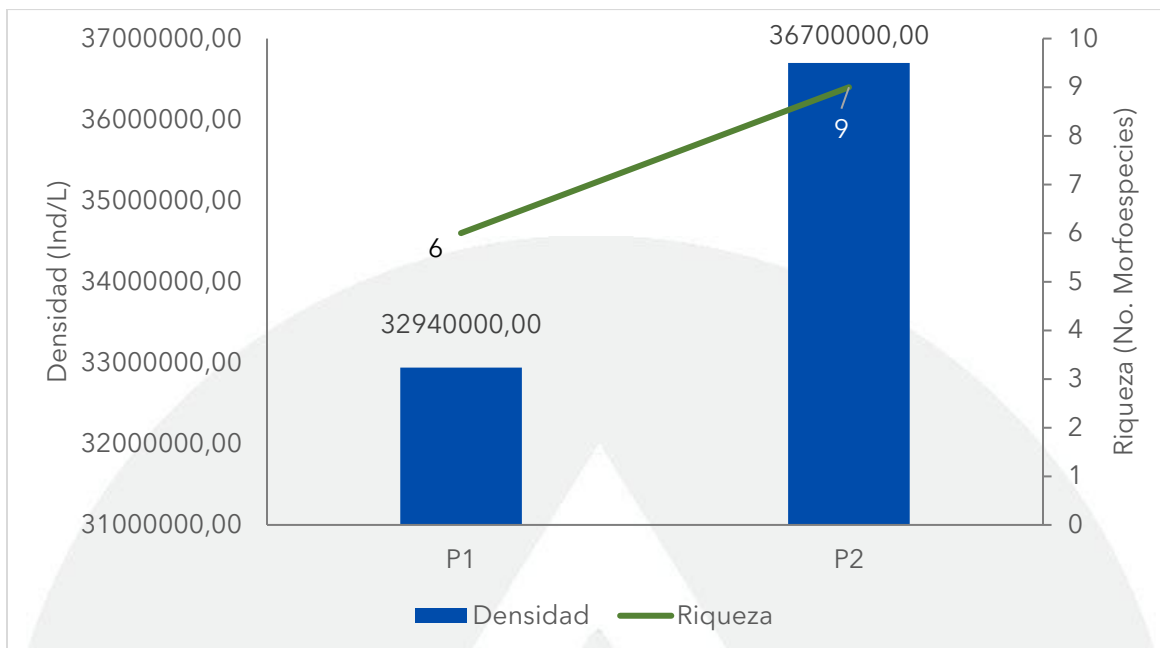
Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Scenedesmus</i> sp	0,00	0,11
<i>Tetrastrum</i> sp	0,00	0,05
<i>Merismopedia</i> sp1	0,36	0,22
<i>Pseudanabaena</i> sp	19,98	25,67
<i>Raphidiopsis</i> sp1	7,41	5,34
<i>Raphidiopsis curvata</i>	3,04	3,60
<i>Anabaena</i> sp	29,63	32,86
<i>Lepocinclis</i> sp1	0,00	0,16
<i>Nitzschia</i> sp1	39,59	31,99
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton obtuvo una densidad total de 69640000,00Ind/L y esta fue mayor en el punto "P2" donde reportó 36700000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 6-9 morfoespecies y su valor máximo fue consistente con el de la densidad (**Gráfica 11**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah *et al.*, (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P2", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.





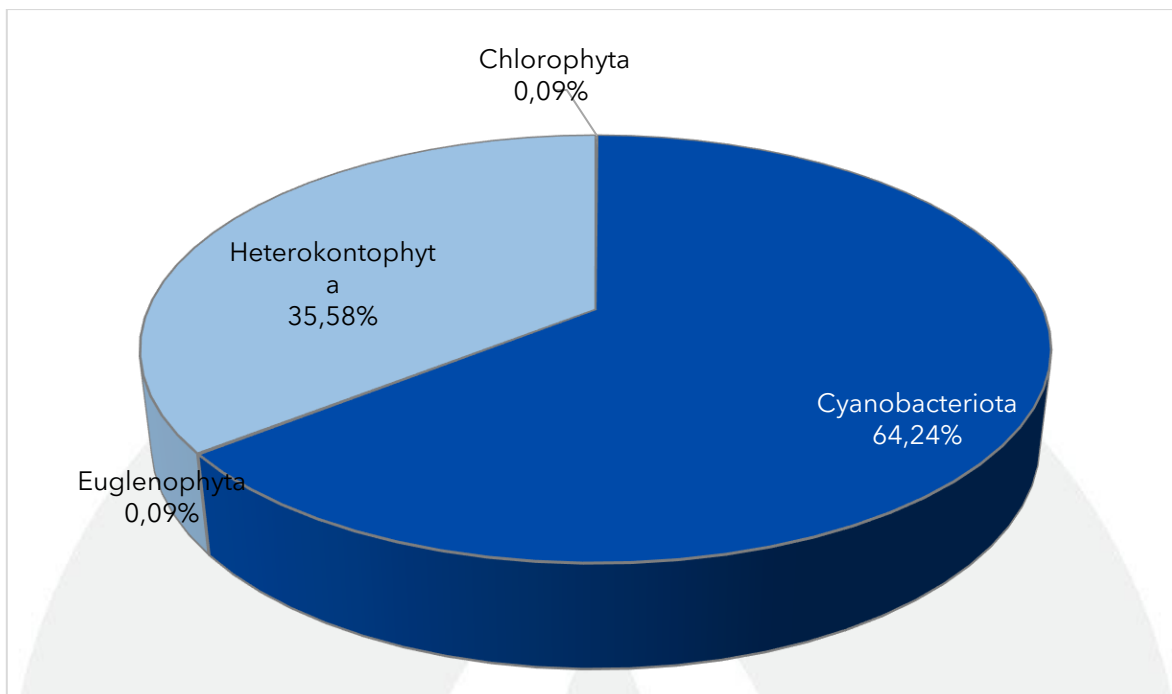
Gráfica 55. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la Ciénaga San Juan de Tocagua.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 64,24% de proporción, seguido de Heterokontophyta (35,58%), Euglenophyta (0,09%) y Chlorophyta (0,09%) para cada una (**Gráfica 12**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



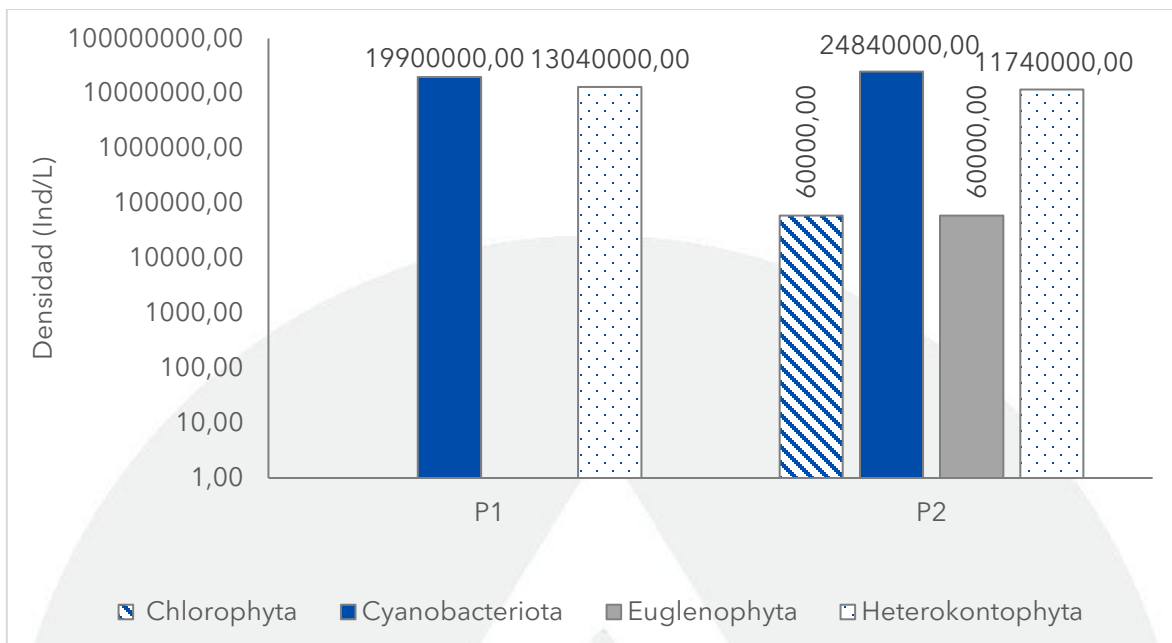


Gráfica 56. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga San Juan de Tocagua.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Cyanobacteriota registró su mayor densidad en el punto "P2" con 24840000,00 Ind/L, así mismo, las divisiones Chlorophyta y Euglenophyta registraron sus únicos aportes en el punto antes mencionado con 60000,00 Ind/L cada una. Finalmente, Heterokontophyta realizó su mayor aporte en el punto "P1" con 13040000,00 Ind/L (**Gráfica 13**).





Gráfica 57. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga San Juan de Tocagua por punto de monitoreo.

**: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica*

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,37 y 1,39, siendo máximo en el punto "P2"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 227 de 404

La equitatividad obtuvo valores medios de 0,63 a 0,76, siendo máximo en el punto "P1". La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores bajos, lo anterior se encuentra explicado por las densidades de las morfoespecies antes mencionadas, demostrando así la conceptualidad inversa de este índice con el de equitatividad.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 42**).

Tabla 140. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Indíces	P1	P2
Taxa_S	6	9
Individuals	32940000,00	36700000,00
Dominance_D	0,29	0,28
Shannon_H	1,37	1,39
Margalef	0,29	0,46
Equitability_J	0,76	0,63

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 43**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga San Juan de Tocagua:

Tabla 141. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

Nitzschia sp1	Anabaena sp	Pseudanabaena sp
Scenedesmus sp	Raphidiopsis curvata	Lepocinclis sp1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 228 de 404

5.2.2.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 229 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

5.2.2.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginoso producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

A pesar del esfuerzo de muestreo no se reportaron morfoespecies de perifiton en la Ciénaga San Juan de Tocagua, el desarrollo de las algas del perifiton depende de factores abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros. La luz y la temperatura son factores importantes para el desarrollo de la comunidad perifítica. En la naturaleza ambos factores varían en forma concomitante, aunque la influencia de la luz se manifiesta en la longitud del período de fotosíntesis y la temperatura influye como factor acumulativo o de pérdida gradual, debido a la elevada inercia térmica que posee el cuerpo de agua. La disponibilidad de espacio para colonizar es esencial para el perifiton y afecta la productividad de la comunidad. Las comunidades adheridas a superficies con área de colonización fija (rocas, granos de arena) pueden estar limitadas por espacio, si el resto de los factores se hallan en condiciones óptimas (Wetzel, 2001).



5.2.2.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Tocagua estuvo constituida por cuatro (4) morfoespecies, vinculadas a un (1) phylum, tres (3) clases, tres (3) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 142**.

Tabla 142. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observados en la ciénaga de Tocagua.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae morfo 1
Mollusca	Gastropoda	Ampullarida	Ampullariidae	<i>Marisa cornuarietis</i>
		Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>
		Littorinida	Hydrobiidae	<i>Hydrobiidae morfo 1</i>
2	2	4	4	4

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Melanoides tuberculatus fue la especie de mayor abundancia en la ciénaga y su densidad máxima estuvo relacionada con el punto de monitoreo P1 con 144,44 Ind/m² representando el 62,50% de la abundancia relativa de dicho punto; mientras que en P2 obtuvo el 83,33% de los aportes (**Tabla 143**).

M. tuberculatus se ha registrado en ecosistemas lénticos o lóticos con diferentes grados de eutrofización y presenta gran resistencia a la contaminación urbana, ya que ha sido detectado en canales y desagües urbanos (Callisto *et al.*, 2005). Asimismo, participa como hospedero en el ciclo de vida de diversos parásitos (Derraik, 2008) y es capaz de desplazar y reemplazar especies nativas (Letelier *et al.*, 2007).

Tabla 143. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Tocagua.

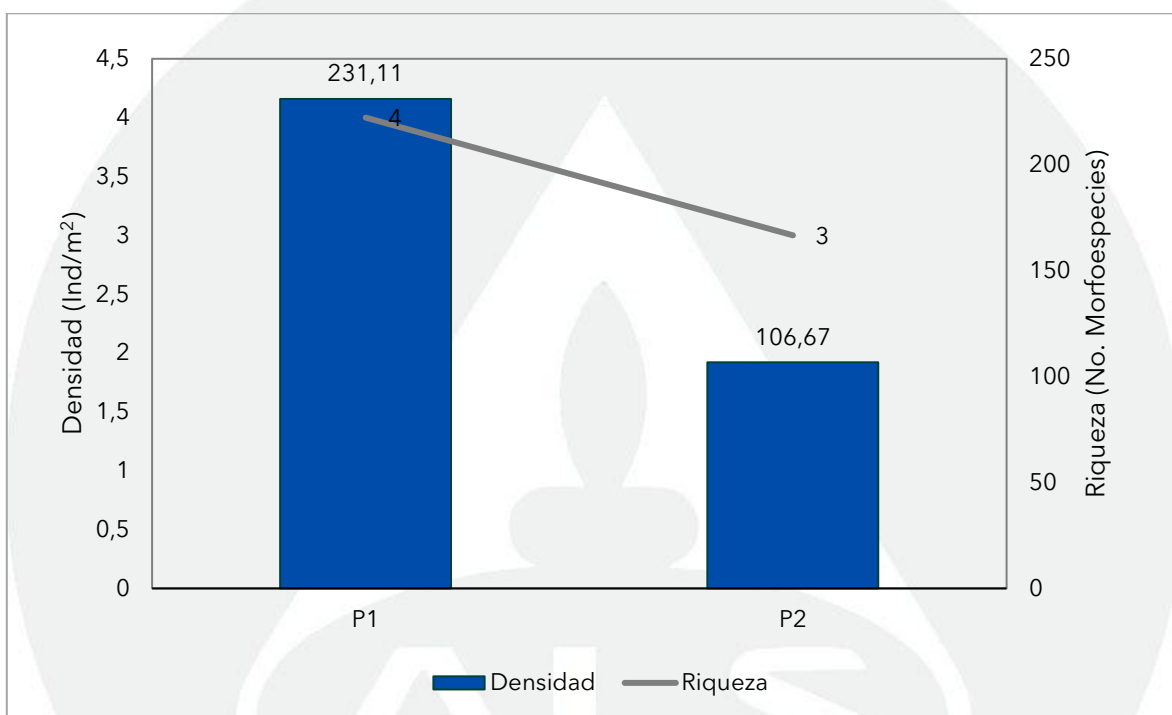
Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
Chironomidae morfo 1	3,33	10,00	13,33	1,44	9,38
Hydrobiidae morfo 1	80,00	0,00	80,00	34,62	0,00
<i>Marisa cornuarietis</i>	3,33	7,78	11,11	1,44	7,29
<i>Melanoides tuberculatus</i>	144,44	88,89	233,33	62,50	83,33
Total	231,11	106,67	337,78	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





La densidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Tocagua varió entre 106,67 Ind/m² y 221,11 Ind/m² y el valor más alto se relacionó con el punto de monitoreo P1; la riqueza obtuvo entre 3 y 4 morfoespecies y su máximo se relacionó con P1 (**Gráfica 58**). Las variaciones en la densidad estuvieron dadas por los aportes de *M. tuberculatus*, el cual en P1 registró densidades superiores a las que obtuvo en P2, además de que se observaron morfoespecies como *Hydrobiidae morfo 1* ausente en P2.

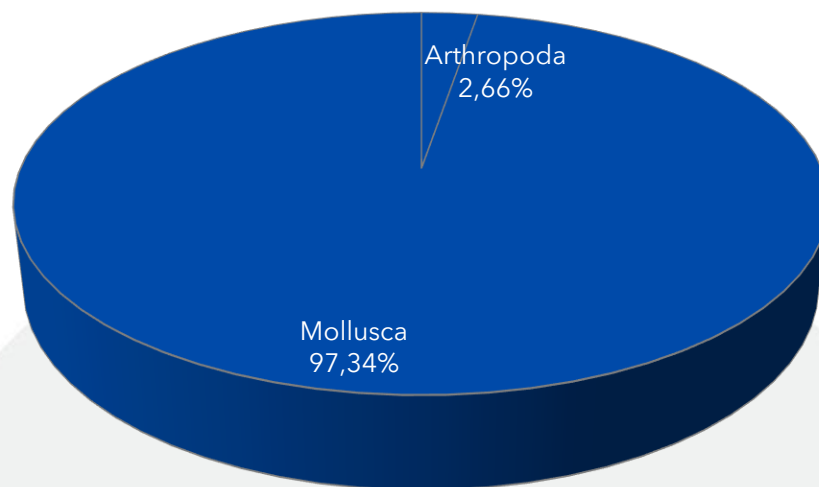


Gráfica 58. Densidad (Ind/m²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Tocagua.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El phylum Mollusca registró el 97,34% de los aportes de la densidad seguido de Arthropoda con 2,66% (**Gráfica 59**). Según señala Barchi (2012), la proliferación de especies de moluscos es facilitada por la ocurrencia de condiciones óptimas como tipo de sustrato y disponibilidad de compuestos orgánicos e inorgánicos, específicamente de altas concentraciones de carbonato de calcio, el cual es requerido por este grupo de macroinvertebrados para la construcción de sus conchas.



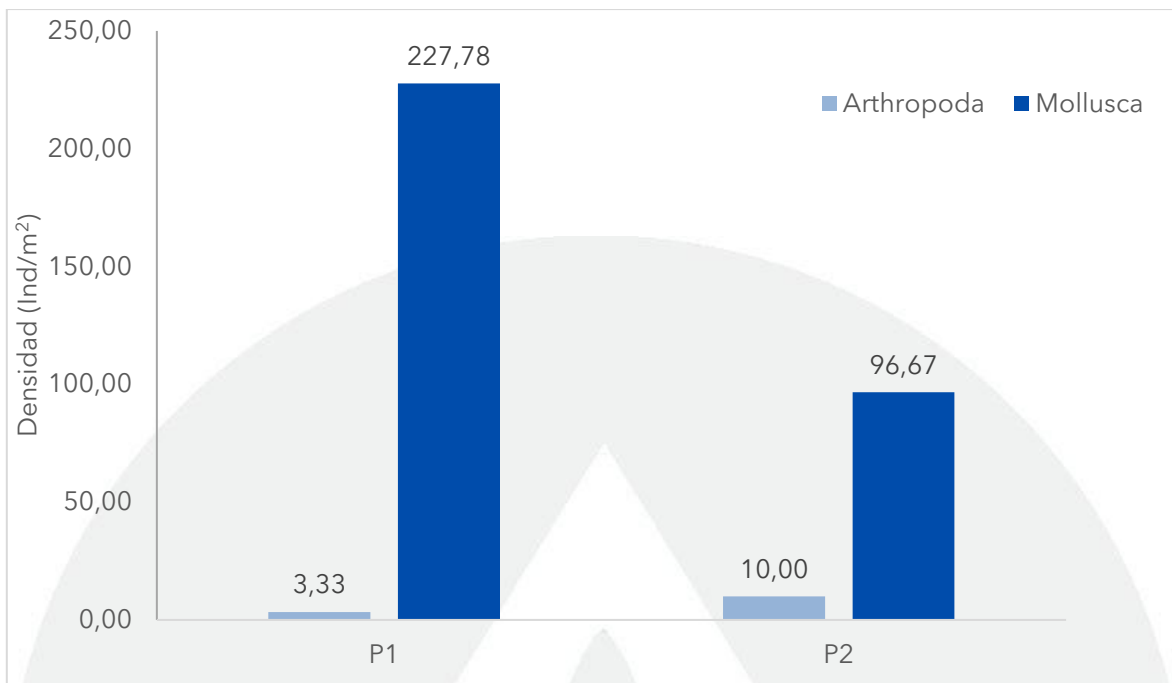


Gráfica 59. Contribución porcentual de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Tocagua.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, Mollusca continuó con su patrón de dominancia en los puntos de muestreo, estando mejor representada en P1 con 227,78 Ind/m²; Arthropoda reportó un máximo de 10,00 Ind/m² en P2 (**Gráfica 60**). Las variaciones a nivel de composición en las comunidades bentónicas resultan muy comunes dentro de ambientes lenticos debido a la complejidad con la que cuentan estos sistemas que implica heterogeneidad de hábitats para los grupos de macroinvertebrados. Así dichos grupos pueden establecerse en diferentes microhábitats que van desde sustratos biológicos como las propias conchas de algunos moluscos, raíces y hojas de macrófitas hasta enterrarse en el sedimento blando o entre rocas presentes en el mismo. De esta manera una mayor disponibilidad de nichos ecológicos facilitados por gran variedad de sustratos y recursos tróficos se encuentran permitiendo valores de densidad más altos en P1.





Gráfica 60. Contribución de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga de Tocagua.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de la ciénaga de Tocagua fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.2.2.5 Peces

La clasificación taxonómica de la especie reportada en la ciénaga de San Juan de Tocagua se muestra en la **Tabla 72**, donde se puede observar que éstas pertenecen a un (1) phylum e igual número de clase, orden y familia.

Tabla 144. Clasificación taxonómica de la comunidad de peces de la ciénaga de San Juan de Tocagua.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Cichliformes	Cichlidae	<i>Caquetaia kraussii</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



C. kraussi presentó distribución en los dos puntos de monitoreos establecidos con 10 (P1) y 12 (P2) individuos capturados. (**Tabla 73**).

C. kraussi proliferan aguas lentas y sustrato arenoso y fangoso, con niveles bajos de oxígeno y agua altamente contaminados, lo cual explica el hecho que esta sea dominante en los dos puntos.

Tabla 145. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la comunidad de peces de la ciénaga de San Juan de Tocagua.

Morfoespecie	Abundancia			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Caquetaia kraussii</i>	12,00	10,00	22,00	100,00	100,00
Total	12,00	10,00	22,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza de peces (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.2.2.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga San Juan de Tocagua se reportó una especie de macrófita, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 146**.

Tabla 146. Clasificación taxonómica de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga San Juan de Tocagua.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

E. crassipes reportó una cobertura de 100,00% para los dos puntos muestreados en la ciénaga (**Tabla 147**).

Tabla 147. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la ciénaga San Juan de Tocagua.

Morfoespecie	P1	P2
<i>Eichhornia crassipes</i>	100,00	100,00



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 235 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Morfoespecie	P1	P2
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.2.3 Ciénaga Manatí

5.2.3.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga Malambo estuvo conformada por 15 morfoespecies, vinculadas a cinco (5) divisiones e igual número de clases, ocho (8) órdenes y 12 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 148. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Manatí.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Tetrastrum triangulare</i>
			Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
			Scenedesmaceae	<i>Coelastrum sp</i>
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	<i>Closterium sp1</i>



División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2
		Synechococcales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp1
		Spirulinales	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i> sp1
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Lepocinclis</i> sp1
				<i>Lepocinclis acus</i>
				<i>Phacus</i> sp2
			Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp
				<i>Trachelomonas hispida</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp1
			Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp3
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
5	5	8	12	15

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton reportó un valor total de 5450000,00 Ind/L y la morfoespecie de mayor abundancia fue *Pediastrum duplex* con 3790000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Euglena* sp con 10000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

Pediastrum duplex, este género se define con distribución cosmopolita que se desarrolla en una gran variedad de cuerpos de agua, grandes o pequeños, estancados o de corriente lenta, así como de forma abundante en ambientes mesotróficos a eutróficos, pero en todos los casos se presenta en aguas de baja salinidad (Díaz, 2007).

Tabla 149. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Manatí.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Tetrastrum triangulare</i>	20000,00	0,37
<i>Pediastrum duplex</i>	3790000,00	69,54
<i>Coelastrum</i> sp	30000,00	0,55
<i>Closterium</i> sp1	50000,00	0,92
<i>Oscillatoria</i> sp2	120000,00	2,20
<i>Pseudanabaena</i> sp1	960000,00	17,61
<i>Spirulina</i> sp1	30000,00	0,55
<i>Lepocinclis</i> sp1	20000,00	0,37
<i>Lepocinclis acus</i>	20000,00	0,37
<i>Phacus</i> sp2	60000,00	1,10
<i>Euglena</i> sp	10000,00	0,18
<i>Trachelomonas hispida</i>	60000,00	1,10
<i>Pinnularia</i> sp1	50000,00	0,92
<i>Navicula</i> sp3	160000,00	2,94



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 238 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

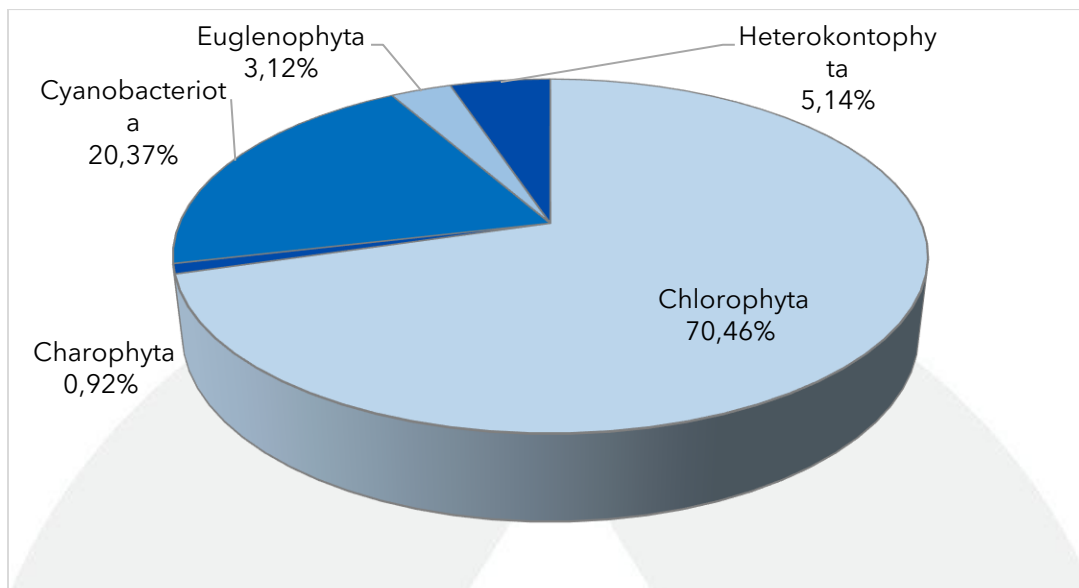
Morfoespecie	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Eunotia</i> sp1	70000,00	1,28
Total	545000,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah *et al.*, (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Chlorophyta obtuvo el 70,46% de proporción, seguido de Cyanobacteriota (20,37%), Heterokontophyta (5,14%), Euglenophyta (3,12%), Heterokontophyta (5,14%) y Charophyta (0,92%) (**Gráfica 2**).

Las algas de la división Chlorophyta también llamadas algas verdes son abundantes en agua dulce, lagos y ríos, pueden vivir sujetas al fondo (bentos), algunas son capaces de vivir en ambientes extremos como en condiciones hipersalinas o crecer en pHs bajos (Graham y Wilcox, 2000).



Gráfica 61. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Manatí.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,12; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.



La equitatividad obtuvo un valor bajo de (0,41) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor alto siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 150. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Índices	P1
Taxa_S	15
Individuals	5450000,00
Dominance_D	0,52
Shannon_H	1,12
Margalef	0,90
Equitability_J	0,41

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga Manatí:

Tabla 151. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
Pediatrum duplex	Pseudanabaena sp1	Trachelomonas hispida
		
Navicula sp3	Closterium sp1	Oscillatoria sp2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 241 de 404

5.2.3.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.2.3.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por siete (7) morfoespecies vinculadas a cuatro (4) divisiones, igual número de clases, siete (7) órdenes y siete (7) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 152. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga Manatí.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp5
		Synechococcales	Pseudoanabaenaceae	<i>Pseudoanabaena</i> sp
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	<i>Euglena</i> sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
4	4	7	7	7

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La comunidad perifítica registró un valor total de 4985,60 Ind/cm² y las morfoespecies más abundantes fueron *Pseudoanabaena* sp y *Navicula* sp1 con 1517,00 Ind/cm² y 1377,60 Ind/cm², respectivamente; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Euglena* sp1 con 32,80 Ind/cm² (**Tabla 31**).

Pseudanabaena, este género puede encontrarse en sistemas límnicos mesotróficos a eutróficos de todo el mundo (Bonilla, 2009),

Con respecto al género *Navicula*, Cox (1994) destaca que, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

Tabla 153. Densidad (Ind/cm²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga Manatí.

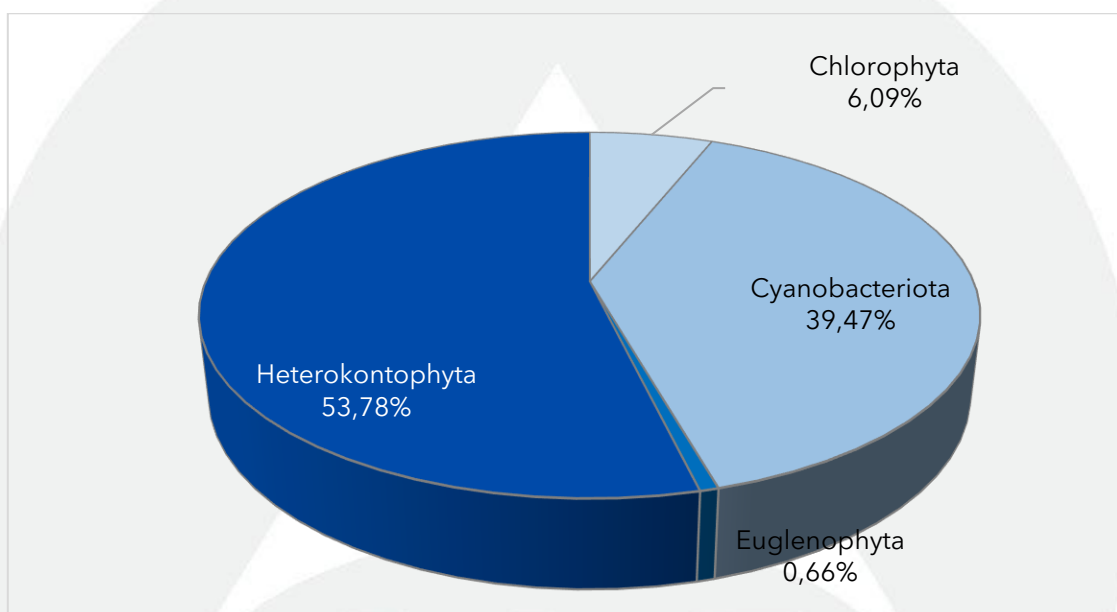
Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)	Abundancia relativa (%)
	C Manatí P1	C Manatí P1
<i>Oedogonium</i> sp	303,40	6,09
<i>Oscillatoria</i> sp5	451,00	9,05
<i>Pseudoanabaena</i> sp	1517,00	30,43
<i>Euglena</i> sp1	32,80	0,66
<i>Nitzschia</i> sp1	598,60	12,01
<i>Navicula</i> sp1	1377,60	27,63
<i>Gomphonema</i> sp1	705,20	14,14
Total	4985,60	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson *et al.*, 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.

En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 53,78%, seguida de Cyanobacteriota (39,47%), Chlorophyta (6,09%) y Euglenophyta (0,66%) (**Gráfica 5**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



Gráfica 62. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registrados en la Ciénaga Manatí.
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,67; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor alto de (0,86) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 245 de 404

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 33**).

Tabla 154. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Indíces	C Manati P1
Taxa_S	7
Individuals	4985,60
Dominance_D	0,22
Shannon_H	1,67
Margalef	0,70
Equitability_J	0,86

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 155. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Pseudoanabaena sp	Gomphonema sp1	Navicula sp1
Nitzschia sp1	Oscillatoria sp5	Oedogonium sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.2.3.4 Macroinvertebrados bentónicos

En la ciénaga Manatí no se reportaron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos.

5.2.3.5 Peces

En la ciénaga Manatí no se reportaron especies ícticas pese al esfuerzo de muestreo.

5.2.3.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga Manatí se reportó una especie de macrófita, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 146**.

Tabla 156. Clasificación taxonómica de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga Manatí.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

E. crassipes reportó una cobertura de 100,00% para el punto muestreado en la ciénaga (Tabla 147).

Tabla 157. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la ciénaga Ciénaga Manatí.

Morfoespecie	P1
<i>Eichhornia crassipes</i>	100,00
Total	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.2.4 Ciénaga Luruaco

5.2.4.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga Luruaco estuvo conformada por 14 morfoespecies, vinculadas a tres (3) divisiones, cuatro (4) clases, siete (7) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 25**.

Tabla 158. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la ciénaga Luruaco.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Synechococcales	Coelosphaeriaceae	<i>Coelosphaerium</i> sp
			Merismopediaceae	<i>Aphanocapsa</i> sp2
				<i>Merismopedia</i> sp
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2
			Microcoleaceae	<i>Planktothrix</i> sp2



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 248 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
				<i>Microcoleus</i> sp
			Aerosakkonemataceae	<i>Cephalothrix</i> sp
		Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp
		Chroococcales	Microcystaceae	<i>Microcystis</i> sp2
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp2
			Phacaceae	<i>Lepocinclis</i> sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp
	Xanthophyceae	Mischococcales	Pleurochloridaceae	<i>Isthmochloron</i> sp
3	4	7	11	14

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Pseudanabaena* sp con 105880000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Oscillatoria* sp2, con 10000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

Pseudanabaena, este género s puede encontrarse en sistemas límnicos mesotróficos a eutróficos de todo el mundo (Bonilla, 2009).

Tabla 159. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga Luruaco.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Coelosphaerium</i> sp	30000,00	0,00	30000,00
<i>Aphanocapsa</i> sp2	1280000,00	1040000,00	2320000,00
<i>Merismopedia</i> sp	80000,00	0,00	80000,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	10000,00	0,00	10000,00
<i>Oscillatoria</i> sp4	1480000,00	1900000,00	3380000,00
<i>Planktothrix</i> sp2	60000,00	40000,00	100000,00
<i>Microcoleus</i> sp	2530000,00	1600000,00	4130000,00
<i>Cephalothrix</i> sp	50000,00	0,00	50000,00
<i>Pseudanabaena</i> sp	49110000,00	56770000,00	105880000,00
<i>Microcystis</i> sp2	60000,00	0,00	60000,00
<i>Euglena</i> sp2	60000,00	30000,00	90000,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	0,00	40000,00	40000,00
<i>Navicula</i> sp	30000,00	0,00	30000,00
<i>Isthmochloron</i> sp	50000,00	0,00	50000,00
Total	54830000,00	61420000,00	116250000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 249 de 404

Tabla 160. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga Luruaco.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Coelosphaerium</i> sp	0,05	0,00
<i>Aphanocapsa</i> sp2	2,33	1,69
<i>Merismopedia</i> sp	0,15	0,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	0,02	0,00
<i>Oscillatoria</i> sp4	2,70	3,09
<i>Planktothrix</i> sp2	0,11	0,07
<i>Microcoleus</i> sp	4,61	2,61
<i>Cephalothrix</i> sp	0,09	0,00
<i>Pseudanabaena</i> sp	89,57	92,43
<i>Microcystis</i> sp2	0,11	0,00
<i>Euglena</i> sp2	0,11	0,05
<i>Lepocinclis</i> sp1	0,00	0,07
<i>Navicula</i> sp	0,05	0,00
<i>Isthmochloron</i> sp	0,09	0,00
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton obtuvo una densidad total de 116250000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P2" donde reportó 61420000,00Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 8-9 morfoespecies, siendo mayor en el punto "P1" (**Gráfica 1**).

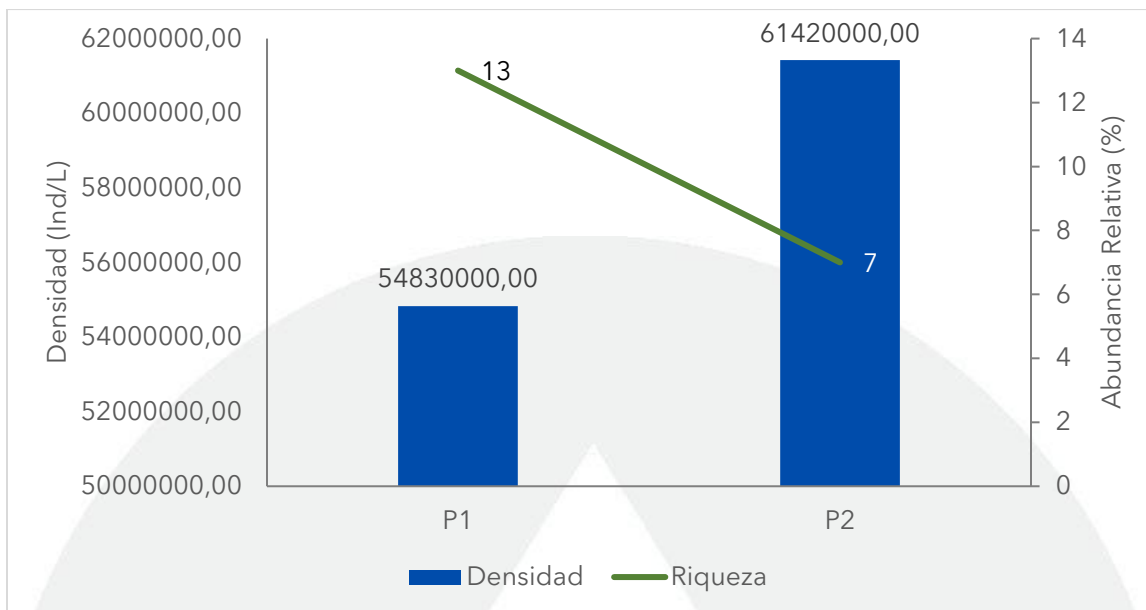
Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P2", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



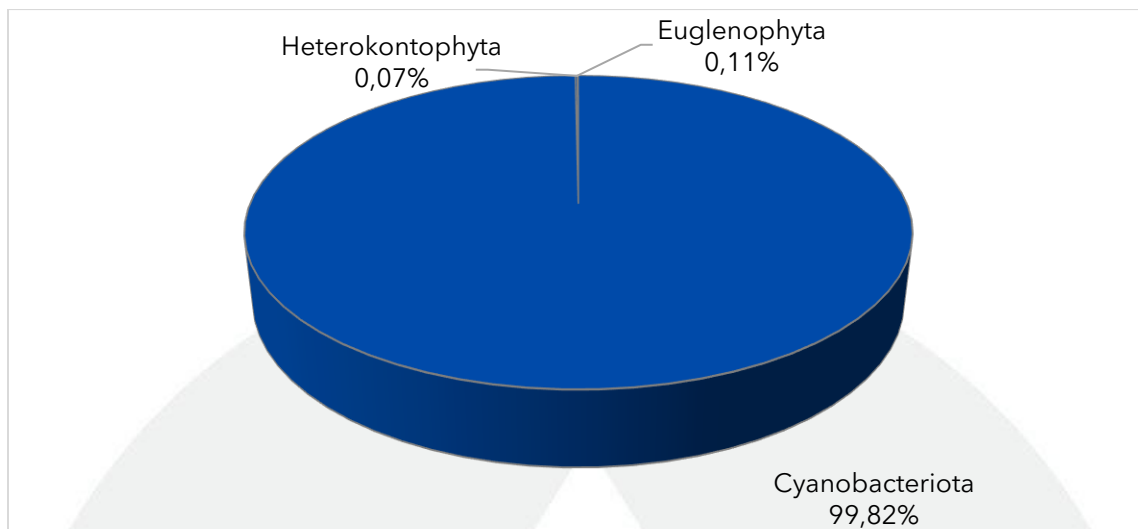
Gráfica 63. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la ciénaga Luruaco.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 99,82% de proporción, seguido de Euglenophyta (0,11%) y Heterokontophyta (0,07%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).

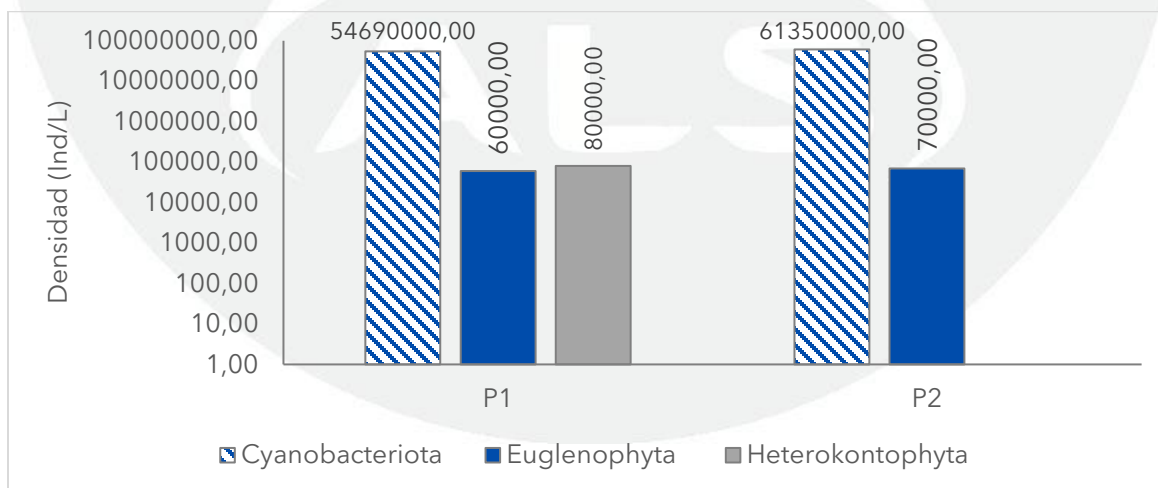




Gráfica 64. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga Luruaco.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Cyanobacteriota dominaron las densidades en los dos (2) puntos muestreados; siendo mayor en el punto "P2" con 61350000,00 Ind/L, así mismo, Euglenophyta registró su máximo en este mismo punto con 70000,00 Ind/L. Finalmente, Heterokontophyta realizó sus únicos aportes en el punto "P1" con 80000,00 Ind/L (**Gráfica 3**).



Gráfica 65. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga Luruaco por punto de monitoreo.

**: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica*

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 0,36 y 0,48, siendo máximo en el punto "P1"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores medios de 0,18 a 0,19, siendo máximo en el punto "P1" lo cual se interpreta como valores bajos en términos de similitud de abundancias en las morfoespecies. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores consistentes con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 161. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Índices	P1	P2
Taxa_S	13	7
Individuals	54830000,00	61420000,00
Dominance_D	0,81	0,86
Shannon_H	0,48	0,36



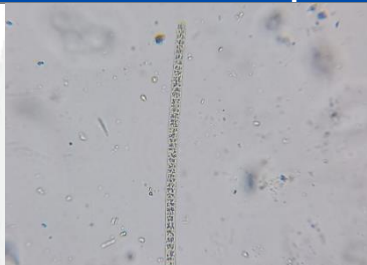
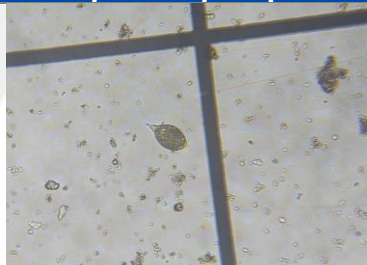
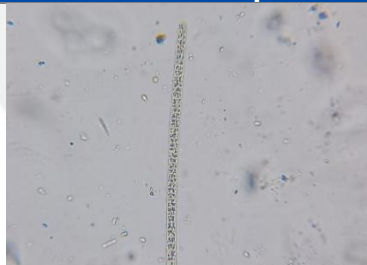
	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 253 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

Índices	P1	P2
Margalef	0,67	0,33
Equitability_J	0,19	0,18

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la ciénaga Luruaco:

Tabla 162. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
Pseudanabaena sp	Aphanocapsa sp2	Oscillatoria sp2
		
Microcoleus sp	Lepocinclis sp1	Euglena sp2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.2.4.2 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por 11 morfoespecies vinculadas a dos (2) divisiones, igual número de clases, siete (7) órdenes y ocho (8) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 163. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la ciénaga Luruaco.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp3
		Synechococcales	Pseudoanabaenaceae	<i>Pseudoanabaena</i> sp
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
				<i>Nitzschia</i> sp2
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
				<i>Gomphonema</i> sp2
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
			Pinnulariaceae	<i>Gyrosigma</i> sp
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Pinnularia</i> sp1
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Synedra</i> sp1
2	2	7	8	11

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



La morfoespecie más abundante fue *Navicula* sp1 con 4605,07 Ind/cm²; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Synedra* sp1 cada una con 58,80 Ind/cm² (**Tabla 31**).

Con respecto al género *Navicula*, Cox (1994) destaca que, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

Tabla 164. Densidad (Ind/cm²) de las morfoespecies perifíticas en la ciénaga Luruaco.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)		
	P3	P6	Total
<i>Oscillatoria</i> sp3	0,00	1486,80	1486,80
<i>Pseudoanabaena</i> sp	0,00	3452,40	3452,40
<i>Nitzschia</i> sp1	2052,27	1117,20	3169,47
<i>Nitzschia</i> sp2	0,00	84,00	84,00
<i>Gomphonema</i> sp1	355,20	0,00	355,20
<i>Gomphonema</i> sp2	838,67	0,00	838,67
<i>Navicula</i> sp1	3177,07	1428,00	4605,07
<i>Gyrosigma</i> sp	0,00	504,00	504,00
<i>Pinnularia</i> sp1	611,73	0,00	611,73
<i>Synedra</i> sp1	0,00	58,80	58,80
<i>Eunotia</i> sp1	1016,27	0,00	1016,27
Total	8051,20	8131,20	16182,40

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

Tabla 165. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la ciénaga Luruaco.

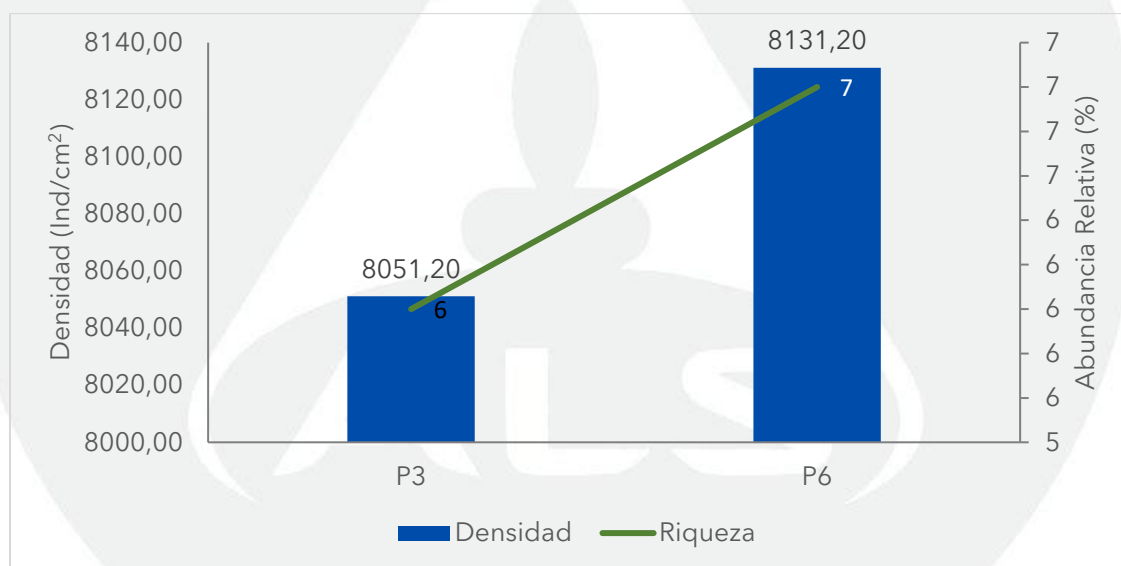
Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P3	P6
<i>Oscillatoria</i> sp3	0,00	18,29
<i>Pseudoanabaena</i> sp	0,00	42,46
<i>Nitzschia</i> sp1	25,49	13,74
<i>Nitzschia</i> sp2	0,00	1,03
<i>Gomphonema</i> sp1	4,41	0,00
<i>Gomphonema</i> sp2	10,42	0,00
<i>Navicula</i> sp1	39,46	17,56
<i>Gyrosigma</i> sp	0,00	6,20
<i>Pinnularia</i> sp1	7,60	0,00
<i>Synedra</i> sp1	0,00	0,72
<i>Eunotia</i> sp1	12,62	0,00
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



La densidad total de perifiton reportada en la ciénaga Luruaco registró un valor de 16182,40 Ind/cm², obteniendo su valor más alto en el punto "P6", con un valor de 8131,20 Ind/cm²; por su parte, la riqueza obtuvo un rango de 6-7 morfoespecies y su máximo valor se registró en el punto "P6" (**Gráfica 4**).

La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson *et al.*, 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.



Gráfica 66. Densidad (Ind/cm²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad perifítica en la ciénaga Luruaco.

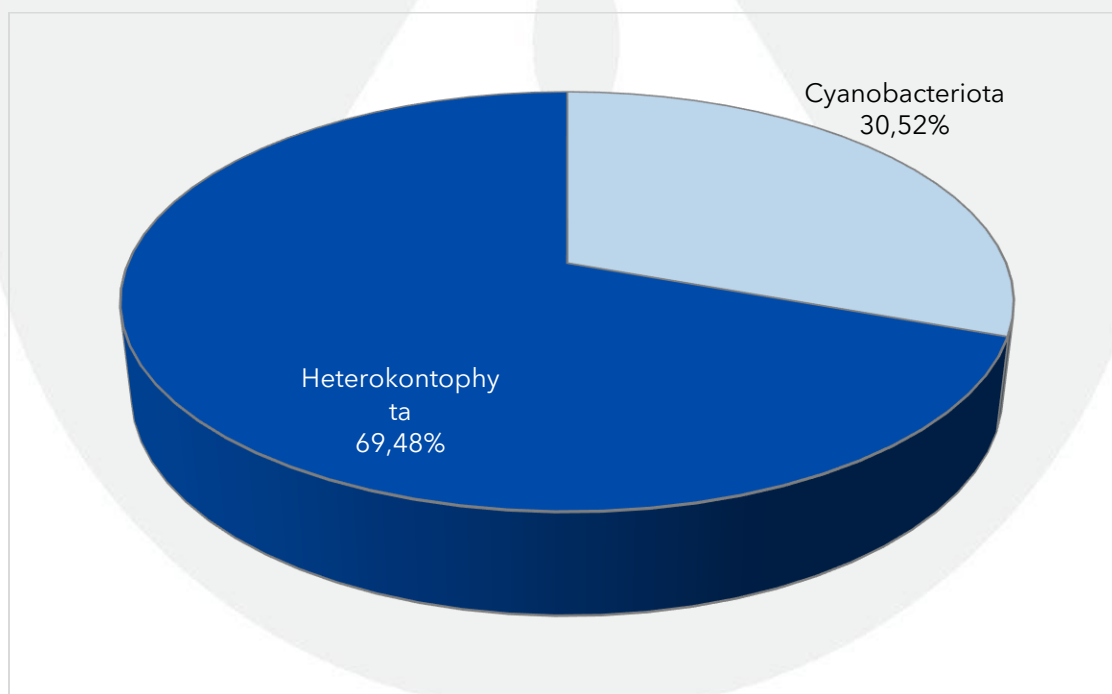
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 69,48%, seguida de Cyanobacteriota 30,52% (**Gráfica 5**).



Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N_2 , sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



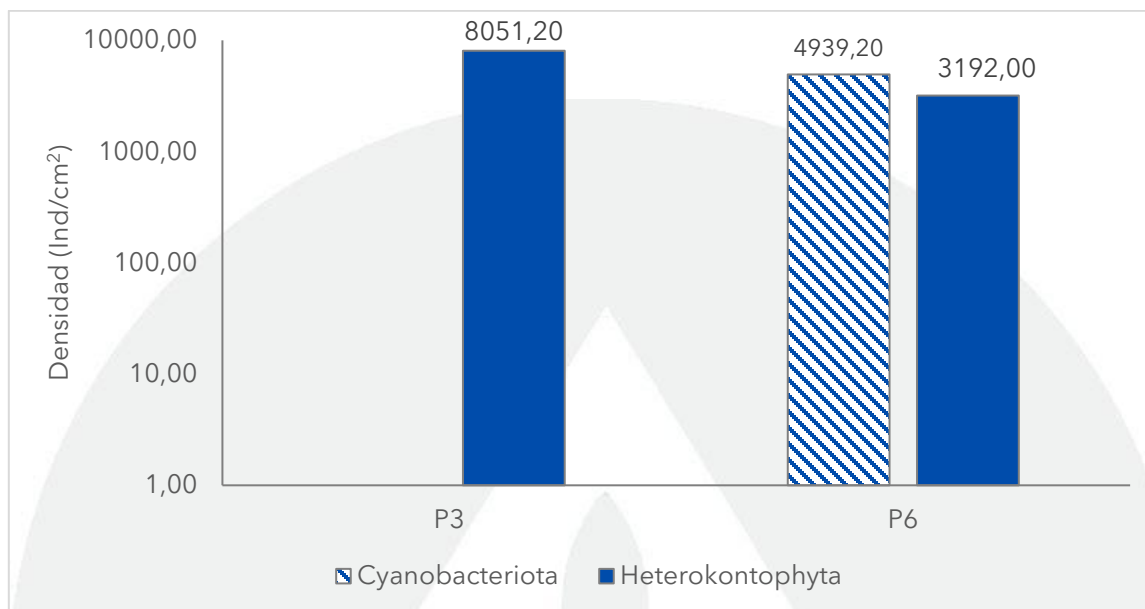
Gráfica 67. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registradas en la ciénaga Luruaco

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La división Heterokontophyta dominó en los puntos muestreados, presentando su mayor densidad en el punto P1, con un valor de 8051,20 Ind/cm²; por su parte, Cyanobacteriota,



presentó contribuciones bajas estando relacionado únicamente en el punto "P6" con 4939,20 Ind/cm² (**Gráfica 6**).



Gráfica 68. Contribución a la densidad total de las divisiones periféricas por punto de muestreo en la ciénaga Luruaco.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,51 y 1,55, siendo máximo en el punto "P3"; los valores inferiores a dos (2) de este índice se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja con efectos de la contaminación, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores entre 0,77 y 0,86, siendo el valor del punto "P3" de alta equitatividad. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores bajos, siendo esto consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró valores bajos inferiores a dos, según Margalef (1983) es consistente con sistemas de baja riqueza (**Tabla 33**).





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 259 de 404

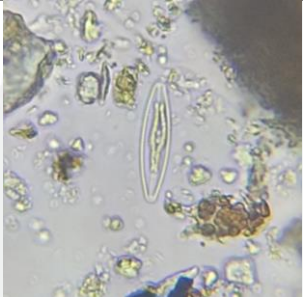
Tabla 166. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Indices	P3	P6
Taxa_S	6	7
Individuals	8051,20	8131,20
Dominance_D	0,26	0,27
Shannon_H	1,55	1,51
Margalef	0,56	0,67
Equitability_J	0,86	0,77

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 167. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

		
Navicula sp1	Nitzschia sp1	Pseudoanabaena sp
		
Eunotia sp1	Pinnularia sp1	Gyrosigma sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.2.4.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Luruaco estuvo constituida por dos (2) morfoespecies, vinculadas a un (1) phylum, una (1) clase, dos (2) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 142**.

Tabla 168. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observados en la ciénaga de Luruaco

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Mollusca	Gastropoda	Ampullariida	Ampullariidae	<i>Marisa cornuarietis</i>
		Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>
1	1	2	2	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Melanoides tuberculatus fue la especie de mayor abundancia en la ciénaga y su densidad máxima estuvo relacionada con el punto de monitoreo P2 con 53,33 Ind/m² representando el 100,00% de la abundancia relativa de dicho punto; mientras que en P1 obtuvo el 16,67% de los aportes (**Tabla 143**).

M. tuberculatus se ha registrado en ecosistemas lénticos o lóticos con diferentes grados de eutrofización y presenta gran resistencia a la contaminación urbana, ya que ha sido detectado en canales y desagües urbanos (Callisto *et al.*, 2005). Asimismo, participa como hospedero en el ciclo de vida de diversos parásitos (Derraik, 2008) y es capaz de desplazar y reemplazar especies nativas (Letelier *et al.*, 2007).

Tabla 169. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Luruaco

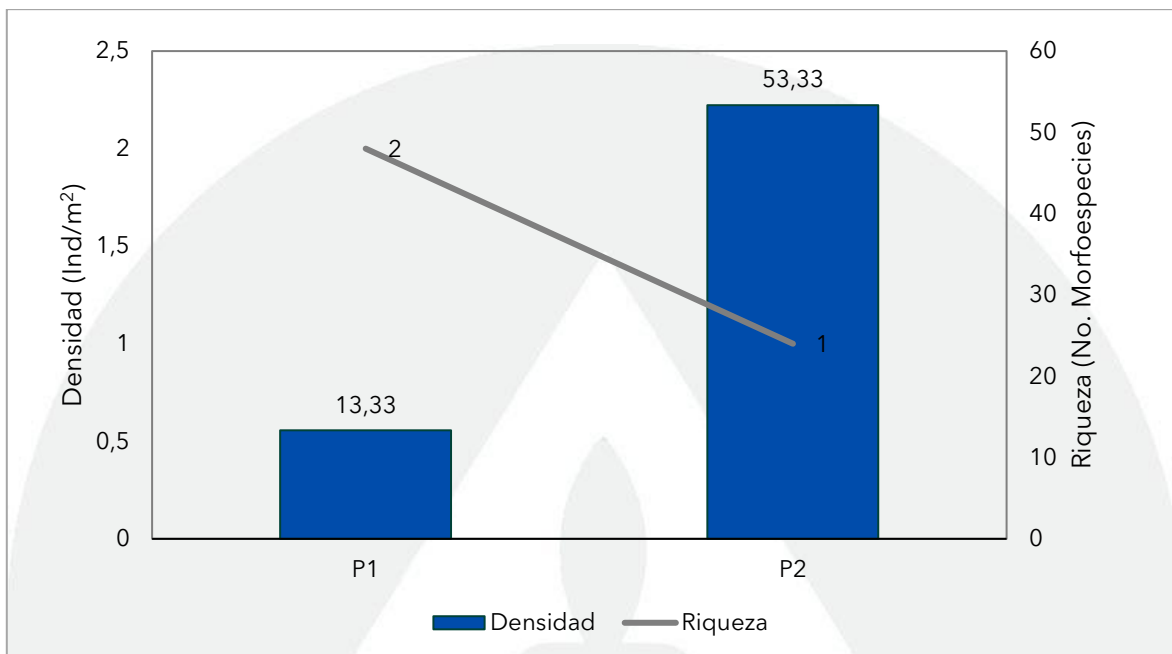
Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Marisa cornuarietis</i>	11,11	0,00	11,11	83,33%	0,00%
<i>Melanoides tuberculatus</i>	2,22	53,33	55,56	16,67%	100,00%
Total	13,33	53,33	66,67	100,00%	100,00%

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La densidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Luruaco varió entre 13,33 Ind/m² y 53,33 Ind/m² y el valor más alto se relacionó con el punto de monitoreo



P2; la riqueza obtuvo entre 1 y 2 morfoespecies y su máximo se relacionó con P1 (**Gráfica 58**). Las variaciones en la densidad estuvieron dadas por los aportes de *M. tuberculatus*, el cual en P2 registró densidades superiores a las que obtuvo en P1.

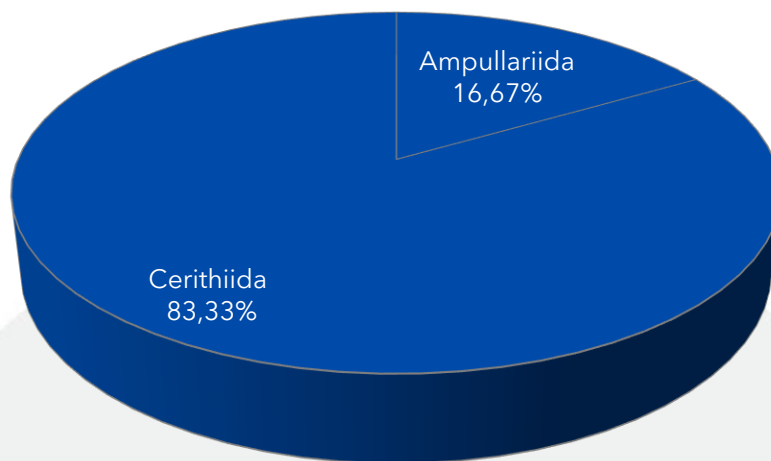


Gráfica 69. Densidad (Ind/m²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Luruaco.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El phylum Mollusca registró el 100,00%, siendo los gastrópodos del orden Cerithidae los de mayor aporte a la densidad, representando un 83,33% seguido del orden Ampullarida con el 16,67% restante (**Gráfica 59**). De acuerdo con Barchi (2012), la dominancia de especies de moluscos es facilitada por la ocurrencia de condiciones óptimas como tipo de sustrato y disponibilidad de compuestos orgánicos e inorgánicos, particularmente de altas concentraciones de carbonato de calcio, el cual es requerido por este grupo de macroinvertebrados para la construcción de sus conchas.



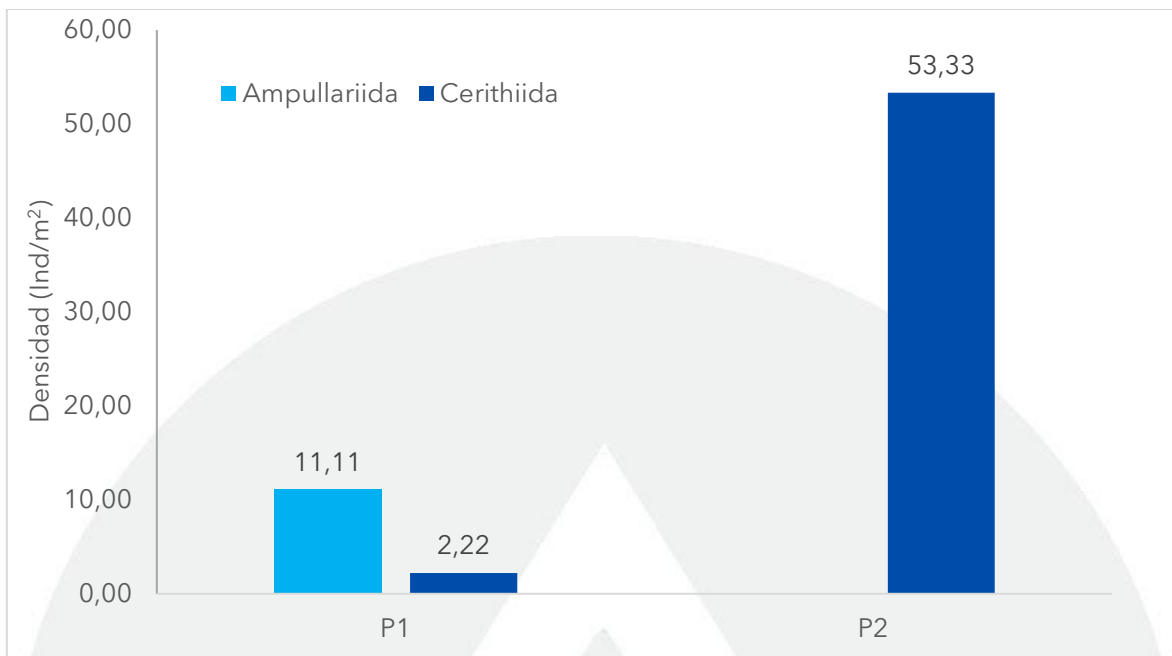


Gráfica 70. Contribución porcentual de los órdenes de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Luruaco.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, Cerithida estuvo mejor representada en P2 con 53,33 Ind/m²; mientras que Ampullariidae relacionó aportes bajos, asociados únicamente al punto P1 donde obtuvo 11,11 Ind/m² (**Gráfica 60**). Las variaciones a nivel de composición en las comunidades bentónicas resultan muy comunes dentro de ambientes lenticos debido a la complejidad con la que cuentan estos sistemas que implica heterogeneidad de hábitats para los grupos de macroinvertebrados.





Gráfica 71. Contribución de las órdenes de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga de Luruaco.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de la ciénaga de Luruaco fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.2.4.1 Peces

La clasificación taxonómica de la especie reportada en la ciénaga de Luruaco se muestra en la Tabla 72, donde se puede observar que éstas pertenecen a un (1) phylum e igual número de clase, tres (3) órdenes y tres (3) familias.

Tabla 170. Clasificación taxonómica de la comunidad de peces de la ciénaga de Luruaco.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Cichliformes	Cichlidae	<i>Caquetaia kraussi</i>
				<i>Oreochormis niloticus</i>
		Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil liza</i>
		Siluriformes	Ariidae	<i>Ariopsis sp</i>
1	1	3	3	4





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 264 de 404

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La comunidad de peces en la ciénaga de Luruaco estuvo representada por cuatro morfoespecies con una abundancia total de 51,00 individuos, la especie con mayor registro de capturas fue *C.kraussi* con 23 individuos seguida de *O.niloticus* con 22 individuos (Tabla 73).

C.kraussi proliferan aguas lentas y sustrato arenoso y fangoso, con niveles bajos de oxígeno y agua altamente contaminados, lo cual explica el hecho que esta sea dominante en los dos puntos.

Tabla 171. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la comunidad de peces de la ciénaga de Luruaco.

Morfoespecie	Abundancia (Individuos)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Ariopsis sp</i>	4,00	0,00	4,00	12,50	0,00
<i>Caquetaia kraussi</i>	16,00	7,00	23,00	50,00	36,84
<i>Mugil liza</i>	2,00	0,00	2,00	6,25	0,00
<i>Oreochormis niloticus</i>	10,00	12,00	22,00	31,25	63,16
Total	32,00	19,00	51,00	100,00	100,00

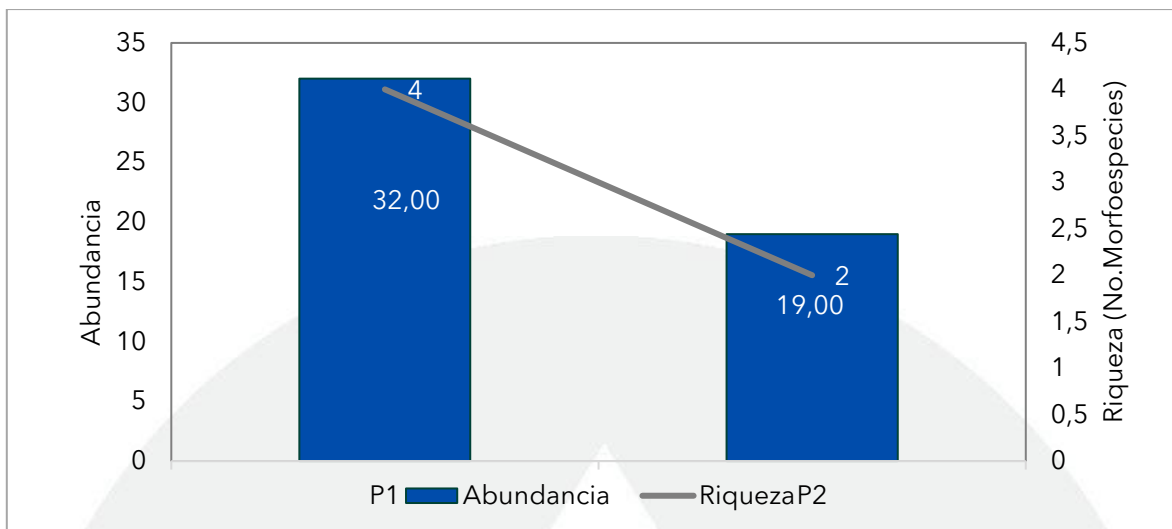
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, se observó que el punto de monitoreo P1 fue el de mayor número de capturas, con 32,00 individuos en contraste con los 19 individuos registrados en P2. En cuanto a la riqueza, se obtuvieron valores bajos, entre dos (2) y cuatro (4) morfoespecies y el valor máximo estuvo asociado con P1 (**Gráfica 72**).



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



Gráfica 72. Abundancia (Individuos) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Peces en la ciénaga de Luruaco.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

De acuerdo con lo reportado por Garcia-Alzate (2012), la alta abundancia de especies como *C. kraussi* se debe principalmente a que estas son especies indicadoras de ambientes hipereutroficados, ya que son altamente tolerantes.

Según el “diagnostico ambiental y estrategias de rehabilitación de la Ciénaga de Luruaco” realizado por la CRA y Universidad del Atlántico, en el año 2012, en la ciénaga de Luruaco, se encontraban 8 especies icticas, que para ese momento representaban el 23,8% de las especies nativas registradas por Ardila (1994). Lo anterior es un indicador de la reducción de la riqueza de peces en la ciénaga de Luruaco al presente año (2023), ya que de acuerdo con la composición reportada en el año 2012 se evidencia que desaparecieron por completo especies de gran importancia, ecológica y económica como lo es *Prochilodus magdalenae*. Además de otras especies como *Hyphessobrycon proteus*, y *Hyporhamphus unifasciatus*. Los nuevos reportes de *Oreochormis niloticus*, *Mugil liza* y *Ariopsis* sp, se dan debido a la siembra de alevines de las mismas, como estrategia de mitigación a la falta de recurso pesquero en el sistema.

Dado que la riqueza de peces (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 266 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.2.4.2 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga San Juan de Luruaco no se reportaron morfoespecies de Macrófitas.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.3 Cuenca Litoral

5.3.1 Ciénaga Paraíso

5.3.1.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga Ciénaga Paraíso estuvo conformada por 25 morfoespecies, vinculadas a cuatro (4) divisiones, siete (7) clases, diez (10) órdenes y 13 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 172. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Paraíso.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Actinastrum</i> sp1
	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Volvocaceae	<i>Pandorina morum</i>



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 268 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
	Zygnematophyceae	Spirogyrales	Spirogyraceae	<i>Spirogyra ternata</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2
			Microcoleaceae	<i>Planktothrix</i> sp
		Spirulinales	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i> sp1
		Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Lepocinclis acus</i>
				<i>Lepocinclis</i> sp1
				<i>Lepocinclis</i> sp2
				<i>Phacus</i> sp1
				<i>Phacus</i> sp2
				<i>Phacus</i> sp3
			Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp1
				<i>Euglena</i> sp2
				<i>Trachelomonas hispida</i>
				<i>Trachelomonas</i> sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
				<i>Gyrosigma</i> sp1
		Cymbellales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp1
				<i>Pinnularia</i> sp2
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
	Mediophyceae	Stephanodiscales		<i>Gomphonema</i> sp2
			Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp
4	7	10	13	25

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton reportó un valor total de 4890,00 Ind/L y las morfoespecies de mayor abundancia fueron *Cyclotella* sp, *Navicula* sp1 y *Trachelomonas hispida* con 2330,00 Ind/L, 710,00 Ind/L y 670,00 Ind/L, respectivamente; mientras que, las morfoespecies menos representativas fueron *Phacus* sp1 y *Euglena* sp2 con 20,00 Ind/L (**Tabla 26**).

Cyclotella sp, este género Principalmente de agua dulce y hábito planctónico (Guiry, 2020). Es cosmopolita (Uherkovich y Rai, 1979). Algunas especies se relacionan con ambientes contaminados, eutróficos; alto contenido orgánico (Bellinger y Sigee, 2010).

Navicula sp es considerada una diatomea heterotrófica facultativa, lo cual permite su reproducción y desarrollo en diferentes tipos de ecosistemas (Díaz-Quiroz & Rivera-Rendón, 2004).



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 269 de 404

Trachelomonas hispida es una de las algas más frecuentes en las aguas estancadas y que con más profusión se desarrolla cuando existe materia orgánica disuelta en ellas (Guillén; 2021).

Tabla 173. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Paraíso.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Actinastrum</i> sp1	30,00	0,61
<i>Pandorina</i> morum	30,00	0,61
<i>Spirogyra</i> ternata	50,00	1,02
<i>Oscillatoria</i> sp2	70,00	1,43
<i>Planktothrix</i> sp	80,00	1,64
<i>Spirulina</i> sp1	40,00	0,82
<i>Anabaena</i> sp	90,00	1,84
<i>Lepocinclis</i> acus	60,00	1,23
<i>Lepocinclis</i> sp1	170,00	3,48
<i>Lepocinclis</i> sp2	60,00	1,23
<i>Phacus</i> sp1	20,00	0,41
<i>Phacus</i> sp2	30,00	0,61
<i>Phacus</i> sp3	40,00	0,82
<i>Euglena</i> sp1	30,00	0,61
<i>Euglena</i> sp2	20,00	0,41
<i>Trachelomonas</i> hispida	670,00	13,70
<i>Trachelomonas</i> sp1	50,00	1,02
<i>Trachelomonas</i> sp2	30,00	0,61
<i>Navicula</i> sp1	710,00	14,52
<i>Gyrosigma</i> sp1	30,00	0,61
<i>Pinnularia</i> sp1	90,00	1,84
<i>Pinnularia</i> sp2	30,00	0,61
<i>Gomphonema</i> sp1	40,00	0,82
<i>Gomphonema</i> sp2	90,00	1,84
<i>Cyclotella</i> sp	2330,00	47,65
Total	4890,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia,



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

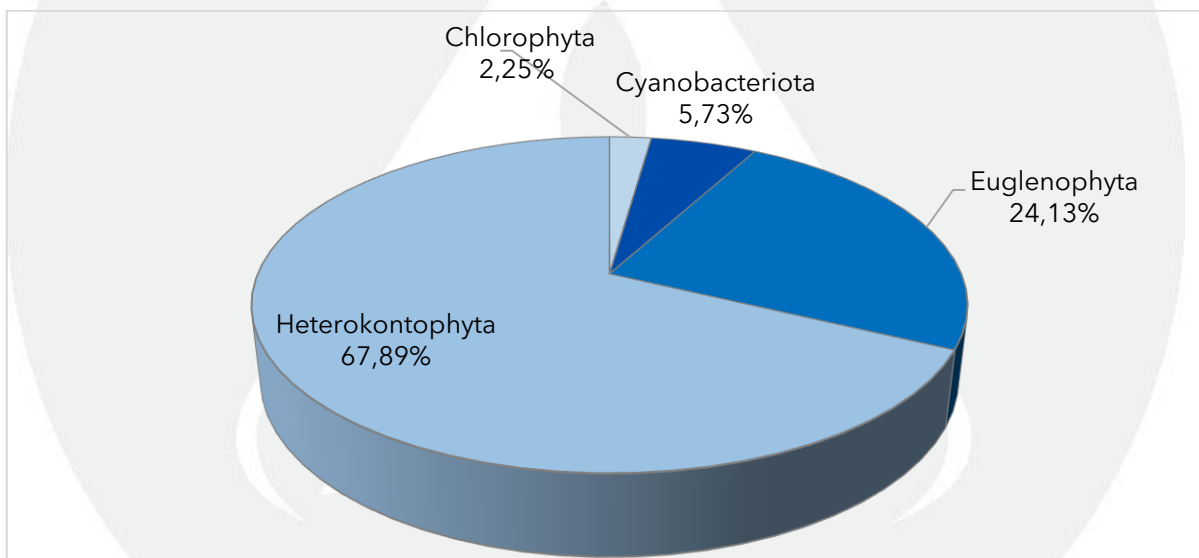
part of
ALS Limited



tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Heterokontophyta obtuvo el 67,89% de proporción, seguido de Euglenophyta (24,13%), Cyanobacteriota (5,73%) y Chlorophyta (2,25%) (**Gráfica 2**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



Gráfica 73. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Paraíso.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por



comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,96; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor medio de (0,61) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor alto siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor superior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza moderada, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 174. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Índices	P1
Taxa_S	25
Individuals	4890,00
Dominance_D	0,27
Shannon_H	1,96
Margalef	2,83
Equitability_J	0,61

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga Paraíso:

Tabla 175. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

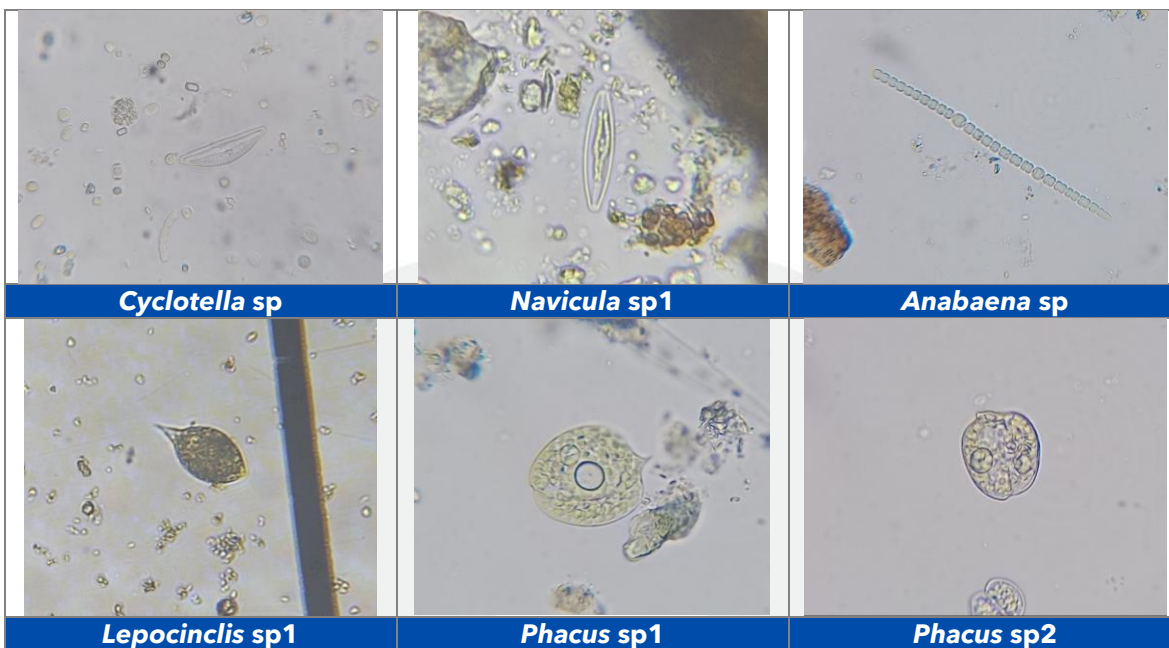
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 272 de 404



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

5.3.1.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.3.1.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por 11 morfoespecies vinculadas a cuatro (4) divisiones, igual número de clases, ocho (8) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 176. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga Paraíso.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
		Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp1
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2
				<i>Lyngbya</i> sp1
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenida	Phacidae	<i>Lepocinclis</i> sp
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
				<i>Gyrosigma</i> sp2
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp1
				<i>Fragilaria</i> sp



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 274 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
4	4	8	8	11

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La comunidad perifítica registró un valor total de 3792,15 Ind/cm² y la morfoespecie más abundante fue *Navicula* sp1 con 1709,25 Ind/cm²; mientras que la morfoespecie menos representativa fue *Pinnularia* sp1 con 35,40 Ind/cm² (**Tabla 31**).

Con respecto al género *Navicula*, Cox (1994) destaca que, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

Tabla 177. Densidad (Ind/cm²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga Paraíso.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Oedogonium</i> sp	103,35	2,73
<i>Scenedesmus</i> sp1	15,90	0,42
<i>Oscillatoria</i> sp2	278,25	7,34
<i>Lyngbya</i> sp1	349,80	9,22
<i>Lepocinclis</i> sp	15,90	0,42
<i>Nitzschia</i> sp1	620,10	16,35
<i>Navicula</i> sp1	1709,25	45,07
<i>Gyrosigma</i> sp2	15,90	0,42
<i>Gomphonema</i> sp1	556,50	14,68
<i>Synedra</i> sp1	47,70	1,26
<i>Fragilaria</i> sp	79,50	2,10
Total	3792,15	100,00

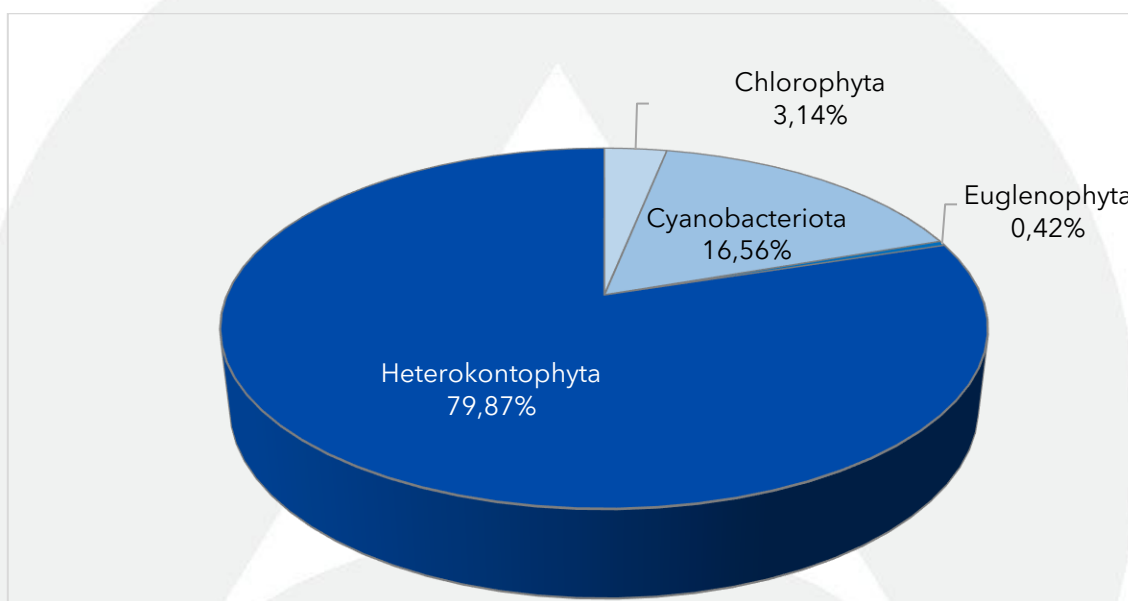
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson et al., 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.



En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 79,87%, seguida de Cyanobacteriota (16,56%), Chlorophyta (3,14%) y Euglenophyta (0,42%) (**Gráfica 5**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



Gráfica 74. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registradas en la Ciénaga Paraíso.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,65; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor medio de (0,69) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 276 de 404

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 33**).

Tabla 178. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Índices	P1
Taxa_S	11
Individuals	3792,15
Dominance_D	0,27
Shannon_H	1,65
Margalef	1,21
Equitability_J	0,69

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 179. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Navicula sp1	Gomphonema sp1	Nitzschia sp1
Scenedesmus sp1	Oscillatoria sp2	Oedogonium sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.3.1.4 Macroinvertebrados bentónicos

En la ciénaga Paraíso no se reportaron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos.

5.3.1.5 Peces

La comunidad íctica en la ciénaga Paraíso, durante el monitoreo estuvo conformada por tres (3) especies, las cuales estuvieron distribuidas taxonómicamente en un (1) phylum, e igual número de clases, un (1) orden y una (1) familia, cuya clasificación taxonómica se encuentra en detalle en la **Tabla 37**.

Tabla 180. Clasificación taxonómica de las especies ícticas reportadas en la ciénaga Paraíso.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Cichliformes	Cichlidae	<i>Caquetaia kraussi</i>
				<i>Oreochromis niloticus</i>
		Siluriformes	Loricariidae	Loricariidae morfo 1
1	1	2	2	3

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La especie de mayor abundancia fue *Loricariidae morfo 1*, ya que reportó 8,00 individuos representados en 42,11% de la abundancia relativa del punto de monitoreo, seguida de *O.niloticus* con 6,00 individuos y una abundancia relativa de 31,58%. (**Tabla 38**).

Los peces de la familia Loricariidae Se encuentran en una gran cantidad de ecosistemas de agua dulce y habitan en microhábitats bentónicos. La mayoría de las especies viven en las zonas rocosas de los arroyos y son principalmente herbívoros, estando en constante búsqueda de diatomeas o cianobacterias (Fishipedia, 2023).

Tabla 181. Abundancia y abundancia relativa de especies ícticas reportadas en la ciénaga Paraíso.

Morfoespecie	Abundancia	Abundancia relativa (%)
	P1	
<i>Caquetaia kraussi</i>	5,00	26,32
<i>Loricariidae morfo 1</i>	8,00	42,11
<i>Oreochromis niloticus</i>	6,00	31,58
Total	19,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Debido a la baja riqueza reportada en el área de estudio los índices de diversidad no fueron calculados, ya que el número de morfoespecies fue menor a 5.

5.3.1.6 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga Paraíso se reportó una especie de macrófitas, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 146**.

Tabla 182. Clasificación taxonómica de las macrófitas acuáticas reportadas en la Ciénaga Paraíso.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

E.crassipes reportó una cobertura de 100,00% para el punto muestreado en la ciénaga (**Tabla 147**).

Tabla 183. Porcentaje de cobertura (%) de las macrófitas acuáticas en la ciénaga Ciénaga Paraíso.

Morfoespecie	P1
<i>Eichhornia crassipes</i>	100,00
Total	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.3.2 Ciénaga Mallorquín

5.3.2.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga Mallorquín estuvo conformada por 22 morfoespecies, vinculadas a cuatro (4) divisiones, siete (7) clases, diez (10) órdenes y 15 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 25**.

Tabla 184. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Mallorquín.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia sp1</i>
		Gomontiellales	Gomontiellaceae	<i>Komvophoron sp</i>
		Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena sp</i>





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 280 de 404

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp1
			Gomontiellaceae	<i>Oscillatoria</i> sp2
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus</i> sp1
				<i>Lepocinclis</i> sp1
Heterokontophyta	Mediophyceae	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros affinis</i>
				<i>Chaetoceros</i> sp1
				<i>Chaetoceros</i> sp2
				<i>Chaetoceros</i> sp3
				<i>Chaetoceros</i> sp4
				<i>Chaetoceros</i> sp5
		Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i> sp1
				<i>Thalassiosira</i> sp2
		Eupodiscales	Eupodiscaceae	<i>Skeletonema costatum</i>
				<i>Odontella</i> sp1
	Bacillariophyceae	Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Odontella</i> sp2
				<i>Hemiaulus</i> sp1
		Biddulphiales	Biddulphiaceae	<i>Hemiaulus</i> sp2
				<i>Biddulphia</i> sp1
		Thalassiosiphysales	Catenulaceae	<i>Biddulphia</i> sp2
				<i>Amphora</i> sp
		Surirellales	Entomoneidaceae	<i>Emtomoneis alata</i>
				<i>Emtomoneis</i> sp1
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma</i> sp1
				<i>Gyrosigma</i> sp2
				<i>Gyrosigma</i> sp3
				<i>Navicula</i> sp1
				<i>Navicula</i> sp2
			Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma</i> sp. 1
				<i>Pleurosigma</i> sp. 2
				<i>Pleurosigma</i> sp. 3
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cylindrotheca closterium</i>



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 281 de 404

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
4				<i>Nitzschia longissima</i>
				<i>Nitzschia</i> sp1
				<i>Nitzschia</i> sp2
				<i>Nitzschia</i> sp4
				<i>Pseudo-nitzschia</i> sp
				<i>Synedra</i> sp
	Coccinodiscophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Asterionella gracialis</i>
		Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema nitzschoides</i>
				<i>Thalassionema frauenfeldii</i>
		Coccinodiscales	Coccinodiscaceae	<i>Coccinodiscus radiatus</i>
				<i>Coccinodiscus</i> sp1
		Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Guinardia flaccida</i>
				<i>Guinardia striata</i>
				<i>Rhizosolenia</i> sp. 2
		Stephanopyxales	Stephanopyxidaceae	<i>Rhizosolenia</i> sp. 3
				<i>Stephanopyxis</i> sp
		Triceratiales	Triceratiaceae	<i>Triceratium</i> sp
4	6	21	24	52

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Pseudanabaena* sp con 27004000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Pleurosigma* sp3, con 5714,29 Ind/L (**Tabla 26**).

Pseudanabaena, este género puede encontrarse en sistemas límnicos mesotróficos a eutróficos de todo el mundo (Bonilla, 2009).



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 282 de 404

Tabla 185. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Mallorquín.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)							Total
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
<i>Pediastrum duplex</i>	6666,67	0,00	0,00	0,00	43333,33	0,00	0,00	50000,00
<i>Merismopedia</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31428,57	12000,00	43428,57
<i>Komvophoron</i> sp	390000,00	0,00	1252000,00	0,00	0,00	22857,14	4988000,00	6652857,14
<i>Pseudanabaena</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27004000,00	27004000,00
<i>Oscillatoria</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	123333,33	0,00	0,00	123333,33
<i>Oscillatoria</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	36666,67	25714,29	0,00	62380,95
<i>Phacus</i> sp1	0,00	0,00	8000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8000,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	0,00	0,00	8000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8000,00
<i>Chaetoceros affinis</i>	0,00	0,00	0,00	36666,67	0,00	0,00	0,00	36666,67
<i>Chaetoceros</i> sp1	6666,67	0,00	0,00	0,00	10000,00	0,00	0,00	16666,67
<i>Chaetoceros</i> sp2	0,00	0,00	16000,00	56666,67	16666,67	0,00	0,00	89333,33
<i>Chaetoceros</i> sp3	0,00	0,00	0,00	73333,33	46666,67	0,00	0,00	120000,00
<i>Chaetoceros</i> sp4	0,00	0,00	0,00	26666,67	0,00	0,00	32000,00	58666,67
<i>Chaetoceros</i> sp5	0,00	0,00	0,00	0,00	13333,33	0,00	0,00	13333,33
<i>Thalassiosira</i> sp1	0,00	0,00	0,00	66666,67	0,00	0,00	416000,00	482666,67
<i>Thalassiosira</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	6666,67	0,00	80000,00	86666,67
<i>Skeletonema costatum</i>	0,00	206666,67	0,00	146666,67	0,00	0,00	0,00	353333,33
<i>Odontella</i> sp1	0,00	3333,33	0,00	0,00	0,00	0,00	12000,00	15333,33
<i>Odontella</i> sp2	0,00	0,00	0,00	6666,67	0,00	0,00	20000,00	26666,67
<i>Hemiaulus</i> sp1	0,00	0,00	0,00	10000,00	0,00	0,00	4000,00	14000,00
<i>Hemiaulus</i> sp2	0,00	0,00	0,00	6666,67	0,00	0,00	0,00	6666,67
<i>Biddulphia</i> sp1	0,00	6666,67	0,00	0,00	0,00	0,00	8000,00	14666,67
<i>Biddulphia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24000,00	24000,00
<i>Amphora</i> sp	10000,00	13333,33	36000,00	0,00	0,00	0,00	24000,00	83333,33
<i>Etmoneis alata</i>	13333,33	40000,00	0,00	23333,33	0,00	0,00	212000,00	288666,67
<i>Etmoneis</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	348571,43	0,00	348571,43
<i>Gyrosigma</i> sp1	0,00	6666,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6666,67
<i>Gyrosigma</i> sp2	0,00	3333,33	0,00	0,00	0,00	8571,43	0,00	11904,76
<i>Gyrosigma</i> sp3	0,00	0,00	0,00	10000,00	0,00	8571,43	0,00	18571,43



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 283 de 404

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)							Total
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
<i>Navicula</i> sp1	0,00	6666,67	0,00	0,00	0,00	14285,71	0,00	20952,38
<i>Navicula</i> sp2	0,00	10000,00	0,00	0,00	13333,33	0,00	0,00	23333,33
<i>Pleurosigma</i> sp1	0,00	13333,33	0,00	0,00	0,00	8571,43	0,00	21904,76
<i>Pleurosigma</i> sp2	0,00	10000,00	0,00	0,00	13333,33	11428,57	0,00	34761,90
<i>Pleurosigma</i> sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5714,29	0,00	5714,29
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,00	10000,00	12000,00	0,00	0,00	137142,86	0,00	159142,86
<i>Nitzschia longissima</i>	16666,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16666,67
<i>Nitzschia</i> sp1	0,00	10000,00	0,00	33333,33	0,00	0,00	0,00	43333,33
<i>Nitzschia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	23333,33	0,00	0,00	0,00	23333,33
<i>Nitzschia</i> sp4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24000,00	24000,00
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp	0,00	10000,00	12000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22000,00
<i>Synedra</i> sp	0,00	0,00	12000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12000,00
<i>Asterionella gracialis</i>	10000,00	6666,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16666,67
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12000,00	12000,00
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0,00	0,00	0,00	20000,00	0,00	0,00	8000,00	28000,00
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	16666,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16666,67
<i>Coscinodiscus</i> sp1	0,00	0,00	24000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24000,00
<i>Guinardia flaccida</i>	0,00	0,00	16000,00	10000,00	0,00	0,00	0,00	26000,00
<i>Guinardia striata</i>	0,00	0,00	0,00	10000,00	0,00	0,00	0,00	10000,00
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	0,00	0,00	8000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8000,00
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3	0,00	0,00	8000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8000,00
<i>Stephanopyxis</i> sp	83333,33	23333,33	8000,00	0,00	0,00	0,00	20000,00	134666,67
<i>Triceratium</i> sp	0,00	0,00	0,00	20000,00	0,00	0,00	0,00	20000,00
Total	553333,33	380000,00	1420000,00	580000,00	323333,33	622857,14	32900000,00	36779523,81

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 284 de 404

Tabla 186. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Mallorquín.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Pediastrum duplex</i>	1,20	0,00	0,00	0,00	13,40	0,00	0,00
<i>Merismopedia</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,05	0,04
<i>Komvophoron</i> sp	70,48	0,00	88,17	0,00	0,00	3,67	15,16
<i>Pseudanabaena</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,08
<i>Oscillatoria</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	38,14	0,00	0,00
<i>Oscillatoria</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	11,34	4,13	0,00
<i>Phacus</i> sp1	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros affinis</i>	0,00	0,00	0,00	6,32	0,00	0,00	0,00
<i>Chaetoceros</i> sp1	1,20	0,00	0,00	0,00	3,09	0,00	0,00
<i>Chaetoceros</i> sp2	0,00	0,00	1,13	9,77	5,15	0,00	0,00
<i>Chaetoceros</i> sp3	0,00	0,00	0,00	12,64	14,43	0,00	0,00
<i>Chaetoceros</i> sp4	0,00	0,00	0,00	4,60	0,00	0,00	0,10
<i>Chaetoceros</i> sp5	0,00	0,00	0,00	0,00	4,12	0,00	0,00
<i>Thalassiosira</i> sp1	0,00	0,00	0,00	11,49	0,00	0,00	1,26
<i>Thalassiosira</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	2,06	0,00	0,24
<i>Skeletonema costatum</i>	0,00	54,39	0,00	25,29	0,00	0,00	0,00
<i>Odontella</i> sp1	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
<i>Odontella</i> sp2	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,06
<i>Hemiaulus</i> sp1	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00	0,00	0,01
<i>Hemiaulus</i> sp2	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,00
<i>Biddulphia</i> sp1	0,00	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
<i>Biddulphia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
<i>Amphora</i> sp	1,81	3,51	2,54	0,00	0,00	0,00	0,07
<i>Emtomoneis alata</i>	2,41	10,53	0,00	4,02	0,00	0,00	0,64
<i>Emtomoneis</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,96	0,00
<i>Gyrosigma</i> sp1	0,00	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gyrosigma</i> sp2	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	1,38	0,00
<i>Gyrosigma</i> sp3	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00	1,38	0,00



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 285 de 404

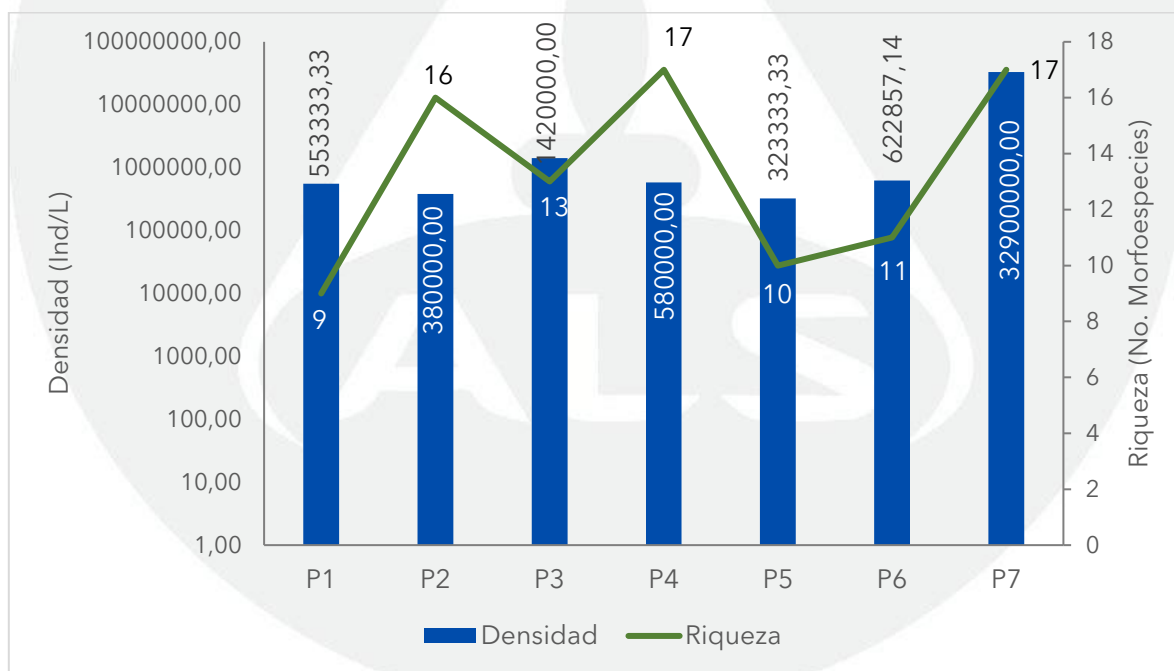
Morfoespecie	Abundancia relativa (%)						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Navicula</i> sp1	0,00	1,75	0,00	0,00	0,00	2,29	0,00
<i>Navicula</i> sp2	0,00	2,63	0,00	0,00	4,12	0,00	0,00
<i>Pleurosigma</i> sp1	0,00	3,51	0,00	0,00	0,00	1,38	0,00
<i>Pleurosigma</i> sp2	0,00	2,63	0,00	0,00	4,12	1,83	0,00
<i>Pleurosigma</i> sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,00	2,63	0,85	0,00	0,00	22,02	0,00
<i>Nitzschia longissima</i>	3,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia</i> sp1	0,00	2,63	0,00	5,75	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	4,02	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia</i> sp4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp	0,00	2,63	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Synedra</i> sp	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Asterionella gracialis</i>	1,81	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0,00	0,00	0,00	3,45	0,00	0,00	0,02
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	3,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Coscinodiscus</i> sp1	0,00	0,00	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Guinardia flaccida</i>	0,00	0,00	1,13	1,72	0,00	0,00	0,00
<i>Guinardia striata</i>	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Rhizosolenia</i> sp. 3	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Stephanopyxis</i> sp	15,06	6,14	0,56	0,00	0,00	0,00	0,06
<i>Triceratium</i> sp	0,00	0,00	0,00	3,45	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



El fitoplancton obtuvo una densidad total de 36779523,81 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P7" donde reportó 32900000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 9-17 morfoespecies, y su valor máximo se reportó en los puntos P4 y P7 (**Gráfica 1**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico).



Gráfica 75. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga Mallorquín.

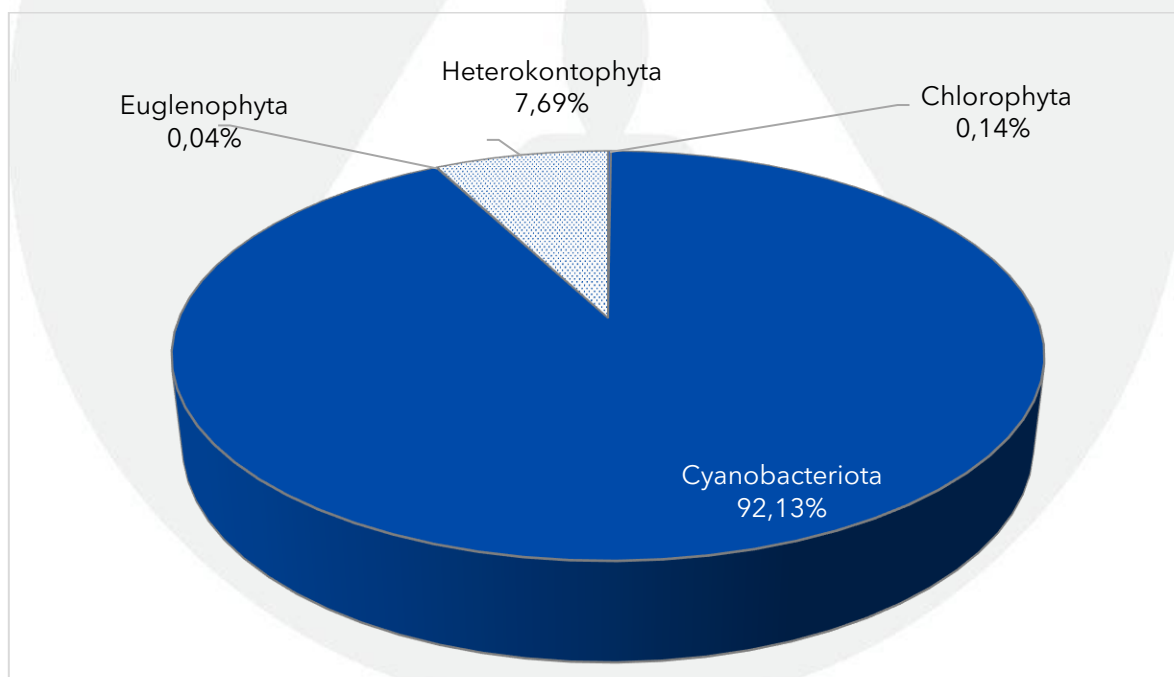
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Cyanobacteriota obtuvo el 92,13% de proporción, seguido de Heterokontophyta (7,69%), Chlorophyta (0,14%) y Euglenophyta (0,04%) (**Gráfica 2**).

Las cianobacterias, poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles (Roldan y Ramírez, 2008). Se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían de manera notable de las relaciones habituales y puede considerarse que todo cambio en la relación nitrógeno/fosforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000). Son consideradas de gran importancia en términos de la productividad primaria de los ecosistemas, debido a su gran capacidad de fijación del N₂, sin embargo, su excesivo crecimiento se considera toxico llegando a matar invertebrados bentónicos y a los vertebrados acuáticos (peces) (Roldán y Ramírez, 2008).



Gráfica 76. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registrados en la Ciénaga Mallorquín.

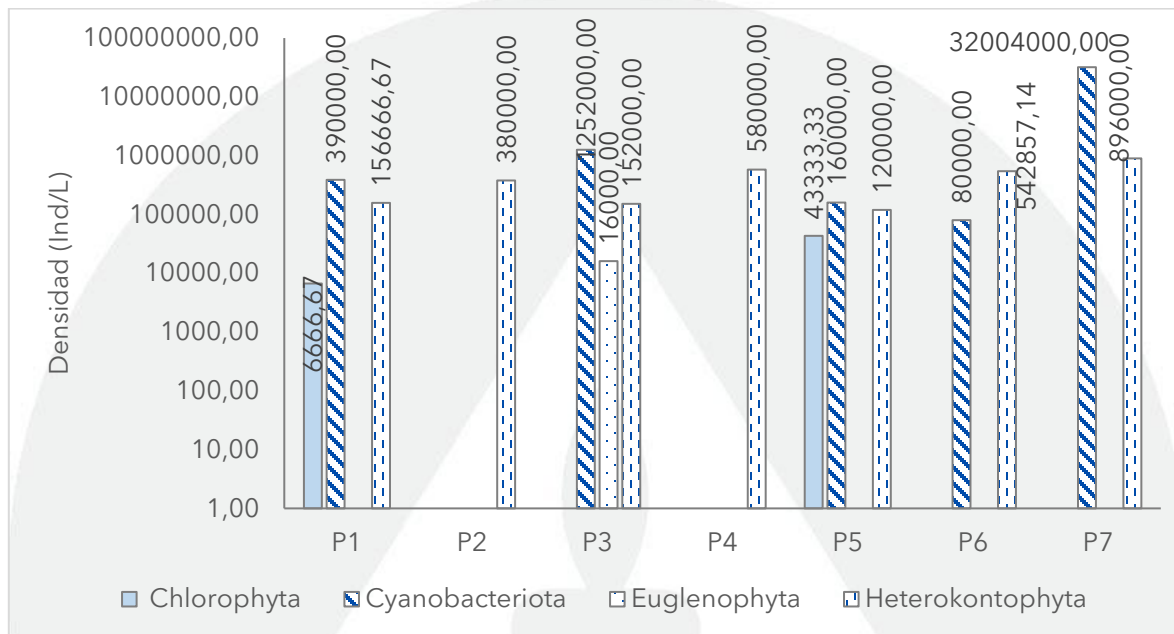
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las divisiones correspondientes a Cyanobacteriota y Heterokontophyta reportaron sus mayores aportes en el punto "P7" con 32004000,00 Ind/L y 896000,00





Ind/L, respectivamente; por su parte Chlorophyta solo presentó contribuciones en dos puntos, y su máximo se registró en el punto "P5" con 43333,33 Ind/L, la división Euglenophyta registró densidades bajas, y solo tuvo aportes en el punto "P3" con 16000,00 Ind/L (**Gráfica 3**).



Gráfica 77. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Mallorquín por punto de monitoreo.

**: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica*

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 0,64 y 2,44, siendo máximo en el punto "P4"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 289 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores bajos-medios de 0,21 a 0,86, siendo máximo en el punto "P4" que se relacionan con las densidades de la morfoespecie *Pseudanabaena* sp, las cuales fueron significativamente superiores al resto de las morfoespecies en el ensamblaje fitoplanctónico. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores bajos-medios, lo anterior se encuentra explicado por las densidades de las morfoespecies antes mencionadas, demostrando así la conceptualidad inversa de este índice con el de equitatividad.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 187. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Indices	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Shannon_H	Margalef	Equitability_J
P1	9	553333,33	0,52	1,08	0,61	0,49
P2	16	380000,00	0,32	1,82	1,17	0,66
P3	13	1420000,00	0,78	0,64	0,85	0,25
P4	17	580000,00	0,12	2,44	1,21	0,86
P5	10	323333,33	0,21	1,90	0,71	0,82
P6	11	622857,14	0,37	1,44	0,75	0,60
P7	17	32900000,00	0,70	0,60	0,92	0,21

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga Mallorquín:

Tabla 188. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

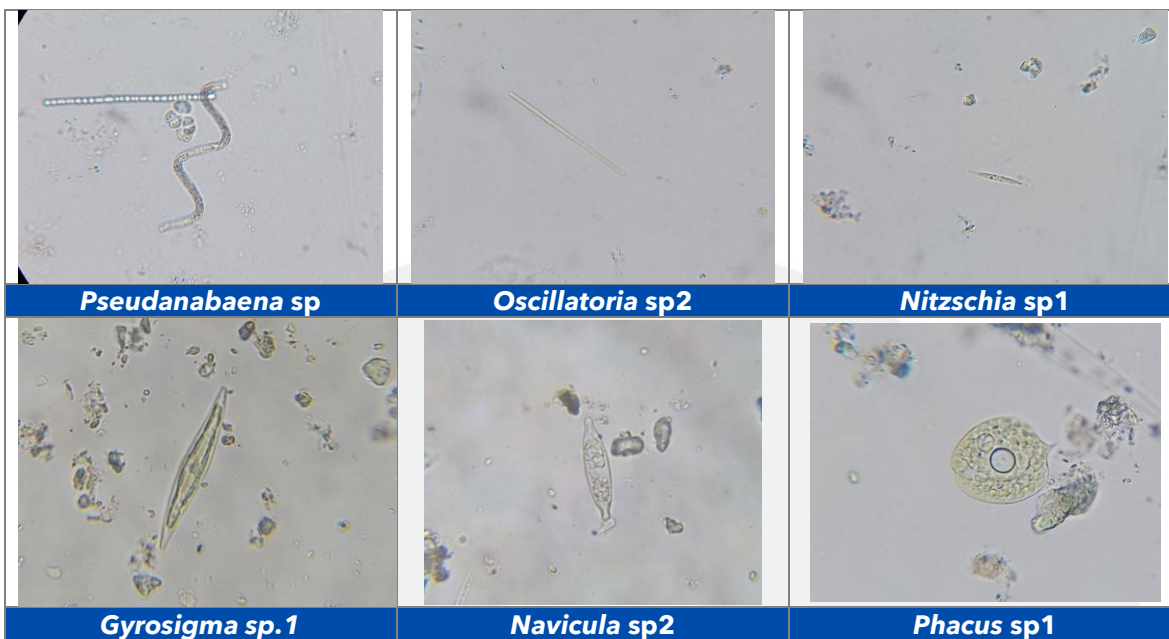
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 290 de 404



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

5.3.2.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 291 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

5.3.2.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

A pesar del esfuerzo de muestreo no se reportaron morfoespecies de perifiton en la Ciénaga Mallorquín, el desarrollo de las algas del perifiton depende de factores abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros. La luz y la temperatura son factores importantes para el desarrollo de la comunidad perifítica. En la naturaleza ambos factores varían en forma concomitante, aunque la influencia de la luz se manifiesta en la longitud del período de fotosíntesis y la temperatura influye como factor acumulativo o de pérdida gradual, debido a la elevada inercia térmica que posee el cuerpo de agua. La disponibilidad de espacio para colonizar es esencial para el perifiton y afecta la productividad de la comunidad. Las comunidades adheridas a superficies con área de colonización fija (rocas, granos de arena) pueden estar limitadas por espacio, si el resto de los factores se hallan en condiciones óptimas (Wetzel, 2001).



5.3.2.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Mallorcaín estuvo conformada por cuatro (4) morfoespecies vinculadas a un (1) phylum, una (1) clase, tres (3) órdenes y cuatro (4) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 189**.

Tabla 189. Clasificación de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga de Mallorcaín.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Mollusca	Bivalvia	Myida	Corbulidae	<i>Corbula caribaea</i>
		Mytilida	Mytilidae	<i>Mytilus sp</i>
		Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicula sp</i>
			Veneridae	<i>Chione sp</i>
1	1	3	4	4

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

Las morfoespecies de mayor abundancia en la ciénaga fueron *Corbula caribaea*, con densidades 14,44 Ind/m² (P7) a 35,56 Ind/m² (P2) (**Tabla 190**). Las especies del género *Corbula* habitan en el bentos de sistemas marinos o de salinidad importante como la ciénaga de Mallorcaín, se alimentan de detritus orgánico y según Franco y León-Luna (2010) acumula trazas significativas de metales como cadmio y zinc, biodisponibles en la ciénaga.

Tabla 190. Densidad (Ind/m²) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Mallorcaín.

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Total
<i>Chione sp</i>	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11
<i>Corbicula sp</i>	3,33	0,00	4,44	0,00	0,00	0,00	1,11	8,89
<i>Corbula caribaea</i>	32,22	35,56	17,78	16,67	18,89	8,89	14,44	144,44
<i>Mytilus sp</i>	0,00	0,00	0,00	1,11	1,11	0,00	1,11	3,33
Total	36,67	35,56	22,22	17,78	20,00	8,89	16,67	157,78

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

Tabla 191. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Mallorcaín.

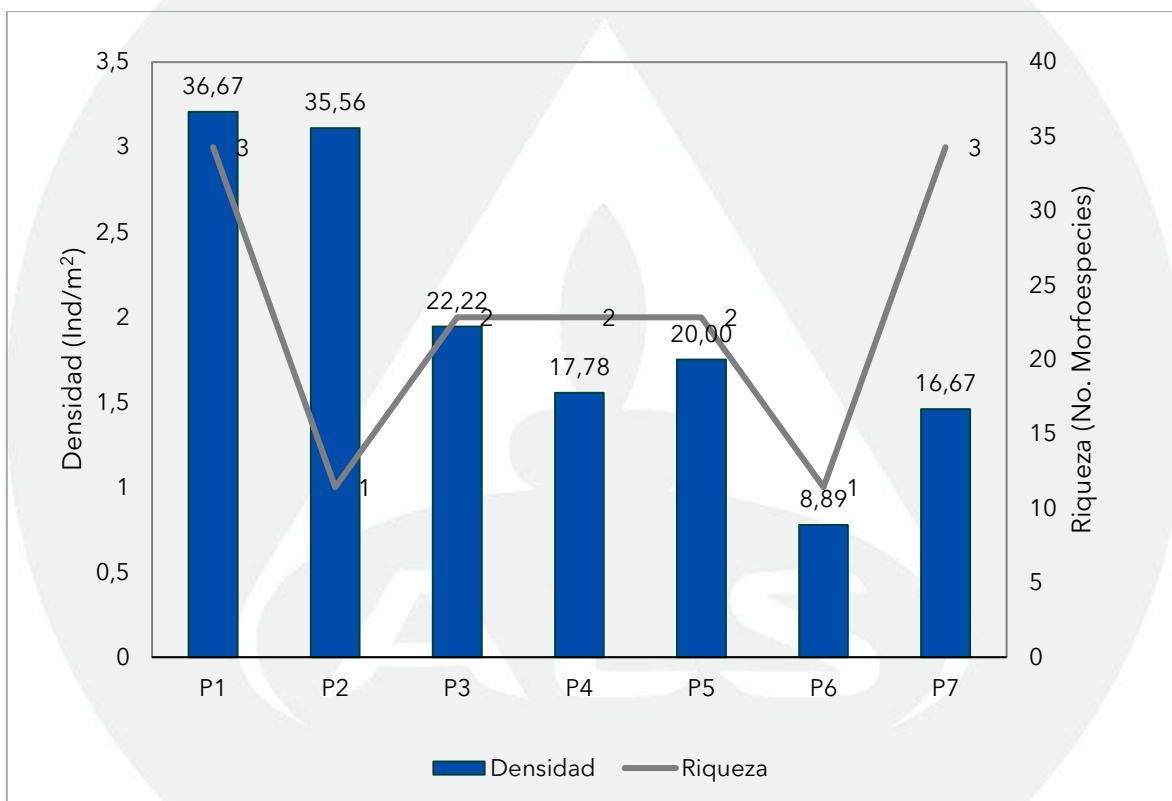
Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Chione sp</i>	3,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Corbicula sp</i>	9,09	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	6,67
<i>Corbula caribaea</i>	87,88	100,00	80,00	93,75	94,44	100,00	86,67
<i>Mytilus sp</i>	0,00	0,00	0,00	6,25	5,56	0,00	6,67
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.





La ciénaga de Mallorquín presentó densidades entre 8,89 Ind/m² a 36,67 Ind/m²; el punto de monitoreo con densidad más alta fue P6; mientras que P6 y P7 obtuvieron los valores más bajos con 8,89 Ind/m² y 16,67 Ind/m². En cuanto a la riqueza, presentó valores de 1-3 morfoespecies y el máximo estuvo relacionado con P1 y P7 (**Gráfica 78**). Estas variaciones espaciales observadas en la estructura y composición bentónica de la ciénaga atienden a los aportes diferenciales de *Corbula sp*, cuyas densidades fueron bastante heterogéneas entre los puntos monitoreados, además de que las demás morfoespecies del ensamblaje se asociaron con un bajo número de puntos de muestreo.



Gráfica 78. Densidad (Ind/m²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga de Mallorquín.

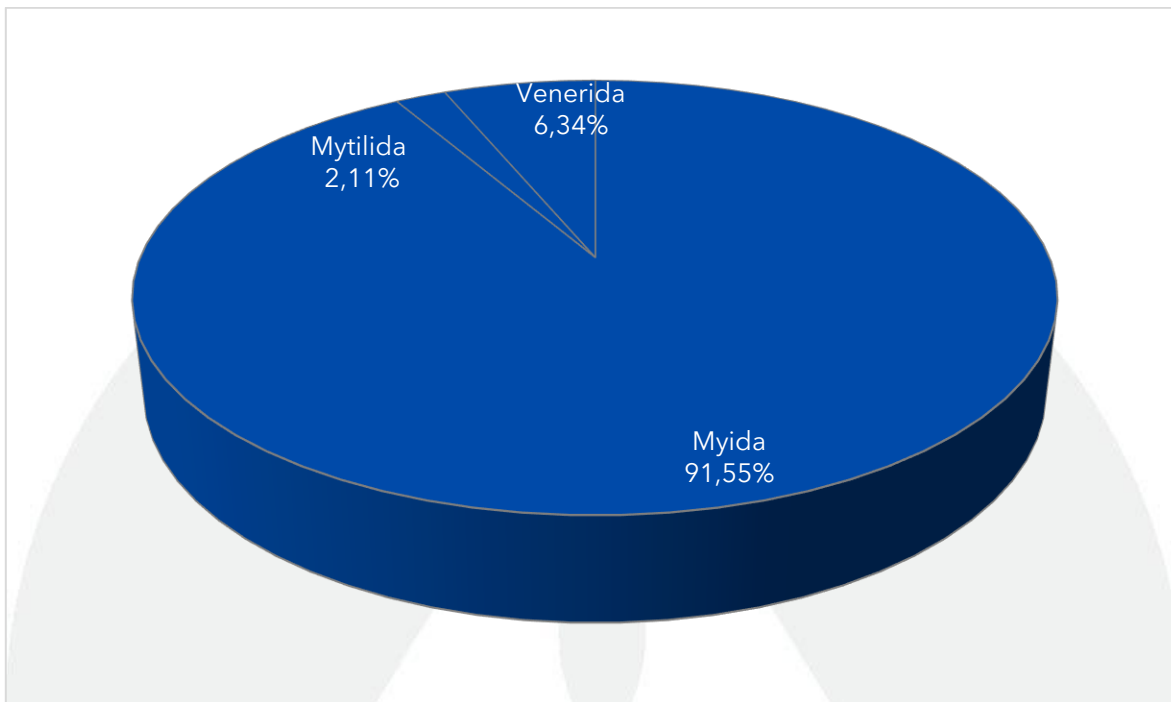
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El orden Myida fue el más representativo en términos de densidad ya que contó con el 91,55% del valor total, seguido de Venerida con 6,77% (**Gráfica 79**). Este patrón de dominancia de moluscos es característico del bentos de sistemas lenticos, puesto que en el quedan atrapados nutrientes y detritus que hacen parte del espectro trófico de este grupo, de esta manera se ven mayormente favorecidos. Adicionalmente, sus





mecanismos de agregación y menor capacidad de movimiento a diferencia de otros grupos bentónicos facilitan una mayor probabilidad de encuentro.

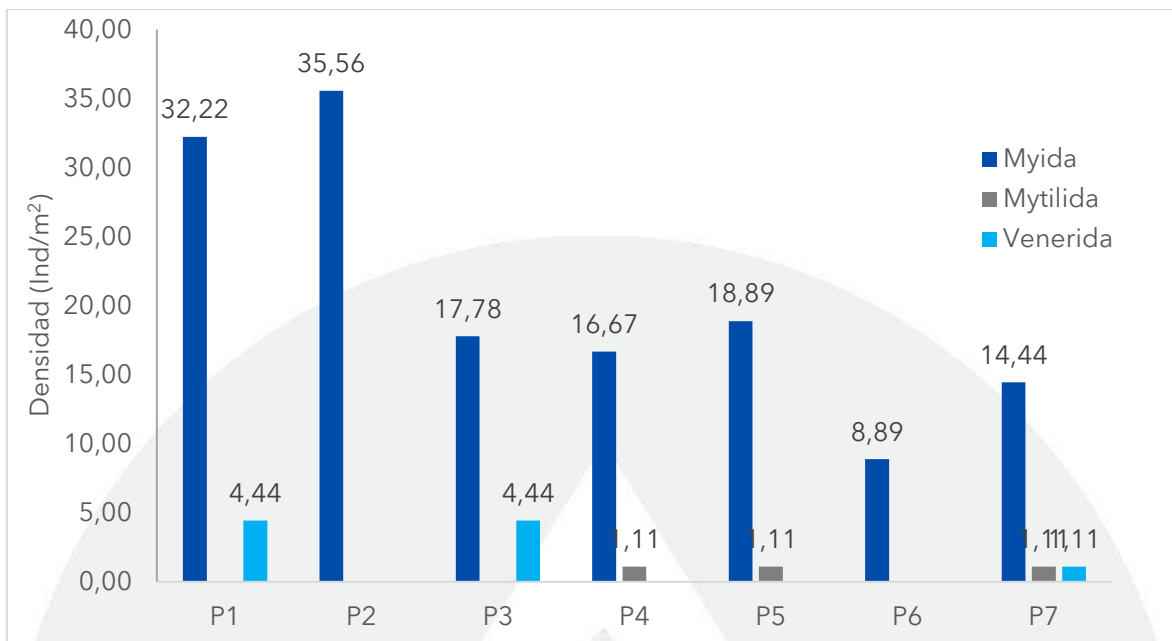


Gráfica 79. Contribución porcentual de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga de Mallorquín.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La densidad bentónica de todos los puntos muestreados estuvo caracterizada por aportes más altos del orden Myida, el cual estuvo mejor representado en el punto P2, donde obtuvo 35,56 Ind/m². En cuanto a Venerida se observó en P1, P3 y P7 con un valor máximo de 4,44 Ind/m². Finalmente el orden Mytilida se observó en P4, P5 y P7 con un valor de 1,11 Ind/m² (**Gráfica 80**). La mayor diversidad de Mollusca en la ciénaga es un reflejo de su tolerancia a la presencia de materia orgánica que es arrastrada por las corrientes hacia este sector, como resultado del incremento de las actividades humanas de utilizar esta ciénaga como un sitio de eliminación de todo tipo de desechos. Adicionalmente la baja tasa de movilidad de estos taxones su forma de alimentación detritívora y su mayor capacidad de agregación facilitan una mayor oportunidad de encuentro.





Gráfica 80. Contribución I de las phyla de Macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de monitoreo en la ciénaga de Mallorquín.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de la ciénaga de Mallorquín fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.3.2.5 Peces

En la ciénaga de Mallorquín no se registraron capturas de peces a pesar del esfuerzo de pesca.

5.3.2.6 Macrófitas acuáticas

No se registraron morfoespecies de macrófitas acuáticas en la ciénaga de Mallorquín.



5.3.3 Ciénaga El Rincón

5.3.3.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la Ciénaga El Rincón estuvo conformada por 22 morfoespecies, vinculadas a cuatro (4) divisiones, siete (7) clases, diez (10) órdenes y 15 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 25**.

Tabla 192. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga El Rincón.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i> sp1
				<i>Scenedesmus</i> sp2
				<i>Scenedesmus</i> sp3
				<i>Desmodesmus intermedius</i>
				<i>Desmodesmus denticulatus</i>

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 297 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
		Chlamydomonadales		<i>Desmodesmus armatus bicaudatus</i>
			Neochloridaceae	<i>Golenkinia</i> sp
			Spondylomoraceae	<i>Spondylomorom</i> sp
			Chlamydomonadaceae	<i>Chlamydomonas</i> sp
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Chlamydomonas</i> sp
				<i>Oocystis</i> sp2
				<i>Oocystis</i> sp3
				<i>Tetrachlorella</i> sp
				<i>Tetrachlorella</i> sp1
			<i>Crucigeniella</i> sp	
			Chlorellaceae	<i>Chlorella</i> sp
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp3
				<i>Oscillatoria</i> sp4
	Synechococcales	Microcoleaceae	<i>Arthrospira</i> sp	
		Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i> sp1	
			<i>Merismopedia</i> sp2	
			<i>Aphanocapsa</i> sp	
		Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena</i> sp1	
			<i>Pseudanabaena</i> sp2	
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp2
				<i>Euglena</i> sp3
				<i>Lepocinclis</i> sp1
		Phacaceae	<i>Lepocinclis</i> sp2	
Heterokontophyta	Mediophyceae	Stephanodiscals	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp
	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
4	6	9	15	31

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Chlamydomonas* sp con 256600000,00 Ind/L; mientras que, las morfoespecies menos representativas fueron *Desmodesmus armatus bicaudatus*, *Oocystis* sp3 y *Merismopedia* sp2 con 60000,00 Ind/L cada morfoespecie (**Tabla 26**).

El género *Chlamydomonas* sp, las especies del género se encuentran ampliamente distribuidas en agua dulce, aunque se presentan algunas especies marinas poco comunes. Los hábitats incluyen suelo, estanques temporales, lagos eutróficos y nieve derretida, así mismo se encuentra presente en aguas contaminadas (Guiry y Guiry, 2020).



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 298 de 404

Tabla 193. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en a Ciénaga El Rincón.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)						Total
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
<i>Scenedesmus</i> sp1	900000,00	200000,00	0,00	160000,00	240000,00	0,00	1500000,00
<i>Scenedesmus</i> sp2	640000,00	160000,00	220000,00	120000,00	280000,00	0,00	1420000,00
<i>Scenedesmus</i> sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80000,00	80000,00
<i>Desmodesmus intermedius</i>	60000,00	80000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140000,00
<i>Desmodesmus denticulatus</i>	100000,00	60000,00	200000,00	120000,00	0,00	0,00	480000,00
<i>Desmodesmus armatus bicaudatus</i>	0,00	60000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60000,00
<i>Golenkinia</i> sp	760000,00	520000,00	880000,00	200000,00	0,00	0,00	2360000,00
<i>Spondylomorom</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7360000,00	7360000,00
<i>Chlamydomonas</i> sp	66700000,00	79700000,00	68600000,00	41600000,00	0,00	0,00	256600000,00
<i>Chlamydomonas</i> sp	1400000,00	1820000,00	2700000,00	1660000,00	1260000,00	0,00	8840000,00
<i>Oocystis</i> sp2	240000,00	320000,00	140000,00	80000,00	2220000,00	0,00	3000000,00
<i>Oocystis</i> sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60000,00	60000,00
<i>Tetrachlorella</i> sp	1100000,00	5020000,00	2280000,00	2200000,00	5760000,00	0,00	16360000,00
<i>Tetrachlorella</i> sp1	0,00	100000,00	40000,00	0,00	0,00	0,00	140000,00
<i>Crucigeniella</i> sp	180000,00	240000,00	0,00	100000,00	0,00	0,00	520000,00
<i>Chlorella</i> sp	2360000,00	3660000,00	3300000,00	4340000,00	2660000,00	0,00	16320000,00
<i>Oscillatoria</i> sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2080000,00	2080000,00
<i>Oscillatoria</i> sp4	360000,00	420000,00	0,00	200000,00	0,00	740000,00	1720000,00
<i>Arthrospira</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120000,00	120000,00
<i>Merismopedia</i> sp1	360000,00	420000,00	0,00	200000,00	0,00	0,00	980000,00
<i>Merismopedia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60000,00	60000,00
<i>Aphanocapsa</i> sp	10300000,00	9620000,00	13080000,00	6640000,00	1260000,00	0,00	40900000,00
<i>Pseudanabaena</i> sp1	540000,00	360000,00	440000,00	260000,00	0,00	0,00	1600000,00
<i>Pseudanabaena</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	3140000,00	0,00	3140000,00
<i>Euglena</i> sp2	800000,00	420000,00	340000,00	200000,00	0,00	0,00	1760000,00
<i>Euglena</i> sp3	300000,00	160000,00	0,00	120000,00	0,00	0,00	580000,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	5680000,00	4160000,00	5200000,00	3560000,00	2640000,00	0,00	21240000,00
<i>Lepocinclis</i> sp2	880000,00	1320000,00	1020000,00	960000,00	0,00	1320000,00	5500000,00



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 299 de 404

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)						Total
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
<i>Cyclotella</i> sp	1260000,00	5600000,00	2060000,00	4340000,00	4520000,00	0,00	17780000,00
<i>Navicula</i> sp1	120000,00	160000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	280000,00
<i>Nitzschia</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	260000,00	260000,00
Total	95040000,00	114580000,00	100500000,00	67060000,00	23980000,00	12080000,00	413240000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 194. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga El Rincón.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Scenedesmus</i> sp1	0,95	0,17	0,00	0,24	1,00	0,00
<i>Scenedesmus</i> sp2	0,67	0,14	0,22	0,18	1,17	0,00
<i>Scenedesmus</i> sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66
<i>Desmodesmus intermedius</i>	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Desmodesmus denticulatus</i>	0,11	0,05	0,20	0,18	0,00	0,00
<i>Desmodesmus armatus bicaudatus</i>	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Golenkinia</i> sp	0,80	0,45	0,88	0,30	0,00	0,00
<i>Spondylomorum</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,93
<i>Chlamydomonas</i> sp	70,18	69,56	68,26	62,03	0,00	0,00
<i>Chlamydomonas</i> sp	1,47	1,59	2,69	2,48	5,25	0,00
<i>Oocystis</i> sp2	0,25	0,28	0,14	0,12	9,26	0,00
<i>Oocystis</i> sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
<i>Tetrachlorella</i> sp	1,16	4,38	2,27	3,28	24,02	0,00
<i>Tetrachlorella</i> sp1	0,00	0,09	0,04	0,00	0,00	0,00
<i>Crucigeniella</i> sp	0,19	0,21	0,00	0,15	0,00	0,00
<i>Chlorella</i> sp	2,48	3,19	3,28	6,47	11,09	0,00
<i>Oscillatoria</i> sp3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,22
<i>Oscillatoria</i> sp4	0,38	0,37	0,00	0,30	0,00	6,13
<i>Arthrospira</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99
<i>Merismopedia</i> sp1	0,38	0,37	0,00	0,30	0,00	0,00
<i>Merismopedia</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 300 de 404

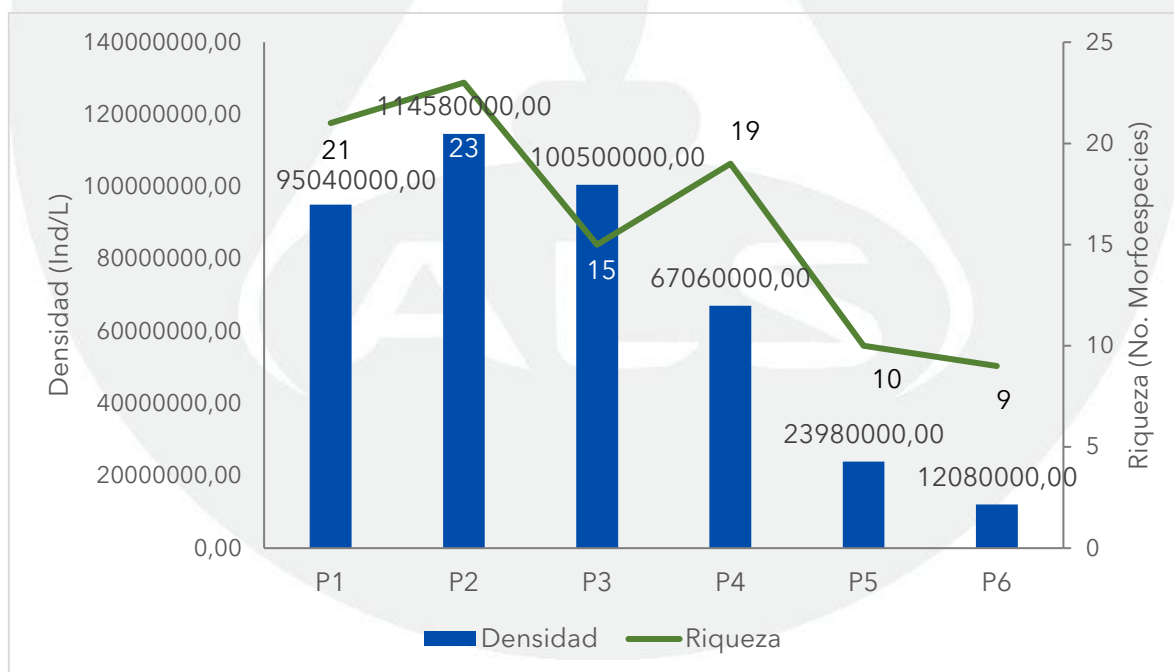
Morfoespecie	Abundancia relativa (%)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Aphanocapsa</i> sp	10,84	8,40	13,01	9,90	5,25	0,00
<i>Pseudanabaena</i> sp1	0,57	0,31	0,44	0,39	0,00	0,00
<i>Pseudanabaena</i> sp2	0,00	0,00	0,00	0,00	13,09	0,00
<i>Euglena</i> sp2	0,84	0,37	0,34	0,30	0,00	0,00
<i>Euglena</i> sp3	0,32	0,14	0,00	0,18	0,00	0,00
<i>Lepocinclis</i> sp1	5,98	3,63	5,17	5,31	11,01	0,00
<i>Lepocinclis</i> sp2	0,93	1,15	1,01	1,43	0,00	10,93
<i>Cyclotella</i> sp	1,33	4,89	2,05	6,47	18,85	0,00
<i>Navicula</i> sp1	0,13	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia</i> sp1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,15
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



El fitoplancton obtuvo una densidad total de 413240000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P2" donde reportó 114580000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 9-23 morfoespecies, y su valor máximo fue consistente con el de la densidad (**Gráfica 1**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



Gráfica 81. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga El Rincón.

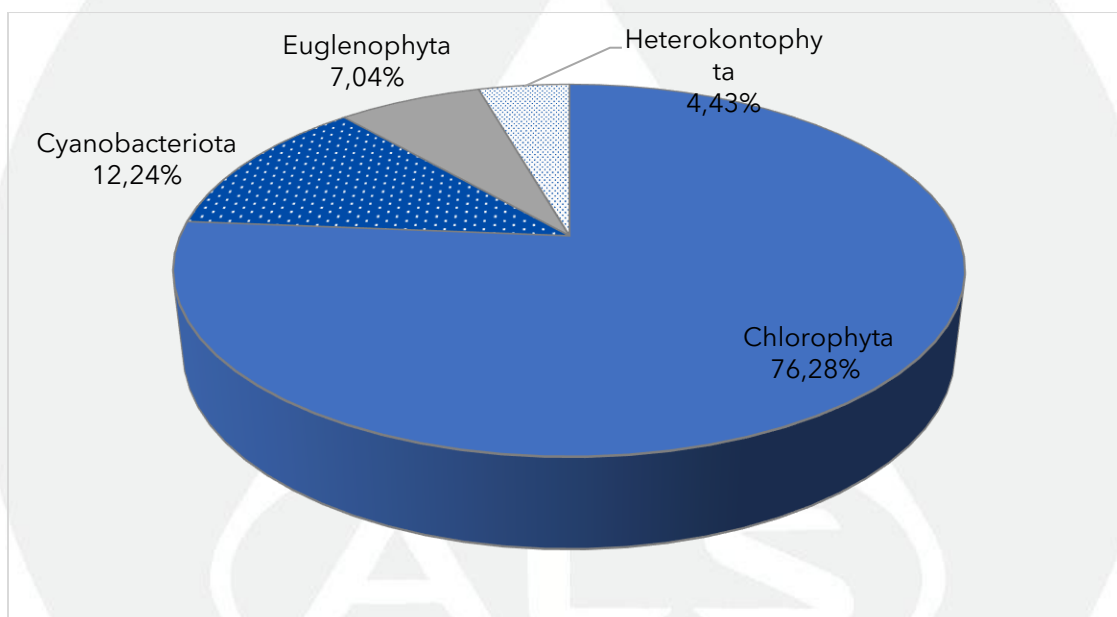
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Chlorophyta obtuvo el 76,28% de proporción, seguido de Cyanobacteriota (12,24%), Euglenophyta (7,04%) y Heterokontophyta (4,43%) (**Gráfica 2**).

Las algas de la división Chlorophyta también llamadas algas verdes son abundantes en agua dulce, lagos y ríos, pueden vivir sujetas al fondo (bentos), algunas son capaces de vivir en ambientes extremos como en condiciones hipersalinas o crecer en pHs bajos (Graham y Wilcox, 2000).



Gráfica 82. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga El Rincón.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las divisiones Chlorophyta y Heterokontophyta, registraron sus mayores aportes en el punto "P2" con densidades de 91940000,00 Ind/L y 5760000,00 Ind/L, respectivamente. Por su parte Cyanobacteriota y Euglenophyta se relacionaron mayormente en el punto "P1" con contribuciones de 11560000,00 Ind/L y 7660000,00 Ind/L, respectivamente (**Gráfica 3**).





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

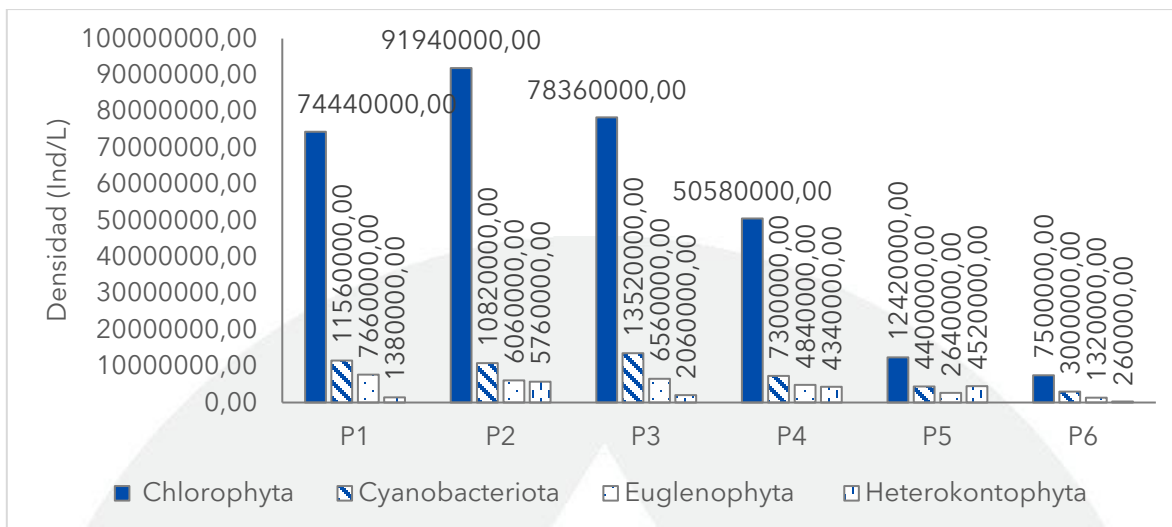
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 303 de 404



Gráfica 83. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga El Rincón por punto de monitoreo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 1,22 y 2,04, siendo máximo en el punto "P5"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores bajos-medios de 0,41 a 0,89, siendo máximo en el punto "P5" que se relacionan con las densidades de la morfoespecie *Chlamydomonas* sp, las



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 304 de 404

cuales fueron significativamente superiores al resto de las morfoespecies en el ensamblaje fitoplanctónico. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores medios, lo anterior se encuentra explicado por las densidades de las morfoespecies antes mencionadas, demostrando así la conceptualidad inversa de este índice con el de equitatividad.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 195. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Indices	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Shannon_H	Margalef	Equitability_J
P1	21	95040000,00	0,51	1,26	1,09	0,41
P2	23	114580000,00	0,50	1,28	1,19	0,41
P3	15	100500000,00	0,49	1,22	0,76	0,45
P4	19	67060000,00	0,41	1,46	1,00	0,49
P5	10	23980000,00	0,15	2,04	0,53	0,89
P6	9	12080000,00	0,42	1,23	0,49	0,56

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga El Rincón:

Tabla 196. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

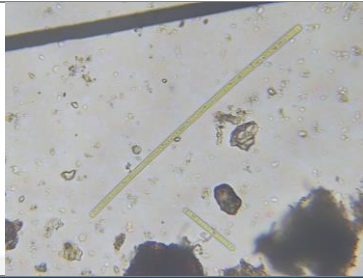


**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**
OT-8933-2-B-XXXX

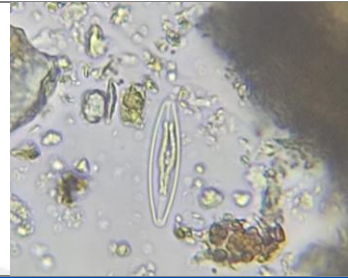
Código: FO-PO-PSM-74-01
Versión: 03
Fecha: 07/09/2023
Página 305 de 404



Scenedesmus sp2



Oscillatoria sp3



Navicula sp1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 306 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

5.3.3.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 307 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

5.3.3.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginoso producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

A pesar del esfuerzo de muestreo no se reportaron morfoespecies de perifiton en la Ciénaga El Rincón, el desarrollo de las algas del perifiton depende de factores abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros. La luz y la temperatura son factores importantes para el desarrollo de la comunidad perifítica. En la naturaleza ambos factores varían en forma concomitante, aunque la influencia de la luz se manifiesta en la longitud del período de fotosíntesis y la temperatura influye como factor acumulativo o de pérdida gradual, debido a la elevada inercia térmica que posee el cuerpo de agua. La disponibilidad de espacio para colonizar es esencial para el perifiton y afecta la productividad de la comunidad. Las comunidades adheridas a superficies con área de colonización fija (rocas, granos de arena) pueden estar limitadas por espacio, si el resto de los factores se hallan en condiciones óptimas (Wetzel, 2001).



5.3.3.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga del Rincón estuvo conformada por una (1) morfoespecie, vinculada a un (1) pylum, una (1) clase, un (1) orden y dos (2) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 197**.

Tabla 197. Clasificación de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas en la ciénaga El Rincón.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Mollusca	Gastropoda	Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

Se reportó una morfoespecie en la ciénaga del Rincón, con una densidad total de 308,89 Ind/m²; para los puntos P4 y P6 no se observaron morfoespecies de macroinvertebrados (**Tabla 198**).

Tabla 198. Densidad (Ind/m²) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga El Rincón.

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
<i>Melanoides tuberculatus</i>	140,00	107,78	33,33	0,00	27,78	0,00	308,89
Total	140,00	107,78	33,33	0,00	27,78	0,00	308,89

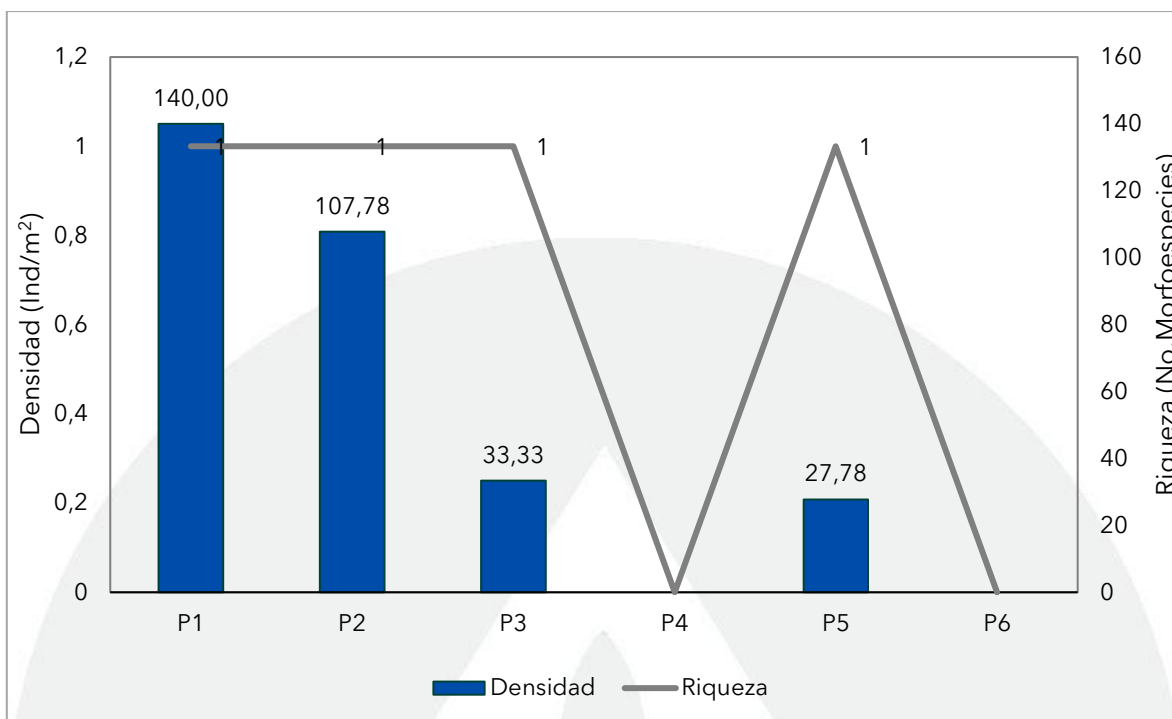
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

Tabla 199. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga El Rincón.

Morfoespecie	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Melanoides tuberculatus</i>	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00	0,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

En la **Gráfica 84** se observa el comportamiento de la densidad y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga el Rincón, donde se evidencia que la riqueza permaneció constante a nivel espacial con una morfoespecie en cada punto. Por su parte, la densidad registró valores entre 27,78 Ind/m² y 140,00 Ind/m².



Gráfica 84. Densidad (Ind/m²) y Riqueza (No. Morfoespecies) de macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en la ciénaga El Rincón.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.3.3.5 Peces

En la ciénaga el Rincón se reportaron tres (3) especies ícticas vinculadas a un (1) phylum, una (1) clase, dos (2) órdenes e igual número de familias, la clasificación taxonómica se muestra en detalle en la **Tabla 200**.

Tabla 200. Clasificación taxonómica de especies ícticas reportadas en la ciénaga el rincón

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie
Chordata	Teleostei	Cichliformes	Cichlidae	<i>Caquetaia kraussi</i>
				<i>Oreochromis niloticus</i>
		Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil liza</i>
1	1	2	2	3





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 310 de 404

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La especie de mayor abundancia fue *C.kraussi* con 30 individuos capturados en total, seguida de *Mugil liza* con 11 individuos **Tabla 201**.

Tabla 201. Abundancia de las especies de peces reportadas en la ciénaga el Rincón.

Especie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total
<i>Caquetaia kraussi</i>	14,00	0,00	0,00	11,00	5,00	0,00	30,00
<i>Mugil liza</i>	0,00	0,00	8,00	0,00	3,00	0,00	11,00
<i>Oreochromis niloticus</i>	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00
Total	21,00	0,00	8,00	11,00	8,00	0,00	48,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 202. Abundancia relativa (%) de las especies de peces reportadas en la ciénaga el Rincón.

Especie	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Caquetaia kraussi</i>	66,67	0,00	0,00	100,00	62,50	0,00
<i>Mugil liza</i>	0,00	0,00	100,00	0,00	37,50	0,00
<i>Oreochromis niloticus</i>	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

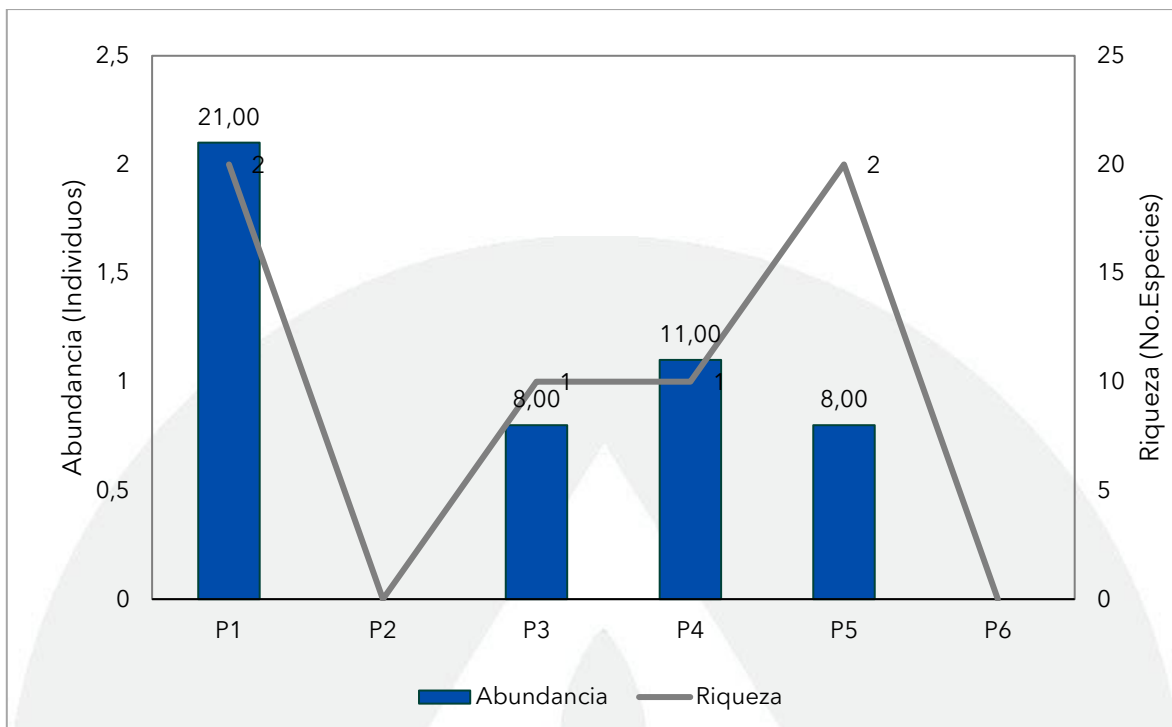
Se reportaron ejemplares de peces en los puntos P1, P3, P4 y P5, la abundancia más alta se relacionó con P1, ya que registró 21,00 Individuos; mientras que la riqueza varió entre 1-2 morfoespecies, su máximo estuvo relacionado con P1 y P5 (**Gráfica 85**).



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



Gráfica 85. Abundancia (No. Individuos) y Riqueza (No. Especies) de la comunidad de peces en la ciénaga de Luruaco.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022.

Dado que la riqueza de peces (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.3.3.6 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga el Rincón no se reportaron morfoespecies de macrófitas.



5.3.4 Ciénaga Balboa

5.3.4.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la Ciénaga Balboa estuvo conformada por 11 morfoespecies, vinculadas a una (1) división, tres (3) clases, cinco (5) órdenes y seis (6) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 25**.

Tabla 203. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Balboa.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Heterokontophyta	Mediophyceae	Biddulphiales	Biddulphiaceae	<i>Biddulphia</i> sp1
	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp1
				<i>Navicula</i> sp2
				<i>Gyrosigma</i> sp1
				<i>Gyrosigma</i> sp2
			Pleurosigmaataceae	<i>Pleurosigma</i> sp. 1
				<i>Pleurosigma</i> sp2



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 313 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
				<i>Pleurosigma</i> sp3
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
		Lyrellales	Lyrellaceae	<i>Lyrella</i> sp
	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i> sp
1	3	5	6	11

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Nitzschia* sp1 con 50516550,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Pleurosigma* sp3 con 30,00 Ind/L (Tabla 26).

El género *Nitzschia*, es cosmopolitas y se distribuye en gran variedad de ambientes, incluidos los eutróficos, de acuerdo con Pinilla (2000) el género indica turbulencia, sedimentos y conductividad altos.

Tabla 204. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Balboa.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)			
	P1	P2	P3	Total
<i>Biddulphia</i> sp1	0,00	0,00	20000,00	20000,00
<i>Navicula</i> sp1	0,00	20000,00	50000,00	70000,00
<i>Navicula</i> sp2	40,00	180000,00	0,00	180040,00
<i>Gyrosigma</i> sp1	10,00	50000,00	30000,00	80010,00
<i>Gyrosigma</i> sp2	0,00	0,00	30000,00	30000,00
<i>Pleurosigma</i> sp. 1	60,00	20000,00	0,00	20060,00
<i>Pleurosigma</i> sp2	0,00	0,00	30000,00	30000,00
<i>Pleurosigma</i> sp3	30,00	0,00	0,00	30,00
<i>Nitzschia</i> sp1	36550,00	29310000,00	21170000,00	50516550,00
<i>Lyrella</i> sp	0,00	110000,00	70000,00	180000,00
<i>Coscinodiscus</i> sp	0,00	0,00	20000,00	20000,00
Total	36690,00	29690000,00	21420000,00	51146690,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Tabla 205. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Balboa.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)		
	P1	P2	P3
<i>Biddulphia</i> sp1	0,00	0,00	0,09
<i>Navicula</i> sp1	0,00	0,07	0,23
<i>Navicula</i> sp2	0,11	0,61	0,00
<i>Gyrosigma</i> sp1	0,03	0,17	0,14
<i>Gyrosigma</i> sp2	0,00	0,00	0,14
<i>Pleurosigma</i> sp. 1	0,16	0,07	0,00



SERambiente
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 314 de 404

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)		
	P1	P2	P3
<i>Pleurosigma</i> sp2	0,00	0,00	0,14
<i>Pleurosigma</i> sp3	0,08	0,00	0,00
<i>Nitzschia</i> sp1	99,62	98,72	98,83
<i>Lyrella</i> sp	0,00	0,37	0,33
<i>Coscinodiscus</i> sp	0,00	0,00	0,09
Total	100,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

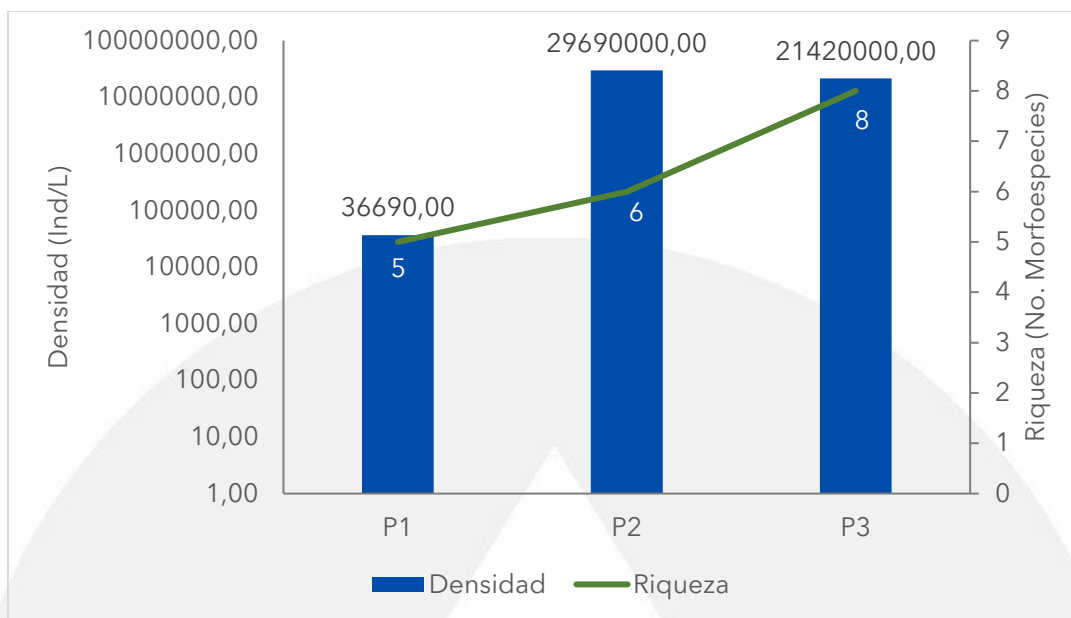
El fitoplancton obtuvo una densidad total de 51146690,00Ind/L y esta fue mayor en el punto "P2" donde reportó 29690000,00 Ind/L. En cuanto a la riqueza, varió entre 5-8 morfoespecies, y su valor máximo se presentó en el punto "P3" (**Gráfica 1**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



Gráfica 86. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la Ciénaga Balboa.

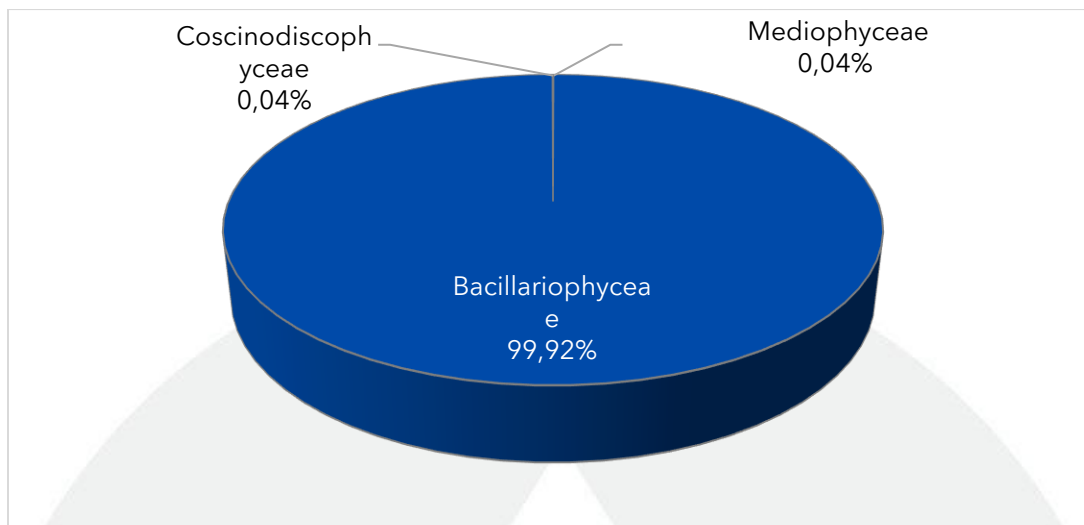
**: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica*

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En cuanto a la contribución de las divisiones Heterokontophyta presentó un 100% de la densidad total y se dividió en la clase Bacillariophyceae la cual obtuvo el 99,92% de proporción, seguido de Mediophyceae y Coscinodiscophyceae (0,04%) cada una (**Gráfica 2**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).

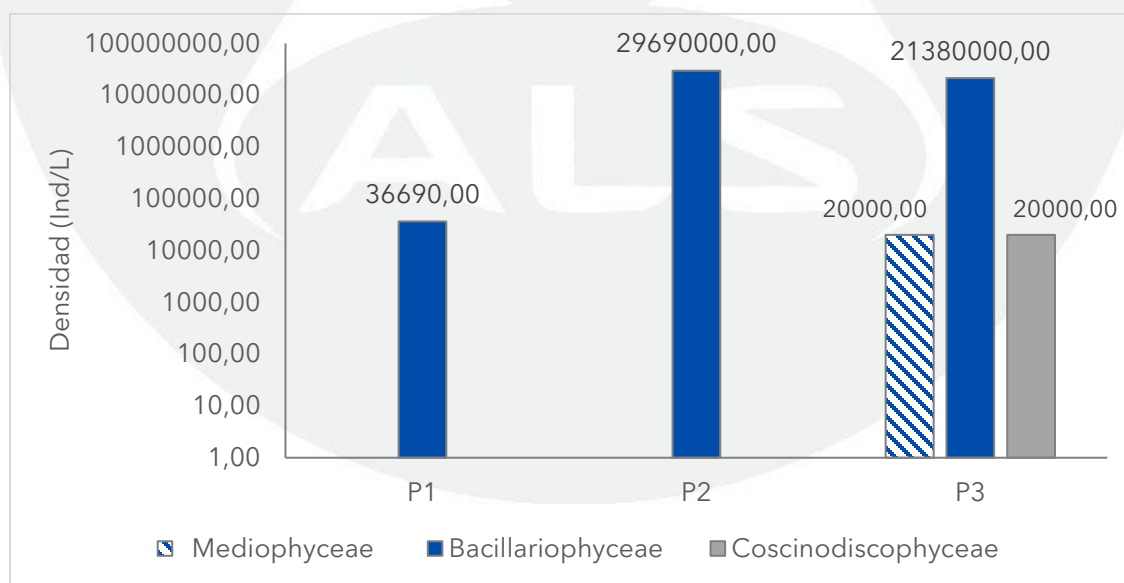




Gráfica 87. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Balboa.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la clase Bacillariophyceae dominaron las densidades en los puntos muestreados; siendo mayor en el punto "P2" con 29690000,00 Ind/L, por su parte, Mediophyceae y Coscinodiscophyceae solo se reportaron en el punto "P3" con densidades iguales de 20000,00 Ind/L (**Gráfica 3**).



Gráfica 88. Contribución a la densidad total de las clases fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Balboa por punto de monitoreo.

**: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica*

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 0,03 y 0,09, siendo máximo en los puntos "P2 y P3"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores bajos de 0,02 a 0,05, siendo máximo en los puntos "P2 y P3" que se relacionan con las abundancias de las morfoespecies *Nitzschia* sp1, las cuales fueron significativamente superiores al resto de las morfoespecies en el ensamblaje fitoplanctónico. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores altos, lo anterior se encuentra explicado por las densidades de las morfoespecies antes mencionadas, demostrando así la conceptualidad inversa de este índice con el de equitatividad.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 206. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Índices	P1	P2	P3
Taxa_S	5	6	8





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

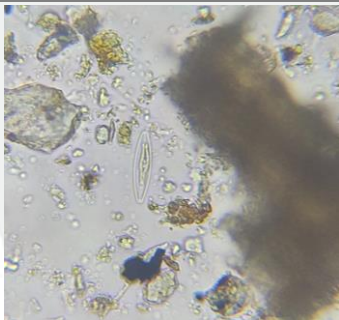
Página 318 de 404

Índices	P1	P2	P3
Individuals	36690,00	29690000,00	21420000,00
Dominance_D	0,99	0,97	0,98
Shannon_H	0,03	0,09	0,09
Margalef	0,38	0,29	0,41
Equitability_J	0,02	0,05	0,04

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga Balboa:

Tabla 207. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.

		
Nitzschia sp1	Navicula sp2	Gyrosigma sp1
		
Pleurosigma sp1	Lyrella sp	Coscinodiscus sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 319 de 404

5.3.4.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 320 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

5.3.4.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginoso producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

A pesar del esfuerzo de muestreo no se reportaron morfoespecies de perifiton en la Ciénaga Balboa, el desarrollo de las algas del perifiton depende de factores abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros. La luz y la temperatura son factores importantes para el desarrollo de la comunidad perifítica. En la naturaleza ambos factores varían en forma concomitante, aunque la influencia de la luz se manifiesta en la longitud del período de fotosíntesis y la temperatura influye como factor acumulativo o de pérdida gradual, debido a la elevada inercia térmica que posee el cuerpo de agua. La disponibilidad de espacio para colonizar es esencial para el perifiton y afecta la productividad de la comunidad. Las comunidades adheridas a superficies con área de colonización fija (rocas, granos de arena) pueden estar limitadas por espacio, si el resto de los factores se hallan en condiciones óptimas (Wetzel, 2001).



5.3.4.4 Macroinvertebrados bentónicos

En la ciénaga Balboa no se reportaron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos.

5.3.4.5 Peces

En la ciénaga de Balboa se reportó la especie *Mugil liza*, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 208**.

Tabla 208. Clasificación taxonómica de la especie reportada en la ciénaga de Balboa

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil liza</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En la **Tabla 209** se relaciona la abundancia y abundancia relativa de *M. liza* en los puntos de muestreo en la ciénaga de Balboa, siendo el punto P3 el único que registró ejemplares de *M. liza* (8 individuos).

M. liza es una especie bentopelágica, eurihalina encontrándose desde aguas dulces hasta ambientes hipersalinos (Santafé 2008), adicionalmente es de reconocida importancia comercial a nivel regional y su carne tiene elevado valor económico (Chasqui, et al., 2017).

Tabla 209. Abundancia (Individuos) y Abundancia relativa de la especie reportada en la ciénaga de Balboa

Morfoespecie	Abundancia (No, Individuos)			Abundancia relativa (%)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<i>Mugil liza</i>	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	100,00
Total	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza de peces (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 322 de 404

5.3.4.6 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga Balboa no se reportaron morfoespecies de macrófitas



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.3.5 Ciénaga Los Manatíes

5.3.5.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López et al., 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la Ciénaga Los Manatíes estuvo conformada por ocho (8) morfoespecies, vinculadas a tres (3) divisiones, cuatro (4) clases, seis (6) órdenes y siete (7) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 39**.

Tabla 210. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la Ciénaga Los Manatíes.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Synechococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia</i> sp1
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp3
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pleurosigmaataceae	<i>Pleurosigma</i> sp1
			Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp2 <i>Navicula</i> sp4



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 324 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
		Thalassiosphaerales	Catenulaceae	<i>Amphora</i> sp
	Coscinodiscophyceae	Coscinodisciales	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i> sp1
Miozoa	Dinophyceae	Peridiniales	Protoperidiniaceae	<i>Protoperidinium</i> sp
3	4	6	7	8

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton reportó un valor total de 4320000,00 Ind/L y la morfoespecie de mayor abundancia fue *Protoperidinium* sp con 3566666,67 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Navicula* sp4 con 20000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

Protoperidinium, diferentes especies se encuentran en diferentes hábitats y muchas ocurren estacionalmente (Jeong, H. & M. 1994).

Tabla 211. Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la Ciénaga Los Manatíes.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Merismopedia</i> sp1	20000,00	0,46
<i>Oscillatoria</i> sp3	140000,00	3,24
<i>Pleurosigma</i> sp1	13333,33	0,31
<i>Navicula</i> sp2	33333,33	0,77
<i>Navicula</i> sp4	20000,00	0,46
<i>Amphora</i> sp	113333,33	2,62
<i>Coscinodiscus</i> sp1	413333,33	9,57
<i>Protoperidinium</i> sp	3566666,67	82,56
Total	4320000,00	100,00

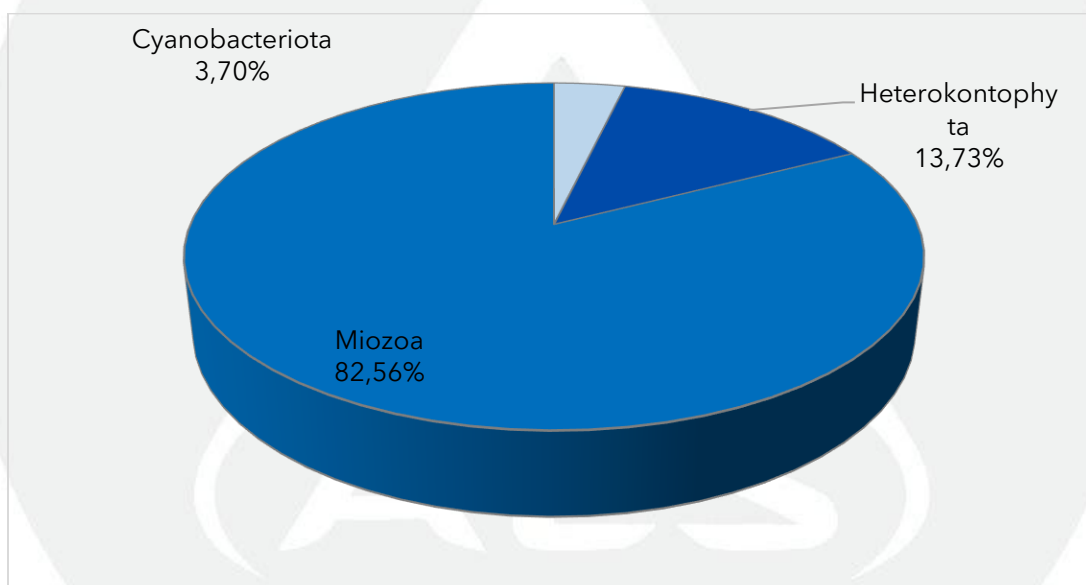
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah *et al.*, (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámica, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo

fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.

En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Miozoa obtuvo el 82,56% de proporción, seguido de Heterokontophyta (13,73%) y Cyanobacteriota (3,70%) (**Gráfica 2**).

Miozoa está conformado por organismos predominantemente unicelulares, móviles, eucarióticos y, en general, con presencia de flagelos. Hay especies fotosintéticas, mixotróficas y heterotróficas (Graham y Wilcox, 2000). Pueden encontrarse en hábitats variados y la mayoría son formas planctónicas y bentónicas (Taylor et al, 2008).



Gráfica 89. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la Ciénaga Los Manatíes.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel

de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 0,69; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor bajo de (0,33) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor alto siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

Tabla 212. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Índices	P1
Taxa_S	8
Individuals	4320000,00
Dominance_D	0,69
Shannon_H	0,69
Margalef	0,46
Equitability_J	0,33

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas en la Ciénaga Los Manatíes:

Tabla 213. Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

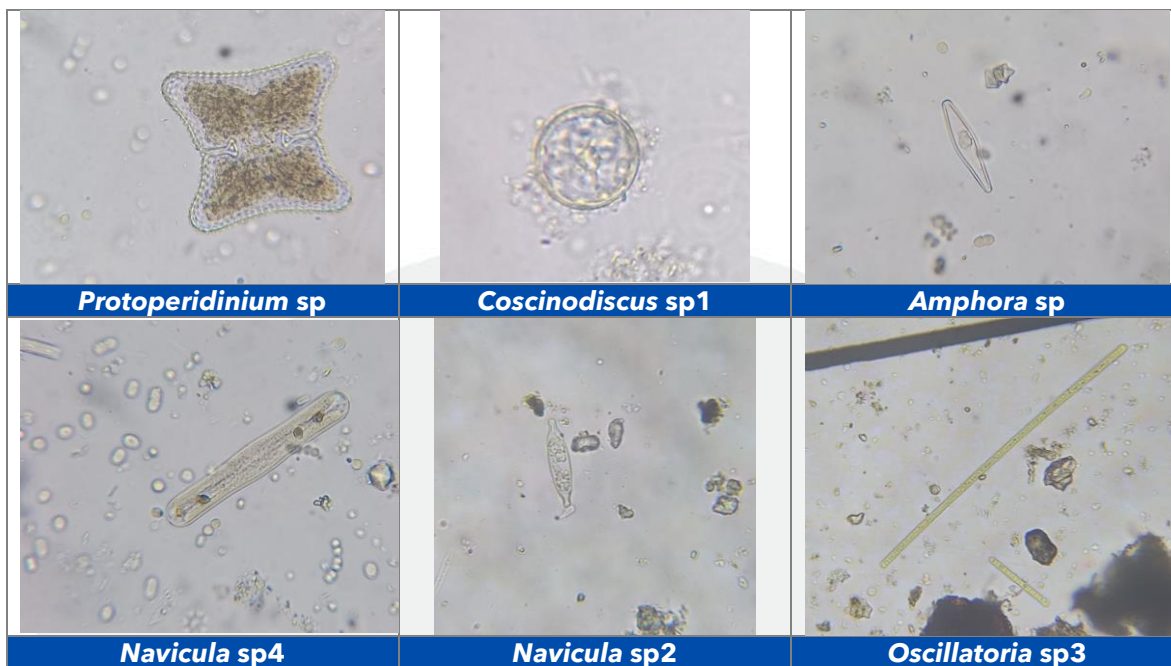
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 327 de 404



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 328 de 404

5.3.5.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 329 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

5.3.5.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. "Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas" (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

A pesar del esfuerzo de muestreo no se reportaron morfoespecies de perifiton en la Ciénaga Los Manatíes, el desarrollo de las algas del perifiton depende de factores abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros. La luz y la temperatura son factores importantes para el desarrollo de la comunidad perifítica. En la naturaleza ambos factores varían en forma concomitante, aunque la influencia de la luz se manifiesta en la longitud del período de fotosíntesis y la temperatura influye como factor acumulativo o de pérdida gradual, debido a la elevada inercia térmica que posee el cuerpo de agua. La disponibilidad de espacio para colonizar es esencial para el perifiton y afecta la productividad de la comunidad. Las comunidades adheridas a superficies con área de colonización fija (rocas, granos de arena) pueden estar limitadas por espacio, si el resto de los factores se hallan en condiciones óptimas (Wetzel, 2001).



5.3.5.4 Macroinvertebrados bentónicos

No se registraron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Los Manatíes.

5.3.5.5 Peces

En la ciénaga Los Manatíes se reportó la especie *Mugil liza*, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la **Tabla 208**.

Tabla 214. Clasificación taxonómica de la especie reportada en la ciénaga Los Manatíes.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil liza</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

En la **Tabla 209** se relaciona la abundancia y abundancia relativa de *M.liza* en el punto de muestreo en la ciénaga Los Manatíes.

Tabla 215. Abundancia (Individuos) y Abundancia relativa de la especie reportada en la ciénaga Los Mantíes

Morfoespecie	Abundancia (No.Individuos)	Abundancia relativa (%)
	P1	
<i>Mugil liza</i>	8,00	100,00
Total	8,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Dado que la riqueza de peces (Taxa_S) en los puntos de monitoreo de dicha ciénaga fue inferior a cinco (5) no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.3.5.6 Macrófitas acuáticas

No se registraron macrófitas acuáticas en la ciénaga Los Manatíes.

5.3.6 Ciénaga del Totumo

5.3.6.1 Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica (López *et al.*, 2016). Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los sistemas acuáticos y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas; Los cambios de las condiciones fisicoquímicas del agua pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton (Comas, 2009).

La comunidad fitoplanctónica en el en la ciénaga del Totumo estuvo conformada por seis (6) morfoespecies, vinculadas a dos (2) divisiones, cuatro (4) clases, igual número de órdenes y cinco (5) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 25**.

Tabla 216. Clasificación taxonómica de las morfoespecies fitoplanctónicas observadas en la ciénaga del Totumo.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp1
			Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp
	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i> sp1
				<i>Aulacoseira</i> sp2
	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp
Ochrophyta	Xanthophyceae	Mischococcales	Sciadiaceae	<i>Centritractus</i> sp

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 332 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

División 2	Clase 4	Orden 4	Familia 5	Morfoespecie 6
---------------	------------	------------	--------------	-------------------

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La morfoespecie de mayor abundancia fue *Aulacoseira* sp1 con 2676000,00 Ind/L; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Pinnularia* sp1 con 40000,00 Ind/L (**Tabla 26**).

El género *Aulacoseira* sp, ampliamente distribuido en cuerpos de agua epicontinentales (Ramírez y Caballero, 2019). Este es uno de los taxones de diatomeas de agua dulce más comunes. Es abundante en el plancton de lagos y grandes ríos (Spaulding y Edlund, 2009). Se relaciona con procesos de eutrofización, materia orgánica y turbulencia (Pinilla, 2000).

Tabla 217. Densidad (Ind/L) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga del Totumo.

Morfoespecie	Densidad (Ind/L)		
	P1	P2	Total
<i>Pinnularia</i> sp1	0,00	8000,00	8000,00
<i>Navicula</i> sp	20000,00	0,00	20000,00
<i>Aulacoseira</i> sp1	1096000,00	1580000,00	2676000,00
<i>Aulacoseira</i> sp2	44000,00	16000,00	60000,00
<i>Cyclotella</i> sp	48000,00	132000,00	180000,00
<i>Centritractus</i> sp	4000,00	8000,00	12000,00
Total	1212000,00	1744000,00	2956000,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

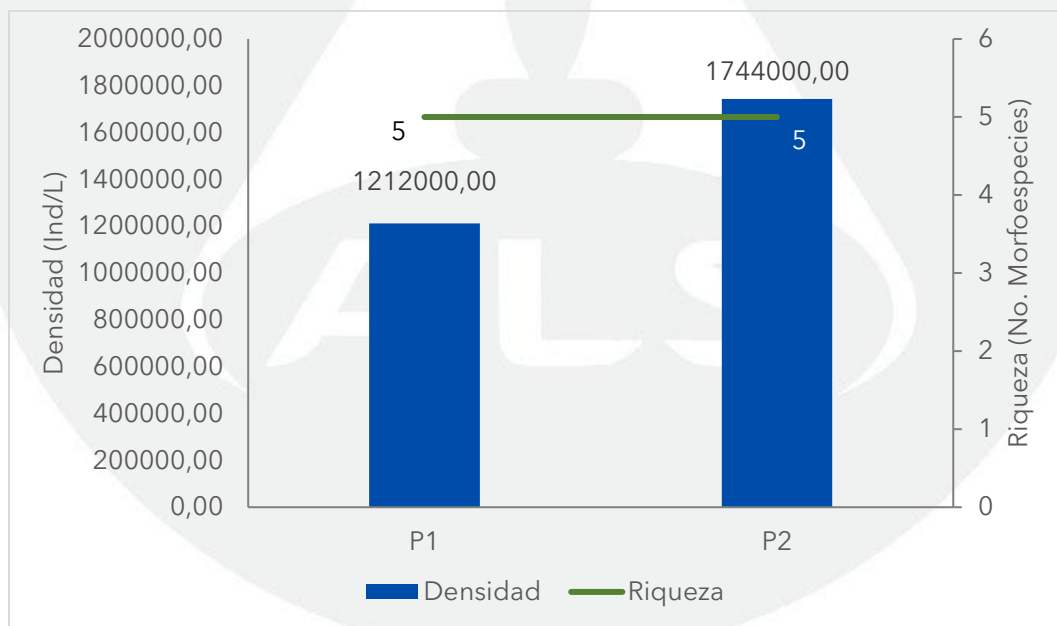
Tabla 218. Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de fitoplancton en la ciénaga del Totumo.

Morfoespecie	Abundancia relativa (%)	
	P1	P2
<i>Pinnularia</i> sp1	0,00	0,46
<i>Navicula</i> sp	1,65	0,00
<i>Aulacoseira</i> sp1	90,43	90,60
<i>Aulacoseira</i> sp2	3,63	0,92
<i>Cyclotella</i> sp	3,96	7,57
<i>Centritractus</i> sp	0,33	0,46
Total	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El fitoplancton obtuvo una densidad total de 2956000,00 Ind/L y esta fue mayor en el punto "P2" donde reportó 1744000,00Ind/L. En cuanto a la riqueza, presentó cinco morfoespecies para cada punto (**Gráfica 1**).

Las variaciones en la composición fitoplanctónica a nivel espacial tienden a ser comunes en poblaciones naturales de este tipo, dado que cada grupo biológico cuenta con características ecofisiológicas que los hace exitosos en determinadas condiciones ambientales (Darley, 1991). Asimismo, Shiah et al., (1996), resalta que, la estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámicas, es decir, la abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico), por lo cual, factores particulares en el punto de monitoreo "P1", pueden estar condicionando un fitoplancton compuesto con un mayor número de individuos.



Gráfica 90. Densidad (Ind/L) y Riqueza (No. morfoespecies) de la comunidad fitoplanctonica en la ciénaga del Totumo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

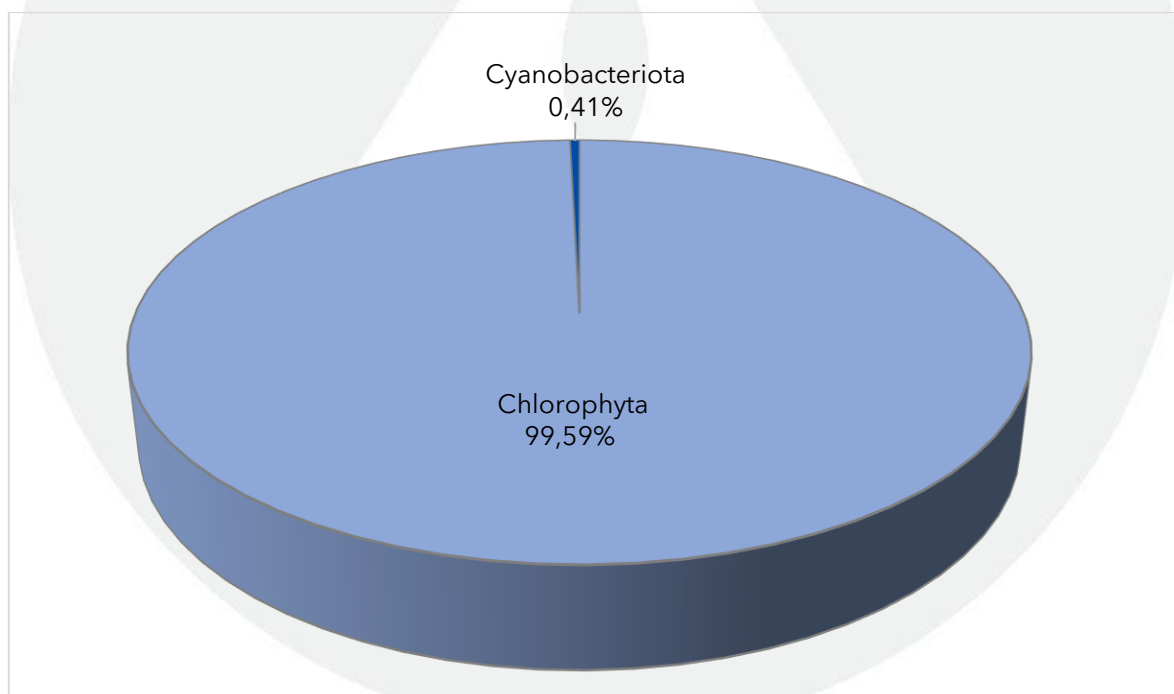
part of
ALS Limited



En cuanto a la contribución de las divisiones de fitoplancton a la densidad total, se observó que la división Heterokontophyta obtuvo el 99,59% de proporción, seguido de Ochrophyta (0,41%) (**Gráfica 2**).

Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).

Las algas Ochrophyta, aunque no tienen un índice de calidad de agua establecido, son empleadas como indicadores de la calidad del agua en un ecosistema. A mayor frecuencia en un ecosistema acuático, se considera que más limpia se encuentra el agua (Mora, 2001), por lo que una mayor abundancia sugiere alta diversidad y buenas condiciones (Branco, 1978).



Gráfica 91. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga del Totumo.

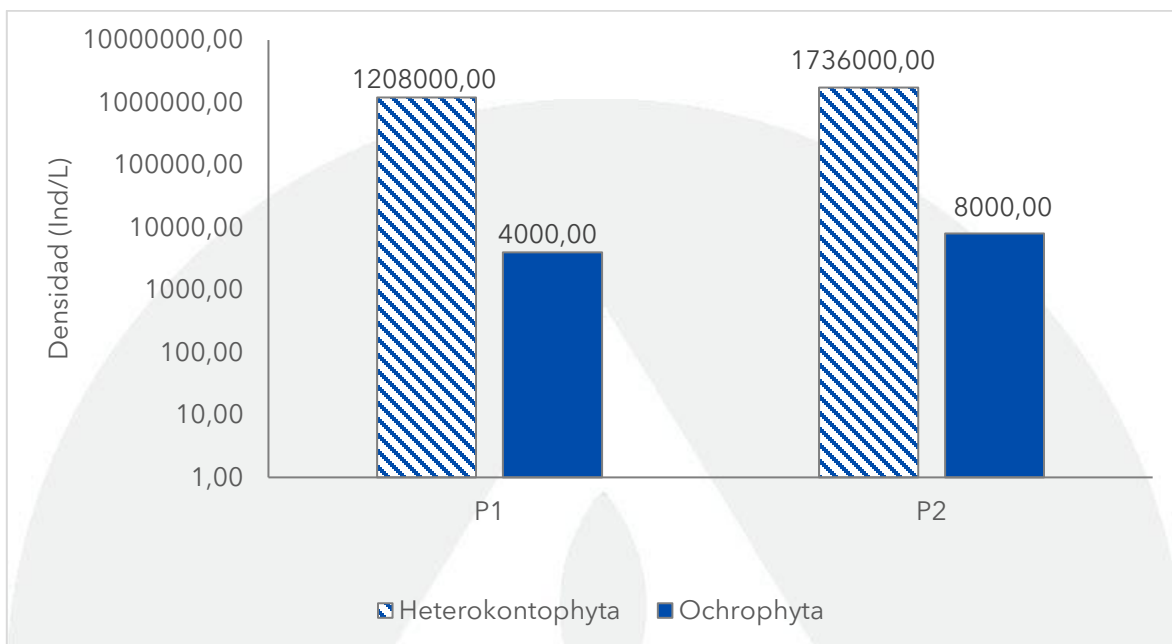
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A nivel espacial, las morfoespecies de la división Heterokontophyta dominaron las densidades en los dos (2) puntos muestreados; siendo mayor en el punto "P2" con





1736000,00 Ind/L, así mismo, Ochrophyta registró su máximo en este mismo punto con 8000,00 Ind/L (**Gráfica 3**).



Gráfica 92. Contribución a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en la ciénaga del Totumo por punto de monitoreo.

**: Los datos presentados en la gráfica se encuentran en escala logarítmica*

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población) (Curtis y Massarini, 2008).

El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores entre 0,38 y 0,43, siendo máximo en el punto "P1"; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 336 de 404

Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo valores bajos de 0,23 a 0,26, siendo máximo en el punto "P1" que se relacionan con las abundancias de las morfoespecies *Aulacoseira sp1*, las cuales fueron significativamente superiores al resto de las morfoespecies en el ensamblaje fitoplanctónico. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo valores altos, lo anterior se encuentra explicado por las densidades de las morfoespecies antes mencionadas, demostrando así la conceptualidad inversa de este índice con el de equitatividad.

El índice de Margalef registró valores inferiores a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 28**).

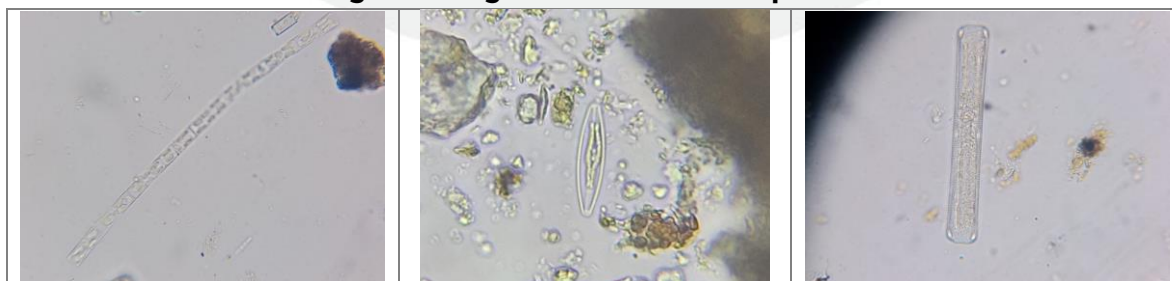
Tabla 219. Índices ecológicos aplicados a la comunidad fitoplanctónica.

Índices	P1	P2
Taxa_S	5	5
Individuals	1212000,00	1744000,00
Dominance_D	0,82	0,83
Shannon_H	0,43	0,38
Margalef	0,29	0,28
Equitability_J	0,26	0,23

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

A continuación, en la **Tabla 29**, se presenta el registro fotográfico de las morfoespecies observadas en la ciénaga del Totumo:

Tabla 220. Registro fotográfico de las morfoespecies observadas.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

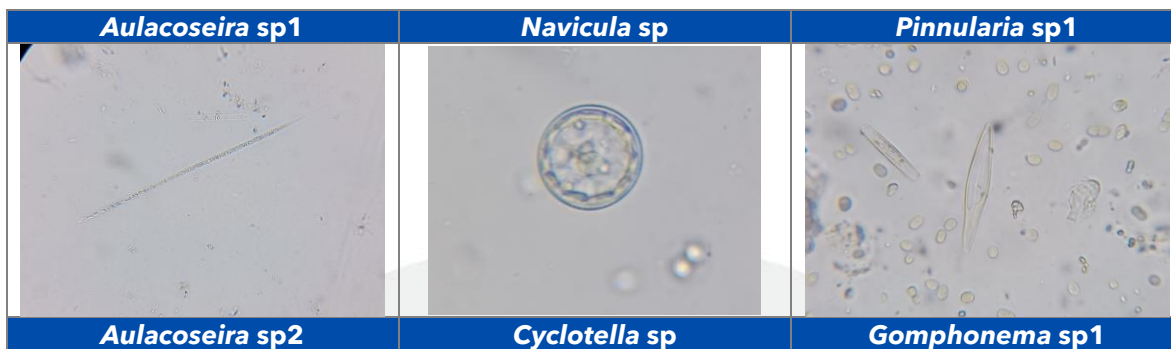
OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 337 de 404



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 338 de 404

5.3.6.2 Zooplancton



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

5.3.6.3 Perifiton

El perifiton es considerado como un biofilm o bioderma de variable espesor, de aspecto viscoso y variada tonalidad, constituido por una compleja mezcla de microalgas (vivas y muertas), bacterias, hongos, partículas de calcita (producto de algunas algas) y sedimentos inorgánicos consolidados por una matriz mucilaginosa producida por algas y bacterias (Burkholder, 1996). Constituye un componente fundamental de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos donde su nicho ecológico recae en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. “Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas” (Montoya & Aguirre 2013). Las algas constituyen la mayor parte del perifiton (Moschini *et al.*, 2001), estas son los productores dominantes en ecosistemas fluviales de orden inferior tales como arroyos o tributarios.

La comunidad perifítica en el área de estudio estuvo representada por nueve (9) morfoespecies vinculadas a tres (3) divisiones, igual número de clases, siete (7) órdenes y ocho (8) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 30**.

Tabla 221. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton observadas en la Ciénaga del Totumo.

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp4
			Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i> sp1
		Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> sp1
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp1
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> sp1
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp1
				<i>Eunotia</i> sp2
Chlorophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i> sp
3	3	7	8	9

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

La comunidad perifítica registró un valor total de 4047,69 Ind/cm² y la morfoespecie más abundante fue *Nitzschia* sp1 con 1744,46 Ind/cm², respectivamente; mientras que, la morfoespecie menos representativa fue *Eunotia* sp1 con 9,09 Ind/cm² (**Tabla 31**).

El género *Nitzschia*, es cosmopolitas y se distribuye en gran variedad de ambientes, incluidos los eutróficos, de acuerdo con Pinilla (2000) el género indica turbulencia, sedimentos y conductividad altos.

Tabla 222. Densidad (Ind/cm²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas en la Ciénaga del Totumo.

Morfoespecie	Densidad (Ind/cm ²)	Abundancia relativa (%)
	P1	P1
<i>Oscillatoria</i> sp4	985,80	24,35
<i>Lyngbya</i> sp1	63,60	1,57
<i>Anabaena</i> sp1	704,14	17,40
<i>Nitzschia</i> sp1	1744,46	43,10
<i>Gomphonema</i> sp1	240,77	5,95
<i>Synedra</i> sp1	145,37	3,59
<i>Eunotia</i> sp1	9,09	0,22
<i>Eunotia</i> sp2	27,26	0,67
<i>Oedogonium</i> sp	127,20	3,14
Total	4047,69	100,00

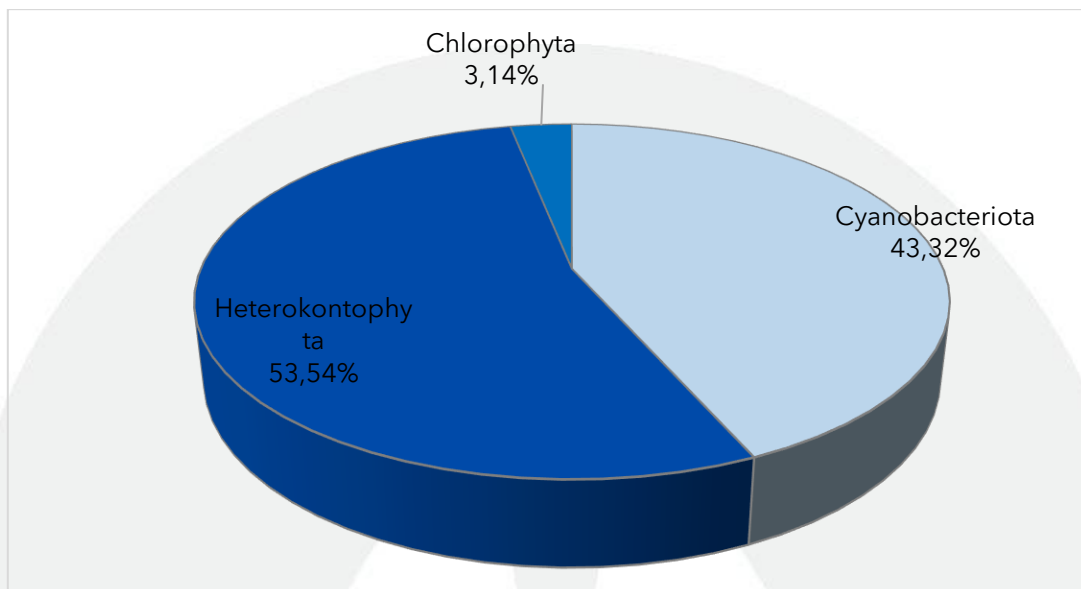
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

La distribución del perifiton es altamente dependiente de las características del sustrato y la dinámica física del entorno (Stevenson *et al.*, 1996); así, la geología, topografía y el uso del suelo en el área de influencia directa de los cuerpos de agua son factores relevantes en la ecología de estos organismos (Potapova y Donald, 2002). Teniendo en cuenta lo mencionado, resulta probable que el área de estudio ofrezca gradientes ambientales que generan diferentes microhábitats en los puntos de muestreo, que permiten una mayor colonización y desarrollo de células en determinados puntos.

En cuanto a la contribución de cada división a la densidad total, se observó que Heterokontophyta obtuvo el mayor aporte, representado en un 53,54%, seguida de Cyanobacteriota (43,32%) y Chlorophyta (3,14%) (**Gráfica 5**).



Heterokontophyta esta división comprende a las algas pardo-doradas, verde-amarillentas y amarillas. la mayoría planctónicas, de agua dulce o salada, algunos habitan suelos húmedos (Cabral & Vallejos, 2014).



Gráfica 93. Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones perifíticas registradas en la Ciénaga del Totumo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,52; los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos (Roldán y Ramírez, 2008); valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor medio de (0,69) y la dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo siendo consistente con el índice de equitatividad, dado que ambos índices son inversamente proporcionales.

El índice de Margalef registró un valor inferior a dos (2). Según Margalef (1983) estos valores hacen referencia a ecosistemas con riqueza baja, lo cual se puede relacionar con



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 342 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

la cantidad de individuos distribuidos en un número determinado de morfoespecies (**Tabla 33**).

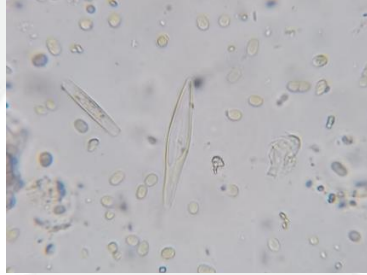
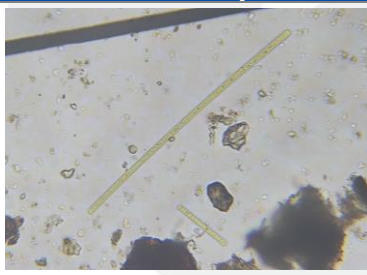
Tabla 223. Índices ecológicos aplicados a la comunidad perifítica.

Indices	P1
Taxa_S	9
Individuals	5336,55
Dominance_D	0,32
Shannon_H	1,42
Margalef	0,93
Equitability_J	0,65

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la **Tabla 34**, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

Tabla 224. Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.

		
Nitzschia sp1	Gomphonema sp1	Oedogonium sp
		
Oscillatoria sp4	Lyngbya sp1	Anabaena sp1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

5.3.6.4 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados en la ciénaga el Totumo estuvo representada por dos (2) morfoespecies vinculadas a un (1) phylum, dos (2) clases, dos (2) órdenes y familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la **Tabla 225**.

Tabla 225. Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos observadas en ciénaga el Totumo.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Mollusca	Bivalvia	Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicula sp</i>
	Gastropoda	Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>
1	2	2	2	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

La morfoespecie más abundante fue *Corbicula sp* con 42,22 Ind/m² y el 52,05% de la abundancia relativa de P2. En el punto P1 no se observaron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos (**Tabla 226**).

Tabla 226. Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga el Totumo.

Morfoespecie	Densidad (Ind/m ²)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Corbicula sp</i>	0,00	42,22	42,22	0,00	52,05
<i>Melanoides tuberculatus</i>	0,00	38,89	38,89	0,00	47,95
Total	0,00	81,11	81,11	0,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023.

Quiroz *et al.* (2010) afirman que la distribución de los macroinvertebrados en los ecosistemas lenticos, se ve afectada principalmente por la presencia de vegetación flotante, la cual constituye un sustrato y refugio para una gran diversidad de comunidades bentónicas. De igual manera Ramírez y Viña (1998), resumen la importancia de las comunidades de macrófitas en cuanto a que confieren estabilidad al terreno, generan la vía trófica directa y la detritica, diversifica la vía trófica y constituye la base para el desarrollo de una abundante y diversa comunidad de organismos asociados.

Como en las otras ciénagas, la dominancia de moluscos en la ciénaga el Totumo, se relaciona con su capacidad de tolerar altos contenidos de materia orgánica y por ende bajas concentraciones de oxígeno, condiciones que son predominantes en este tipo de

ambientes. En este sentido, su mayor riqueza en la ciénaga es un reflejo de su tolerancia a la presencia de materia orgánica que es arrastrada por las corrientes hacia este sector, como resultado del incremento de las actividades humanas de utilizar esta ciénaga como un sitio de eliminación de todo tipo de desechos. Adicionalmente la baja tasa de movilidad de estos taxones su forma de alimentación detritívora y su mayor capacidad de agregación facilitan una mayor oportunidad de encuentro.

Dado que la riqueza (Taxa_S) en los puntos de monitoreo fue inferior a cinco (5), no le fueron calculados los índices ecológicos debido a que este número es poco representativo en la estimación de dichos índices, de tal manera que su cálculo resultaría en una sub o sobreestimación de los atributos ecológicos que relacionan los mismos.

5.3.6.5 Peces

En la ciénaga del Totumo se observó una especie íctica, cuya clasificación taxonómica completa de esta especie se muestra en la **Tabla 208**.

Tabla 227. Clasificación taxonómica de la especie reportada en la ciénaga del Totumo

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Chordata	Teleostei	Cichliformes	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>
1	1	1	1	1

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

O. niloticus obtuvo abundancias de tres individuos en cada uno de los puntos muestreados en la ciénaga del Totumo (**Tabla 228**).

Oreochromis es un género de peces endémicos de África y Oriente Medio. Algunas especies se han introducido mucho más allá de su área de distribución nativa y son importantes en la acuicultura; aunque los peces del género *Oreochromis* son principalmente de agua dulce de ríos, lagos y hábitats similares, varias especies también pueden prosperar en aguas salobres y algunas incluso sobreviven en condiciones hipersalinas (Ford *et al.*, 2019).



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 345 de 404

**Tabla 228. Abundancia (Individuos) y abundancia relativa (%) de la especie íctica en la
ciénaga del Totumo.**

Morfoespecie	Abundancia (Individuos)			Abundancia relativa (%)	
	P1	P2	Total	P1	P2
<i>Oreochromis niloticus</i>	3,00	3,00	6,00	100,00	100,00
Total	3,00	3,00	6,00	100,00	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.

5.3.6.6 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga del Totumo no se registraron morfoespecies de macrófitas acuáticas.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



6. CONCLUSIONES

Tras la toma de muestras y el análisis de las comunidades hidrobiológicas se puede concluir lo siguiente:

6.1 Cuenca Río Magdalena

6.1.1 Ciénaga de Malambo

6.1.1.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Arthrospira* sp, y el punto con mayor densidad fue "P1".

6.1.1.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. Las morfoespecies más abundantes fueron *Navicula* sp1 y *Oscillatoria* sp3, son consideradas organismos heterotróficos, lo que les permite su reproducción y desarrollo en diferentes tipos de ecosistemas, el punto con mayor densidad "P1".

6.1.1.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos de la ciénaga de Malambo estuvo constituida por cuatro (4) morfoespecies, las más representativas fue *M.cornuarietis*. La dominancia de taxones del phylum Mollusca no es sorprendente en ecosistemas como la ciénaga de Malambo, que cuenta con un ambiente bentónico rico en materia orgánica y propicio para el establecimiento de estos organismos que utilizan el detritus como fuente de alimento.





6.1.1.4 Peces

Solo dos (2) especies icticas fueron reportadas, de las cuales dominó la mojarra amarilla *Caquetaia kraussii*, especie de importancia comercial, reconocida por su potencial colonizador que responde a estrategia reproductiva que constituye uno de sus principales rasgos adaptativos que asegura su éxito en ecosistemas cenagosos y planicies inundables del río Magdalena.

6.1.1.5 Macrófitas acuáticas

No se registraron macrófitas en la ciénaga de Malambo.

6.1.2 Ciénaga Mesolandia

6.1.2.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, la cual poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Microcystis*, que se encuentra muy dominante en las floraciones cianobacterianas de agua dulce, y el punto con mayor densidad fue "P2".

6.1.2.2 Perifiton

Esta comunidad no presentó organismos, esta ausencia pudo verse influenciada por distintos factores, abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros.

6.1.2.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos de la ciénaga de Malambo estuvo conformada por tres morfoespecies, las más abundante fue *Melanoides tuberculatus*, la cuales muestra una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas, pero su establecimiento exitoso se asocia frecuentemente con ambientes eutróficos.





6.1.2.4 Peces

En la ciénaga Mesolandia no se registraron capturas de ejemplares peces a pesar del esfuerzo de pesca.

6.1.2.5 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga Mesolandia no se registraron morfoespecies de macrófitas.

6.1.3 Ciénaga Sabanagrande

6.1.3.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos, así mismo son importantes bioindicadores dentro de un ecosistema, debido a la susceptibilidad a cambios y resistencia a muchas sustancias que de una u otra forma causan modificaciones en un determinado ambiente. La morfoespecie más abundante fue *Navicula*, la cual puede reproducirse y desarrollarse en diferentes tipos de ecosistemas, y el punto con mayor densidad fue "P1".

6.1.3.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. Las morfoespecies más abundantes fueron *Nitzschia* sp1, *Navicula* sp1 y *Fragilaria* sp y el punto con mayor densidad "P1".

6.1.3.3 Macroinvertebrados bentónicos

En la ciénaga Sabanagrande se reportaron dos morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos siendo la más dominante *M.tuberculatus*. Adicionalmente se registra la presencia de individuos de la familia Naididae asociada a condiciones de enriquecimiento orgánico.





6.1.3.4 Peces

En la ciénaga Sabanagrande se reportaron cuatro especies ícticas, la más abundante fue el bocachico *P.magdalенаe*, la cual cuenta con gran importancia económica en la región, esta especie se encuentra en categoría vulnerable según el libro rojo de peces dulceacuícolas por lo que se requieren medidas que implementen su conservación y regulación de talla mínima de captura.

6.1.3.5 Macrófitas acuáticas

En la Ciénaga de Sabanagrande no se reportaron morfoespecies de macrófitas acuáticas.

6.1.4 Ciénaga de Santo Tomás

6.1.4.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Anabaena sp* y el punto con mayor densidad fue "P2".

6.1.4.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. Las morfoespecies más abundantes fueron *Nitzschia sp2* y *Navicula sp1* y el punto con mayor densidad "P2".

6.1.4.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la ciénaga de Santo Tomás estuvo conformada por dos (2) morfoespecies, todas pertenecientes al phylum Mollusca. La prevalencia de este phylum bentónico en la ciénaga es resultado de sus condiciones de carga orgánica y contenido de carbonatos, los cuales representan factores esenciales en el establecimiento y desarrollo de este grupo taxonómico.





6.1.4.4 Peces

En la ciénaga Santo Tomás se reportaron tres especies ícticas, siendo *Prochilodus magdalenae* la de mayor abundancia.

6.1.4.5 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en la ciénaga de Sabanagrande estuvo conformada por una (1) especie, *Eichhornia crassipes*, la cual obtuvo 100,00% de cobertura en el punto de monitoreo P1. *E. crassipes* presentan alta capacidad invasiva, indicativo de la necesidad de establecer medidas de evaluación y control sobre la macrófitas en la ciénaga.

6.1.5 Ciénaga El Uvero

6.1.5.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Pseudanabaena* sp, esta morfoespecie puede encontrarse en sistemas límnicos mesotróficos a eutróficos de todo el mundo.

6.1.5.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. Las morfoespecies más abundantes fueron *Gomphonema* sp1 y *Navicula* sp1.

6.1.5.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la ciénaga El uvero estuvo representada por dos morfoespecies del phylum Mollusca, siendo *Corbicula* sp la morfoespecie de mayor aporte a la densidad total de la ciénaga.





6.1.5.4 Peces

No se reportaron ejemplares de peces en la ciénaga el uvero.

6.1.5.5 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en la ciénaga el Uvero estuvo dominada al 100% por la especie *E.crassipes*, la cual se considera una especie altamente tolerante a carga orgánica y es típica de las planicies inundables del Río Magdalena.

6.1.6 Ciénaga la Luisa

6.1.6.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Aphanocapsa* sp, algunas de sus morfoespecies tienen distribución mundial, así mismo varias especies son limitadas por sus condiciones ecológicas y porque se encuentran en áreas geográficamente específicas.

6.1.6.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. La morfoespecie más abundante fue *Gomphonema* sp1, ha sido reportada en cuerpos de agua eutróficos, siendo más tolerantes a la polución y eutroficación.

6.1.6.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos de la ciénaga La Luisa estuvo conformada por una (1) morfoespecie, perteneciente al phylum Mollusca. *Melanoides tuberculatus* fue la especie de mayor abundancia, en general estos moluscos frecuentan pozos, charcas, bebederos, lagunas, estanques y canales de irrigación con aguas claras



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 352 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

o ligeramente turbias, con abundante vegetación acuática sumergida y/o flotante con sustrato fangoso rico en materia orgánica.

6.1.6.4 Peces

No se realizaron capturas de ejemplares de peces en la ciénaga La Luisa a pesar del esfuerzo de pesca implementado.

6.1.6.5 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en la ciénaga la Luisa estuvo conformada por la especie *Eichhornia crassipes*, la cual presentan alta capacidad invasiva, indicativo de la necesidad de establecer medidas de evaluación y control sobre la macrófitas en la ciénaga.

6.1.7 Ciénaga La Larga

6.1.7.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Oscillatoria* sp2, se consideran cosmopolitas y la mayoría son de agua dulce.

6.1.7.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. La morfoespecie más abundante fue *Navicula* sp, es considerada una diatomea heterotrófica facultativa, lo cual permite su reproducción y desarrollo en diferentes tipos de ecosistemas.

6.1.7.3 Macroinvertebrados bentónicos

En la ciénaga La Larga no se reportaron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos.



6.1.7.4 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en la ciénaga La Larga estuvo dominada al 100% por la especie *E.crassipes*, la cual se considera una especie altamente tolerante a carga orgánica y es típica de las planicies inundables del Río Magdalena.

6.1.7.5 Peces

En la ciénaga La Larga no se registraron peces a pesar del esfuerzo de pesca implementado.

6.1.8 Río Magdalena

6.1.8.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Microcystis* sp1, las morfoespecies de este genero presentan distribución cosmopolita y aparecen de manera planctónica en aguas estancadas, dulces o moderadamente salinas, y con elevado nivel trófico, el punto con mayor densidad fue "P2".

6.1.8.2 Perifiton

Esta comunidad no presentó organismos, esta ausencia pudo verse visto influenciada por distintos factores, abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros.

6.1.8.3 Macroinvertebrados bentónicos

En el río Magdalena no se registraron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos durante el presente monitoreo.





6.1.8.4 Peces

La comunidad de peces en los puntos establecidos en el Río Magdalena estuvo conformada por dos especies, siendo la tilapia *O. niloticus* la de mayor representatividad en las capturas realizadas.

6.1.8.5 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en el río Magdalena estuvo conformada por la especie *Eichhornia crassipes* de alta capacidad invasiva, indicativo de la necesidad de establecer medidas de evaluación y control sobre la macrófitas en el sistema.

6.2 Cuenca Canal del Dique

6.2.1 Embalse El Guájaro

6.2.1.1 Fitoplancton

Esta comunidad presenta contribuciones altas y estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Anabaena sp* y el punto con mayor densidad fue "P1".

6.2.1.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. Las morfoespecies más abundantes fueron *Navicula sp1*, *Gomphonema sp1* y *Nitzschia sp1* y el punto con mayor densidad "E Guajaro P8".

6.2.1.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el embalse El Guájaro estuvo representada por cinco (5) morfoespecies pertenecientes a los phyla Mollusca y Arthropoda, *M. tuberculatus* fue la morfoespecie de mayor abundancia. En este sistema



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 355 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

se resalta una composición bentónica mayormente estructurada, se observaron además de moluscos insectos de la familia Polymitarcidae en P6, relacionados con aguas de buena calidad.

6.2.1.4 Peces

En el Embalse El Guájaro se observaron seis (6) especies de peces, siendo *C.kraussi*, conocida como la mojara amarilla la de mayor abundancia en el embalse. Esta especie es considerada bioindicador de contaminación orgánica, ya que es altamente tolerantes a condiciones adversas.

6.2.1.5 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en el embalse El Guájaro estuvo conformada por una (1) especie, *Eichhornia crassipes*, la cual obtuvo su cobertura P6, P7, P8 y P9. *E. crassipes* presentan alta capacidad invasiva, indicativo de la necesidad de establecer medidas de evaluación y control sobre la macrófitas en el embalse.

6.2.2 Ciénaga San Juan de Tocagua

6.2.2.1 Fitoplancton

Esta comunidad presento contribuciones altas y estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. Las morfoespecies más abundantes fueron *Nitzschia* sp1, *Anabaena* sp y *Pseudanabaena* sp y el punto con mayor densidad fue "P2".

6.2.2.2 Perifiton

Esta comunidad no presentó organismos, esta ausencia pudo verse visto influenciada por distintos factores, abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros.





6.2.2.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga San Juan de Tocagua estuvo representada por cuatro (4) morfoespecies, la más representativa fue *Melanoides tuberculatus*. Las máximas densidades bentónicas estuvieron relacionadas con el punto de monitoreo P1.

6.2.2.4 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en la ciénaga de San Juan de Tocagua estuvo conformada por una (1) especie, *E.crassipes*, la cual obtuvo 100,00% de cobertura en los puntos de monitoreo.

6.2.2.5 Peces

La comunidad de peces en la ciénaga de San Juan de Tocagua, estuvo representada por la especie *Caquetaia kraussi* considerada bioindicador de contaminación orgánica, ya que es altamente tolerantes a condiciones adversas.

6.2.3 Ciénaga Manatí

6.2.3.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Las algas de la división Chlorophyta también llamadas algas verdes, estos organismos son abundantes en agua dulce, lagos y ríos, pueden vivir sujetas al fondo (bentos). La morfoespecie más abundante fue *Pediastrum duplex*, este género se define con distribución cosmopolita que se desarrolla en una gran variedad de cuerpos de agua, grandes o pequeños, estancados o de corriente lenta.

6.2.3.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos, así mismo son importantes bioindicadores dentro de un ecosistema, debido a la susceptibilidad a cambios y resistencia a muchas sustancias que de una u otra



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 357 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

forma causan modificaciones en un determinado ambiente. Las morfoespecies más abundantes fueron *Pseudoanabaena* sp y *Navicula* sp1.

6.2.3.3 Macroinvertebrados bentónicos

En la ciénaga Manatí no se observaron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos.

6.2.3.4 Peces

En la ciénaga Manatí no se observaron especies ícticas a pesar del esfuerzo de pesca.

6.2.3.5 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en la ciénaga Manatí estuvo conformada por una (1) especie, *E.crassipes*, la cual obtuvo 100,00% de cobertura en el punto de monitoreo.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 358 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

6.2.4 Ciénaga Luruaco

6.2.4.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, las cuales poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Pseudanabaena* sp, y el punto con mayor densidad fue "P2".

6.2.4.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. La morfoespecie más abundante fue *Navicula* sp1, son consideradas organismos heterotróficos, lo que les permite su reproducción y desarrollo en diferentes tipos de ecosistemas, el punto con mayor densidad "P6".

6.2.4.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos de la ciénaga de Luruaco estuvo constituida por dos (2) morfoespecies, la más representativa fue *Melanoides tuberculatus*. La dominancia de estos taxones del phylum Mollusca no es sorprendente en ecosistemas como la ciénaga de Luruaco que cuenta con un ambiente bentónico rico en materia orgánica y propicio para el establecimiento de estos organismos que utilizan el detritus como fuente de alimento.

6.2.4.4 Peces

Solo cuatro (4) especies icticas fueron reportadas en este cuerpo de agua, de las cuales la mayoría son especies pequeñas, que han sido reconocidas como bioindicadores de altos grados de eutrofia. También se reconoce una reducción de la diversidad íctica debido principalmente por la degradación del sistema.



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 359 de 404

6.2.4.5 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga de Luruaco no se reportaron morfoespecies de macrófitas.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 360 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

6.3 Cuenca Litoral

6.3.1 Ciénaga Paraíso

6.3.1.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos, así mismo son importantes bioindicadores dentro de un ecosistema, debido a la susceptibilidad a cambios y resistencia a muchas sustancias que de una u otra forma causan modificaciones en un determinado ambiente. Las morfoespecies más abundantes fueron *Cyclotella* sp, *Navicula* sp1 y *Trachelomonas hispida*.

6.3.1.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. La morfoespecie más abundante fue *Navicula*, son organismos que pueden funcionar como bioindicadores del medio, es decir, la presencia del género *Navicula* podría facilitar la identificación de diferentes biotopos, teniendo en cuenta factores ambientales que pueden ejercer algún tipo de presión sobre las comunidades de diatomeas.

6.3.1.3 Macroinvertebrados bentónicos

En la ciénaga Paraíso no se observaron morfoespecies de Macroinvertebrados bentónicos.

6.3.1.4 Peces

La comunidad de peces en la ciénaga Paraíso estuvo representada por tres especies, siendo Loricariidae morfo 1 la de mayor abundancia en la ciénaga.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 361 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

6.3.1.5 Macrófitas acuáticas

La comunidad de macrófitas en la ciénaga Paraíso estuvo conformada por una (1) especie, *E.crassipes*, la cual obtuvo 100,00% de cobertura en el punto de monitoreo.

6.3.2 Ciénaga Mallorquín

6.3.2.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Cyanobacteriota, la cual poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que les permite adaptarse a condiciones difíciles. La morfoespecie más abundante fue *Pseudanabaena*, este género puede encontrarse en sistemas límnicos mesotróficos a eutróficos de todo el mundo, el valor máximo de densidad se reportó en el punto "P7".

6.3.2.2 Perifiton

Esta comunidad no presentó organismos, esta ausencia pudo verse visto influenciada por distintos factores, abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros.

6.3.2.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos de esta ciénaga se caracterizó por presentar una composición bentónica de especies eurihalinas como *Corbula caribaea*, *Mytilus sp*, *Chione sp* y *Corbícula sp*, por lo general tolerantes a variaciones en la salinidad.

6.3.2.4 Peces

No se registraron capturas de ejemplares de peces en la ciénaga de Mallorquín a pesar del esfuerzo de pesca implementado.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 362 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

6.3.2.5 Macrófitas acuáticas

No se registraron morfoespecies de macrófitas acuáticas en la ciénaga de Mallorquín.

6.3.3 Ciénaga el Rincón

6.3.3.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Las algas de la división Chlorophyta también llamadas algas verdes son abundantes en agua dulce, lagos y ríos, pueden vivir sujetas al fondo (bentos). La morfoespecie más abundante fue *Chlamydomonas sp* este género puede encontrarse en sistemas límnicos mesotróficos a eutróficos de todo el mundo, y el punto de mayor densidad fue el punto "P2".

6.3.3.2 Perifiton

Esta comunidad no presentó organismos, esta ausencia pudo verse visto influenciada por distintos factores, abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros.

6.3.3.3 Macroinvertebrados bentónicos

La comunidad de Macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga El Rincón estuvo 100% representada por la especie *M.tuberculatus*.

6.3.3.4 Peces

Se reportan solo tres especies (*Oreochromis niloticus*, *Caquetaia kraussi* y *Mugil liza*), las cuales presentan características altamente tolerantes a condiciones adversas y/o de contaminación, e incluso son reportadas en ambientes con bajos niveles de oxígeno. Este resultado puede estar mostrando algún grado de contaminación en este sistema acuático, por lo que solo coexisten estas especies, y no otras menos tolerantes.





6.3.3.5 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga el Rincón no se reportaron morfoespecies de macrófitas.

6.3.4 Ciénaga Balboa

6.3.4.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos, así mismo son importantes bioindicadores dentro de un ecosistema, debido a la susceptibilidad a cambios y resistencia a muchas sustancias que de una u otra forma causan modificaciones en un determinado ambiente. La morfoespecie más abundante fue *Nitzschia* sp1 y la mayor densidad se presentó en el punto "P2"

6.3.4.2 Perifiton

Esta comunidad no presentó organismos, esta ausencia pudo verse visto influenciada por distintos factores, abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros.

6.3.4.3 Macroinvertebrados bentónicos

En la ciénaga Balboa no se reportaron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos.

6.3.4.4 Peces

En la ciénaga Balboa la comunidad íctica estuvo representada al 100% por la especie *M.liza*, la cual es reconocida por su importancia económica y comercial a nivel local.

6.3.4.5 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga Balboa no se reportaron morfoespecies de macrófitas.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 364 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

6.3.5 Ciénaga Los Manatíes

6.3.5.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Las algas de la división Miozoa la cual está conformada por organismos predominantemente unicelulares, móviles, eucarióticos y, en general, con presencia de flagelos. Hay especies fotosintéticas, mixotróficas y heterotróficas. La morfoespecie más abundante fue *Protoperdinium*, diferentes especies se encuentran en diferentes hábitats y muchas ocurren estacionalmente.

6.3.5.2 Perifiton

Esta comunidad no presentó organismos, esta ausencia pudo verse visto influenciada por distintos factores, abióticos y bióticos que regulan el funcionamiento de sus componentes, la comunidad es cambiantes por la interacción dinámica de varios factores tales como la disponibilidad de la luz, estado trófico, temperatura, fluctuaciones hidrológicas, interacción con el sustrato, entre otros.

6.3.5.3 Macroinvertebrados bentónicos

No se registraron morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la ciénaga Los Manatíes.

6.3.5.4 Peces

En la ciénaga Los Manatíes la comunidad íctica estuvo representada por la especie *M.liza*, conocida como lisa, la cual hace parte de la variada gastronomía local.

6.3.5.5 Macrófitas acuáticas

No se registraron morfoespecies de macrófitas en la ciénaga Los Manatíes.



6.3.6 Ciénaga del Totumo

6.3.6.1 Fitoplancton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos, así mismo son importantes bioindicadores dentro de un ecosistema, debido a la susceptibilidad a cambios y resistencia a muchas sustancias que de una u otra forma causan modificaciones en un determinado ambiente. La morfoespecie más abundante fue *Aulacoseira* sp, ampliamente distribuida en cuerpos de agua epicontinentales, es uno de los taxones de diatomeas de agua dulce más comunes y abundante en el plancton de lagos y grandes ríos, las densidades mas alta se presentaron en el punto "P2".

6.3.6.2 Perifiton

Esta comunidad estuvo mayormente representada por las algas de la división Heterokontophyta, el cual constituye uno de los grupos taxonómicos más abundantes en los sistemas acuáticos. La morfoespecie más abundante fue *Nitzschia*, es cosmopolitas y se distribuye en gran variedad de ambientes, incluidos los eutróficos, el género indica turbulencia, sedimentos y conductividad altos.

6.3.6.3 Macroinvertebrados bentónicos

La composición de macroinvertebrados bentónicos de la ciénaga del Totumo estuvo dominada por los gasterópodos *Melanoides tuberculatus* y *Corbicula* sp. El primero habita en ríos, quebradas, arroyos, caños, canales y otros sistemas lénticos naturales y artificiales, incluidos los embalses.

6.3.6.4 Peces

La comunidad de peces en la ciénaga del Totumo, estuvo representada por la especie *O.niloticus*, conocida como tilapia del Nilo o mojarra, se consume localmente por lo que

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 366 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

tiene importancia comercial. Es una especie invasora y altamente tolerante a factores de intervención antropogénica.

6.3.6.5 Macrófitas acuáticas

En la ciénaga del Totumo no se registraron morfoespecies de macrófitas acuáticas.

SERAMBIENTE S.A.S.
Barranquilla, Colombia
Noviembre de 2023

INFORME VÁLIDO ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S). LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DEBE HACERSE CON AUTORIZACIÓN EXPRESA DE SERAMBIENTE S.A.S. CUALQUIER TIPO DE OBSERVACIÓN REQUERIDA POR EL CLIENTE Y RELACIONADA CON LOS RESULTADOS EMITIDOS, SÓLO SERÁ ACEPTADA DENTRO DE LOS 4 DÍAS SIGUIENTES AL ENVÍO PARCIAL DE ESTE INFORME. SI NO SE RECIBE OBSERVACIÓN EN EL TIEMPO ESTABLECIDO, SE DA POR ACEPTADO EL INFORME Y SE PROCEDERÁ A SU IMPRESIÓN. FINALIZADO EL MONITOREO, LAS MUESTRAS SE CONSERVARÁN 10 DÍAS Y CUMPLIDO ESTE TÉRMINO EL LABORATORIO PROCEDERÁ A LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MUESTRAS. EL CLIENTE SE HACE RESPONSABLE POR LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS CUANDO ESTOS SEAN ENVIADOS POR CORREO ELECTRÓNICO O FAX.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



7. BIBLIOGRAFÍA

- A.Burns D. S. Ryder (2001) Response of extracellular enzymes to artificial inundation of floodplain sediments from a regulated lowland river Freshwater Biology 46
- Abbayes H. DES. Et al. (1989). Botánica Vegetales inferiores. Editorial Reverté S.A. Barcelona.712 p.
- Aguiaro, T. y Caramaschi, É. P. (1998). Gremios tróficos en conjuntos de peces en tres lagunas costeras del estado de Río de Janeiro (Brasil). *Internationale Vereinigung für teoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen* , 26 (5), 2166-2169.
- Aguiaro, T. y Caramaschi, É. P. (1998). Gremios tróficos en conjuntos de peces en tres lagunas costeras del estado de Río de Janeiro (Brasil). *Internationale Vereinigung für teoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen* , 26 (5), 2166-2169.
- Ahmad, H., Sehgal, S., Mishra, A., & Gupta, R. (2012). Mimosa pudica L. (Laajvanti): an overview. *Pharmacognosy reviews*, 6(12), 115.
- Allan D. Stream ecology. Structure and Function of Running Waters. Londres: Chapman & Hall; 1995.
- Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de La comunidad fitoplanctónica como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14(3).
- Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de La comunidad perifítica como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14(3).





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 368 de 404

- Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14(3).
- Álvarez, A. R. Los protozoos. 2006. Características generales y su rol como agentes patógenos. *Ciencia Veterinaria* Vol. 8, N° 1, Año 2006 ISSN: 1515-1883
- Alves, R. G., & Lucca, J. V. (2000). Oligochaeta (Annelida: Clitellata) como indicador de poluição orgânica em dois córregos pertencentes à Bacia do Ribeirão do Ouro Araraquara (São Paulo-Brasil). *Brazilian Journal of Ecology*, 4(1-2), 112-117.
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S. y Gómez, A. (2005), Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua, *Nova*, 3(4), 69-79,
- Arcos, M.; Ávila, S.; Estupiñán, S. y Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4), 69-79.
- Atencio-García, V. J., E. Kerguelén-Durango, E. Cura, R. Rosado, A. Vallejo y M. Valderrama. 2005. Régimen alimentario de siete especies ícticas en el embalse de la hidroeléctrica Urrá (Córdoba, Colombia). *Revista MVZ Cordoba* 10 (2): 614-622.
- Axelrod Herbert R. Warren E. Burgess, Neal Pronek, Glen S. Axelrod, David E. 2002. Enciclopedia de peces de acuario de agua dulce. Boruchowitz Editorial Hispano Europea S.A. España. 1008 p.
- Baker, F. C. (1945). The molluscan family Planorbidae. The University of Illinois Press. Urbana
- Barchi, M., (2012). ¿O Tipo de mesohabitat (corredeira e remanso) e a complexidade do substrato afetam a fauna de macroinvertebrados aquáticos de riacho? Universidade Estadual Paulista, SP 2012, 12-33.
- Barrera Carrera, C. J., & Kohlmann, B. (2013). *Macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua* (No. PG 19 2013).



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 369 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Bellinger, C.G. Y Sigee, D.C. (2010). Freshwater algae: Identification and use as bioindicators. Wiley-Blackwell. London, UK.
- Bellinger, C.G. Y Sigee, D.C. (2010). Freshwater algae: Identification and use as bioindicators. Wiley-Blackwell. London, UK.
- Bemvenuti, C. E., Rosa-Filho, J. S., & Elliott, M. (2003). Changes in soft-bottom macrobenthic assemblages after a sulphuric acid spill in the Rio Grande Harbor (RS, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 63(2), 183-19
- Bemvenuti, C. E., Rosa-Filho, J. S., & Elliott, M. (2003). Changes in soft-bottom macrobenthic assemblages after a sulphuric acid spill in the Rio Grande Harbor (RS, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 63(2), 183-19
- Bere, T. & Tundisi, J. G. (2011). Epipsammic diatoms in streams influenced by urban pollution, São Carlos-SP, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70 (in press)
- Bermúdez, A. 2008. Reproducción y hábitos alimenticios de la población de *Cyphocharax magdalenae* (Steindachner 1878) (Pisces: Curimatidae), en la laguna de Cachimbero, Magdalena medio, río Magdalena, Colombia. Trabajo de pregrado, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín. 64 pp.
- Blanco, H., J. Solipá, C. W. Olaya-Nieto, F. F. Segura-Guevara, S. B. Brú-Cordero y G. Tordecilla-Petro. 2005. Crecimiento y mortalidad de la yalua (*Cyphocharax magdalenae* Steindachner, 1878) en el río Sinú, Colombia. *Revista MVZ-Córdoba* 10 (1): 555- 563.
- Blinn, D. & Herbst, D. 2003. Use of diatoms and soft algae as indicators of environmental determinats in the Lahontan Basin USA. Annual report for California state water resources board. Contractagreement 704558.01.CT776.
- Boltovskoy, D (ed). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación Especial del INIDEP. Mar del Plata, Argentina. 936 p.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 370 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Bonilla, S. (2009). Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Programa Hidrológico Internacional. Documento Técnico PHI N.º 16
- Briceño, H., Buonocore, R., Sangronis, C., Romero, R., & Soto, L. (2013). Tintinnidos (Ciliados Planctónicos) de la costa litoral de la Bahía El Tablazo, Sistema de Maracaibo, Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 47(1).
- Brodersen, K. P. (1995). The effect of wind exposure and filamentous algae on the distribution of surf zone macroinvertebrates in Lake Esrom, Denmark. *Hydrobiologia*, 297(2), 131-148.
- Buse, A. (1972). Behavioural aspects of the relationship of *Chaetogaster limnaei* (Oligochaeta: Naididae) with its gastropod host. *Anim. Behav.* 20(2):274-279.
- Burkholder, J. (1996). Interactions of benthic algae with their substrata. En J. Stevenson, *Algal Ecology*. San Diego: Academic Press.
- Bussing, W.A., 1987. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San Jose.
- CABI. (2018). *Helisoma duryi*. CABI Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/114729>.
- CABI. (2018). *Helisoma duryi*. CABI Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/114729>.
- CABI. (2018). *Helisoma duryi*. CABI Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/114729>.
- Caesar R.M. y Wenzel J.W. (2009). A phylogenetic test of classical species groups in Argia (Odonata: Coenagrionidae). *Entomologica Americana*, 115(2):97-10.
- Cabral, E., & Vallejos, S. (2014). Algas Diversidad Vegetal. GUÍA DE CONSULTA - DIVERSIDAD VEGETAL- FACENA (UNNE).



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 371 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Callisto, M., Gonçalves Jr, J. F., & Moreno, P. (2005). Invertebrados acuáticos como bioindicadores. *Navegando o Rio das velhas das Minas aos Gerais*, 1, 1-12.
- Carlsson, N. O., Brönmark, C., & Hansson, L. A. (2004). Invading herbivory: the golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetlands. *Ecology*, 85(6), 1575-1580.
- Carvalho, M. L. (1983). Efeitos da flutuação do nível da água sobre a densidade e composição do zooplâncton em um lago de várzea da Amazônia, Brasil. *Acta amazonica*, 13(5-6), 715-724.
- Casatti, L. & R. Castro. 1998. A fish community of the São Francisco River headwaters riffles, southeastern Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshwat.* 9(3): 229-242.
- Castro, D. Pinilla, G. 2014. Periphytic diatom index for assessing the ecological quality of the Colombian Andean urban wetlands of Bogotá. Universidad nacional de Colombia. *Limnetica*, 33 (2): 297-312.
- Cavati B, Fernandes VO. (2008). Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno-Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil): variação espacial e temporal. *Acta Scient Biol Sci.* 30 (4): 439-48.
- Chitsulo, L., Engels, D., Montresor, A., & Savioli, L. (2000). The global status of schistosomiasis and its control. *Acta tropica*, 77(1), 41-51.
- Chitsulo, L., Engels, D., Montresor, A., & Savioli, L. (2000). The global status of schistosomiasis and its control. *Acta tropica*, 77(1), 41-51.
- Comas, Augusto. (2009). Comas, A. (2009): Catálogo de las algas y cianoprocariotas dulciacuícolas de Cuba. Ed. Universo Sur, Univ. Cienfuegos, 147 pp
- CONABIO, 2016, Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México, «Ipomoea aquatica FORSSK», 2016, <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2>



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 372 de 404

[F%2Fsivico.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/Fichas/2520tecnicas_OK/Fichas/2520tecnicas/Fichas/2520t%25C3%25A9cnicas/2520CONABIO_especies/2520ex%25C3%25B3ticas/Fichas/2520plantas/2520invasoras/Fichas/2520Lpomoea/2520aquatica.pdf?clen=304095&chunk=true](https://sivico.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/Fichas/2520tecnicas_OK/Fichas/2520tecnicas/Fichas/2520t%25C3%25A9cnicas/2520CONABIO_especies/2520ex%25C3%25B3ticas/Fichas/2520plantas/2520invasoras/Fichas/2520Lpomoea/2520aquatica.pdf?clen=304095&chunk=true),

- CONABIO, 2016, Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México, «Pistia stratiotes L., 1753», 2016, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.gob.mx%2Fcms%2Fuploads%2Fattachment%2Ffile%2F222546%2FPistia_stratiotes.pdf&clen=385553&chunk=true
- Conabio, 2022, Camalote, Eichhornia azurea, Disponible en <https://enciclovida.mx/especies/157319-eichhornia-azurea> Consultado 2022-04-15
- CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO. 2005. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para fitobentos (microalgas bentónicas). Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro. Comisaría de Aguas. Zaragoza. 33 pp.
- CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO. 2005. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para fitobentos (microalgas bentónicas). Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro. Comisaría de Aguas. Zaragoza. 33 pp.
- Corbi, J. J., Roque, F. D. O., Trivinho-Strixino, S., & Alves, R. G. (2005). Records of oligochaetes in freshwater sponges, on bryozoans, and on colonial hydrozoans from Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 65(1), 187-188.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 373 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Cordiviola de Yuan, E. and C. Pignalberi de Hassan, 1985. Fish population in the Paraná River: lentic environments of Diamante and San Pedro areas (Argentine Republic). *Hydrobiologia* 127:213-218.
- Cosel, R. (1986). Moluscos de la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta (costa del Caribe de Colombia). *Inst. Inv. Mar. Punta Betin*, 15-16.
- Cotrim-Marques, S., M. Pardia, M. Pereira, F. Goncalves, J. Marques, y U. Azeiteiro. 2007. Zooplankton distribution and dynamics in a temperate shallow estuary. *Hydrobiology*. 587: 213-233.
- Cowie R. & Thiengo, Se. (2003). The apple snails of the Ameritas (Mollusca: Gastropoda: Ampullariidae: *Asolene*, *Felipponea*, *Marisa*, *Pomacea*, *Pomella*): a nomenclatural and type catal. *Malacologia* 45: 41-100.
- Cox, E. (1994), Identification of Freshwater Diatoms from Live Material. Londres: Chapman & Hall.
- Chorus, J. Bartram. (1999). Toxic Cyanobacteria in Water World Health Organisation, E & FN Spon, London.
- Curtis, H., Barnes, H. S., & Schnek, A. A., Massarini, A.(2008). *Biología*.
- Curtis, H., Schnek, A., Barnes, S., & Massarini, A. (2008). *Biología de Curtis*. Editorial Médica Panamericana. 7a edición en español.
- Curtis, H., Barnes, H. S., & Schnek, A. A., Massarini, A.(2008). *Biología*.
- Dahl G. (1971). Los peces del norte de Colombia. Bogotá: Inderena; 391 pp
- Dahl, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. Ministerio de Agricultura, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA). Talleres Litografía Arco. Bogotá D.C., Colombia. 391 pp.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 374 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Darrigran, G., & Lagreca, M. (2005). ProBiota| Serie Técnica y Didáctica| Moluscos litorales del estuario del río de la Plata, Argentina. *ProBiota: Serie técnica y didáctica*.
- Darley, W. Marshall. 1991. Biología de las algas enfoque fisiológico. México: Ed. Limusa
- De la Lanza, E. G., Hernández, P. S. y Carbajal, P. J. L. 2000. Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdes. México. 633 p
- De la Lanza, E. G., Hernández, P. S. y Carbajal, P. J. L. 2000. Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdes. México. 633 p
- Derraik, J. G. (2008). The potential significance to human health associated with the establishment of the snail *Melanoides tuberculata* in New Zealand. *The New Zealand Medical Journal (Online)*, 121(1280).
- Díaz, J. M., & Puyana, M. (1994). Moluscos del Caribe colombiano. *Un catálogo ilustrado. COLCIENCIAS, Fundación Natura e INVEMAR, Bogotá, Colombia*.
- Díaz, J. (2007). Atlas de organismos planctónicos en los humedales de Andalucía. Dirección General de Desarrollo Sostenible. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía
- Dole-Olivier, M. J., Galassi, D. M. P., Marmonier, P., & Creuzé des Châtelliers, M. (2000). The biology and ecology of lotic microcrustaceans. *Freshwater biology*, 44(1), 63-91.
- Dole-Olivier, M. J., Galassi, D. M. P., Marmonier, P., & Creuzé des Châtelliers, M. (2000). The biology and ecology of lotic microcrustaceans. *Freshwater biology*, 44(1), 63-91.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 375 de 404

- Donato, Ch; Duque S.; Monsejo, L. (2005). Estructura y Dinámica del Fitoplancton de la laguna de Fúquene (Cundinamarca, Colombia). Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Volumen_16 (62): 113-144.
- Dumont, H.J. 1977. Biotic factors in the population dynamics of rotifers. Archiv fur Hydrobiologie. 8:98-122.
- Dumont, H.J. 1977. Biotic factors in the population dynamics of rotifers. Archiv fur Hydrobiologie. 8:98-122.
- Dwirastina, M., & Ditya, Y. C. (2021, October). Sepat Siam fish community (Trichopodus pectoralis Regan, 1910) in Semayang Lake, East Kalimantan. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 890, No. 1, p. 012069). IOP Publishing.
- Díaz-Quiroz, K & Rivera-Rendón, C. (2004). Diatomeas De Pequeños Ríos Andinos Y Su Utilización Como Indicadoras De Condiciones Ambientales. Caldasia 26(2): 381-394.
- Edmondson, W.T. 1959. Freshwater Biology. 2ª ed. John Wiley. Nueva York. 1248 pp.
- Edmondson, W.T. 1959. Freshwater Biology. 2ª ed. John Wiley. Nueva York. 1248 pp.
- Eigenmann, C.N. 1922. The fishes of the North western South America. Mem. Cam. Mus, 9(1):1-348.
- Epler, JH (2001). *Manual de identificación de las larvas de Chironomidae (Diptera) de Carolina del Norte y del Sur* (p. 526). Crawford, Carolina del Sur: John H. Epler.
- Erseus, C. y Gustavsson, L. (2002). Una propuesta para considerar a la antigua familia Naididae como una subfamilia dentro de Tubificidae (Annelida, Clitellata). Hydrobiologia 485 (1-3): 253-256.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 376 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Escobar S.M., Ossa O.P., Quintana M., Ospina A. (2013). Optimización de un protocolo de extracción de quitina y quitosano desde caparazones de crustáceos. *Revista Scientia et Technica*, 18(1), 260-266.
- Farfán, G. M. (2016). Las diatomeas del perifiton de la cuenca del guadalquivir y sus implicaciones en el diagnóstico de la calidad del agua (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
- Farfán, G. M. (2016). Las diatomeas del perifiton de la cuenca del guadalquivir y sus implicaciones en el diagnóstico de la calidad del agua (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
- Fernandes VO. (2005). Perifiton: conceitos e aplicações da limnologia à engenharia. In: Roland F. (ed). São Carlos: Lições de limnologia. pp. 351-70
- Finlayson, C. (1984): Short-term responses of young *Typha domingensis* and *T. orientalis* plants to high level potassium chloride. *Aquatic Botany* 20:75-85.
- Flores, E., Villalobos, N., Piedra, L., & Scholz, C. (2017). Evaluación breve de la presencia de diatomeas y su relación con algunos parámetros físico-químicos en el río Pirro, Heredia, Costa Rica . *Uniciencia*, vol. 31, núm. 2.
- Flowers, R. W., & De la Rosa, C. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58, 63-93.
- Flowers, R. W., & De la Rosa, C. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58, 63-93.
- Frimodt, C. (1995). Multilingual illustrated guide to the world's commercial warmwater fish. Fishing News Books, Osney Mead, Oxford, England. 215 p
- Gabito, L., S. Bonilla & D. Antoniades. (2013). Paleolimnological reconstruction of change in a subtropical lake: a comparison of the subfossil record to limnological data. *Limnética*, 32 (2): 175-188



- Gabito, L., S. Bonilla & D. Antoniades.(2013). Paleolimnological reconstruction of change in a subtropical lake: a comparison of the subfossil record to limnological data. *Limnética*, 32 (2): 175-188
- Gallo-Sánchez, L. J., Aguirre-Ramírez, N. J., Palacio-Baena, J. A., & Ramírez–Restrepo, J. J. (2009). ZOOPLANKTON (ROTIFERA Y MICROCRUSTACEA) Y SU RELACIÓN CON LOS CAMBIOS DEL NIVEL DEL AGUA EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL, CÓRDOBA, COLOMBIA/Zooplankton (Rotifera and Microcrustacea) and its relationship with the level water changes in Ayapel floodplain lake (Córdoba) Colombia. *Caldasia*, 339-353.
- Gallo-Sánchez, L. J., Aguirre-Ramírez, N. J., Palacio-Baena, J. A., & Ramírez–Restrepo, J. J. (2009). ZOOPLANKTON (ROTIFERA Y MICROCRUSTACEA) Y SU RELACIÓN CON LOS CAMBIOS DEL NIVEL DEL AGUA EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL, CÓRDOBA, COLOMBIA/Zooplankton (Rotifera and Microcrustacea) and its relationship with the level water changes in Ayapel floodplain lake (Córdoba) Colombia. *Caldasia*, 339-353.
- Galvis, G., J. Mojica, F. Provenzano, C. Lasso, D. Taphorn, R. Royero, C. Castellanos, A. Gutiérrez, M. Gutierrez, y López, L. M. Mesa, P. Sánchez y C. Cipamocha. 2007. Peces de la Orinoquia Colombiana con énfasis en especies de interés ornamental. Incoder. Universidad Nacional. SINCHI. Bogotá, Colombia. 425 pp.
- Galvis, G; Mojica, J; Camargo, M. Santafé de Bogotá, D C. Peces del Catatumbo. 1997. Asociación Cravo Norte. D"Vinni Editorial Ltda.
- García Alzate Roberto J., C. A. García-Alzate & Álvaro Botero-Botero. 2009. Composición, estacionalidad y hábitat de los peces de la quebrada Cristales, afluente del Río la Vieja, Alto Cauca, Colombia. *rev. invest. univ. quindio* (19): 115-121.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 378 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Gordillo Guerra, J. G. (2014). Composición y estructura de la comunidad fitoperifítica de la cuenca del río Alvarado, Tolima Colombia.
- Gordillo Guerra, J. G. (2014). Composición y estructura de la comunidad fitoperifítica de la cuenca del río Alvarado, Tolima Colombia.
- GREEN J (1994) The temperate-tropical gradient of planktonic protozoa and rotifera. Hydrobiologia 272: 13-26.
- Guevara, M, F, y Ramírez, L, 2015, Eichhornia crassipes, su invasividad y potencial fitorremediador, La Granja: Revista de Ciencias de la Vida, Vol, 22(2): 5-11, ISSNp: 1390-3799, ISSNe: 1390-8596,
- Giannuzzi, L. (2009). Cianobacterias y cianotoxinas: identificación, toxicología, monitoreo y evaluación de riesgo.
- Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2013). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 18 de febrero de 2022.
- Guiry, M.D., Guiry, G.M. (2020). World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Recuperado el 12 de junio de 2020 en <http://www.algaebase.org>
- Guiry, M.D. y Guiry, G.M. (2020). World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Recuperado el 6 de julio de 2020 en <http://www.algaebase.org>
- Gutiérrez, F. de P., C. A. Lasso, M. P. Baptiste, P. Sánchez-Duarte y A. M. Díaz. (Eds). 2012. VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 335 pp.

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 379 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Graham, L. E., Wilcox, L. W. y Graham, J. (2016). Algae. (3rd ed.), San Francisco: Pearson Education Inc., Pearson Benjamin Cummings.
- Heidelberg K., Sebens, K. Pursell. J, (2004). Composition and sources of near reef zooplankton on a Jamaican forereef along with implications for coral feeding. Coral Reefs volume 23, pages 263-276.
- Humes, A. G. 1994. How many copepods? Hydrobiologia, 292/293: 1-7.
- Horner, R. R. & E. B. Welch, 1981. Stream periphyton development in relation to current velocity.
- Hillebrand, H., Durselen, C. D., Kirchstel, D., Pollingher, U., Zohary, T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. J. Phycol, 35, 403 - 424.
- Locity and nutrients. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 449-457.
- Jaramillo-Villa. 2005. Actividad pesquera de la ciénaga de Tumarado. Tesis de pregrado, para obtener título de biólogo. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.
- Jiménez-Prado P., F. Vásquez, D. Rodríguez-Olarte, D. Taphorn. 2020. Efectos de la especie invasora *Poecilia gillii* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) sobre *Pseudopoecilia fria* en ríos costeros de la región del Chocó, Ecuador. Rev. biol. trop vol.68 no.1.
- Jiménez-Segura Luz F., Juan D. Carvajal-Quintero, Néstor Aguirre. 2010. LAS CIÉNAGAS COMO HÁBITAT PARA LOS PECES: ESTUDIO DE CASO EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL (CÓRDOBA), COLOMBIA. Actual Biol 32 (92): 53-64.
- Jiménez-Segura, L. F., C. Granado-Lorencio, F. Alvarez-Bustamante, y A. Gulfo. 2009a. Uso tradicional de los recursos naturales pesqueros y conservación de la biodiversidad en regiones tropicales en desarrollo: hacia un modelo de ecología de la reconciliación. Informe final, Universidad de Antioquia, Universidad de Sevilla, Agencia Española de Cooperación Internacional. Medellín. 87 pp.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 380 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Jeong, H. & Latz, M. (1994). Growth and grazing rates of the heterotrophic dinoflagellates *Protoperidinium* spp. on red tide dinoflagellates. *Marine Ecology Progress Series*, 106, 173-185. <http://dx.doi.org/10.3354/meps106173>
- Jones, Ji, Moss, B., Eaton, Jw & Young, Jo (2000). ¿Las plantas acuáticas sumergidas influyen en la composición de la comunidad de perifiton en beneficio de los mutualistas de invertebrados? *Biol de agua dulce*. 43 (4): 591-604
- Junk, W. J. (1977). The invertebrate fauna of the floating vegetation of Bung Borapet, a reservoir in central Thailand. *Hydrobiologia*, 53(3), 229-238.
- Kelly, M. Bennion, H. Cox, E. Gold-smith, J. Jamieson, D. Juggins, S. Mann, D. Telford, J. 2005. Common fresh-water diatoms of Britain and Ireland: an interactive key (electronic publication). Retrieved from the Environment Agency, Bristol, England, United Kingdom: <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/index.html>.
- Kilham, P. y R. E. Hecky. 1988. Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. *Limnology and Oceanography* 33:776-795
- Kilham, P. y R. E. Hecky. 1988. Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. *Limnology and Oceanography* 33:776-795
- Komárek J. (1992). Diversita a moderní klasifikace sinic (Cyanoprocaryota) [Diversity and modern classification of Cyanobacteria (Cyanoprokaryota). Inaugural Dissertation.
- Lagarejo, R. M. 2005. Relación longitud -peso de la sardina robicolorada *Astyanax fasciatus*, en la Subceunca del río Cabí, Quibdó - Chocó. Pp. 291-294. En: Rivas, T., C. Rincón y H. Mosquera (Eds.). *Memorias VIII Simposio Colombiano de Ictiología*. Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Cordoba", Acictios. Quibdó, Colombia.

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 381 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- LANE, C. R. & M. T. BROWN. 2007. Diatoms as indicators of isolated herbaceous wetland condition in Florida, USA. *Ecological Indicators*, 7: 521– 540.
- Lasso, C. A. (2011). Caracol malayo, *Thiara tuberculata* (Müller, 1774). Pp. 406. En: Lasso, C. A. y P. Sánchez-Duarte. Los peces del delta del Orinoco. Diversidad, uso y conservación. CHEVRON, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, Venezuela.
- Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma Oviedo, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Editores). 2011. I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp.
- Lasso, C. A., Morales-Betancourt, M. A., Vela-Ardila, M. L., & Linares, E. L. (2019). XVII. Moluscos dulceacuícolas de Colombia. *Obra completa: Linares, EL, CA Lasso, ML Vera-Ardila y MA Morales-Betancourt. 2018. XVII. Moluscos dulceacuícolas de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, DC, Colombia. 326 pp.*
- Lasso, C., J. I. Mojica, J. S. Usma, J. Maldonado, C. DoNascimento, D. Taphorn, F. Provenzano, O. Lasso-Alcalá, G. Galvis, L. Vasquez, M. Lugo, A. Machado-Allison, R. Royero, C. Suarez y A. Ortega-Lara. 2004. Peces de la cuenca del río Orinoco. Parte I: Lista de especies y distribución por subcuencas. *Biota Colombiana* 5 (2): 95-158.
- Lenihan, H. S., & Micheli, F. (2001). Soft-sediment communities. *Marine community ecology*, 253-287.



- Letelier, S., Ramos, A. M., & Huaquín, L. G. (2007). Moluscos dulceacuícolas exóticos en Chile. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78, 9-13.
- Liukkonen, M., T. Kairesalo & E. Y. Haworth. (1997). Changes in the diatom community, including the appearance of *Actinocyclus normanii* f. subsalsa, during the biomanipulation of Lake Vesijärvi, Finland. *European Journal of Phycology*, 32: 353- 36
- Liukkonen, M., T. Kairesalo & E. Y. Haworth. (1997). Changes in the diatom community, including the appearance of *Actinocyclus normanii* f. subsalsa, during the biomanipulation of Lake Vesijärvi, Finland. *European Journal of Phycology*, 32: 353- 36
- López Armengol, M. F. (1985). *Estudio sistemático y bioecológico del género Potamolithus (Hydrobiidae) utilizando técnicas de taxonomía numérica* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- López, F., & Altamirano, M. (2011). Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur. México D.F.: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- López, J., Manzano, M., Hurtado, M., Piña, P., Hernandez, O., Zatarian, O., & Hernandez, F. (2016). Fitoplancton: pequeños centinelas del Océano. *Ciencias*, 1- 9.
- Magurran, A.E. (1989), 1ª edición. Ediciones Vedra, Barcelona- España.
- Maldonado-O. J. A., et al. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 52 p.
- Maldonado-Ocampo, J. A., J. S. Usma, F. A. Villa-Navarro, A. Ortega- Lara, S Prada- Pedreros, L. F. Limenez, U. Jaramillo- Villa, A Arango. T. Rivas y G. C. Sánchez. 2012. Peces Dulceacuícolas del Chocó Biogeográfico de Colombia. WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 383 de 404

Humboldt (IAvH), Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C., Colombia.

- Maldonado-Ocampo, J. A., R. P. Vari y J. S. Usma. 2008. Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9 (2): 143-237.
- Mangas, E. & H. García. 1991. Seasonal fluctuations of zooplankton biomass in Lake Xólotlan (Managua). *Hydrobiological Bulletin* 24(2):157-162.
- Mangas, E. & H. García. 1991. Seasonal fluctuations of zooplankton biomass in Lake Xólotlan (Managua). *Hydrobiological Bulletin* 24(2):157-162.
- Margalef, R. (1995), *Ecología*, Omega, Barcelona, España, 951 p,
- Margalef, R. (1983). *Limnología* (Vol. 1009). Barcelona: Omega.
- Margalef, R. (1983). *Limnología* (Vol. 1009). Barcelona: Omega.
- Margalef, R. (1983). *Limnología* (Vol. 1009). Barcelona: Omega.
- Margalef, R. (1983). *Limnología* (Vol. 1009). Barcelona: Omega.
- Margalef, R. (1983). *Limnología* (Vol. 1009). Barcelona: Omega.
- Margalef, R. (1986). *Limnología del lago Enriquillo* (República Dominicana). *Oecologia aquatica*, 8(8), 1-10.
- Margalef, R. (1986). *Limnología del lago Enriquillo* (República Dominicana). *Oecologia aquatica*, 8(8), 1-10.
- Margalef, R. (1986). *Limnología del lago Enriquillo* (República Dominicana). *Oecologia aquatica*, 8(8), 1-10.
- Margalef, R. (1986). *Limnología del lago Enriquillo* (República Dominicana). *Oecologia aquatica*, 8(8), 1-10.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 384 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Margalef, R. (1995). Ecología. Omega. Barcelona, España. 951 p.
- Margalef, R. (1995). Ecología. Omega. Barcelona, España. 951 p.
- Martins-Silva, MJ. y Barros, M., (2001). Presencia y distribución de moluscos de agua dulce en la cuenca del arroyo Riacho Fundo, Brasilia, Brasil. *Revista de Biología Tropical* , vol. 49, pág. 3, pág. 865-870
- Martins-Silva, MJ. y Barros, M., (2001). Presencia y distribución de moluscos de agua dulce en la cuenca del arroyo Riacho Fundo, Brasilia, Brasil. *Revista de Biología Tropical* , vol. 49, pág. 3, pág. 865-870
- Matsumura-Tundisi, T., & Tundisi, J. G. (2005). Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). *Hydrobiologia*, 542(1), 367-378.
- Matsumura-Tundisi, T., Rietzler, A. C., Espindola, E. L., Tundisi, J. G., & Rocha, O. (1990). Predation on *Ceriodaphnia cornuta* and *Brachionus calyciflorus* by two *Mesocyclops* species coexisting in Barra Bonita reservoir (SP, Brazil). In *Intrazooplankton Predation* (pp. 141-151). Springer, Dordrecht.
- McLusky D.S., Elliott M (2005) The estuarine ecosystem: Ecology, threats and management. 3rd Ed. Oxford University Press, Oxford.
- Mojica C., J. I. (1999) Lista preliminar de las especies dulceacuícolas de Colombia *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23 (Suplemento especial): 547-566.
- Mojica José Iván, Mauricio Valderrama, Carlos Barreto & Ricardo Álvarez-León 2012. *Prochilodus magdalenae*. Pp. 154. En: Mojica, J. I.; J. S. Usma; R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. 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 pp.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 385 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Mojica, J. I., C. Castellanos, J. S. Usma y R. Álvarez-León (Eds). 2002. Libro Rojo de Peces Dulceacícolas de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá.
- Montoya Moreno, Yimmy; Aguirre R., Néstor Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia Gestión y Ambiente, vol. 16, núm. 3, diciembre, 2013, pp. 91-117 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia.
- Morales J. & Garcia-Alzate. 2018. Ecología trófica y rasgos ecomorfológicos del pez *Triportheus magdalenae* (Characiformes: Triportheidae) en el embalse El Guájaro, río Magdalena, Colombia. Rev. biol. trop vol.66 n.3 San José.
- Morales, V.S. y Salazar, S.M. (2012). Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). Rev. Luna Azul 35:10-27.
- Morales, V.S. y Salazar, S.M. (2012). Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). Rev. Luna Azul 35:10-27.
- Morales, V.S. y Salazar, S.M. (2012). Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia). Rev. Luna Azul 35:10-27.
- Moreno, P. (2002). Taxocenosis Anellida-Mollusca-Crustacea asociada a las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* L. *San Andrés Isla, Caribe colombiano. Trabajo de pregrado Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.*
- Moreno, Y. M., & Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. Gestión y Ambiente, 16(3), 91-117.
- Moreno, Y. M., & Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. Gestión y Ambiente, 16(3), 91-117.

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 386 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Mosquera-Murillo, Zuleyma, (2018), Insectos acuáticos asociados a Eichhornia azurea (Schwartz) Kunth en ciénagas del río Atrato, Chocó - Colombia, Revista colombiana de ciencia animal recia, 10(1), 15-24, <https://doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.533>
- Moschini-C, Pompêo M, Henry ER. Periphyton on Natural Substratum in the Jurumirim reservoir (São Paulo, Brasil): Community Biomass and Primary Productivity. Intern J Ecol. Envir Sci. 2001; 27:171-177. Doi: 10.1023/A:1004086623922
- Montoya, Y., & Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. Gestión y Ambiente, Vol. 16 , 91-117.
- Murillo, Z. M., & Mosquera, M. M. M. (2017). Diversidad de la entomofauna acuática y calidad de agua en quebradas del río San Juan, Chocó-Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 149-161.
- Ndifon GT, Ukoli FMA (1989). Ecología de caracoles de agua dulce en el suroeste de Nigeria. I: Distribución y preferencias de hábitat. *Hydrobiologia* 171 : 231-253.
- Ndifon, G. T., & Ukoli, F. M. A. (1989). Ecology of freshwater snails in south-western Nigeria. I: Distribution and habitat preferences. *Hydrobiologia*, 171(3), 231-253.
- Ndifon, G. T., & Ukoli, F. M. A. (1989). Ecology of freshwater snails in south-western Nigeria. I: Distribution and habitat preferences. *Hydrobiologia*, 171(3), 231-253.
- OGDEN CG (1991) Gas vacuole and flotation in the testate amoeba *Arcelia discoidea*. *Journal of Protozoology* 38: 269-270.
- Ortega-Lara. 2004. Continuación de las características de la ictiofauna nativa de los ríos faltantes de la cuenca alta del río cauca. Informe corporación autónoma regional del cauca CRC. Popayan. Colombia. 210p.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 387 de 404

- ORTIZ-LERÍN, R. & CAMBRA, J. 2007. Distribution and taxonomic notes on Eunotia Ehrenberg 1837 (Bacillariophyceae) in rivers and streams of Northern Spain. *Limnética* 26 (2): 415-434. (AEP, ESP, Diatomophyceae, Tax, Corol).
- Oviedo-Machado, N., & Reinoso-Flórez, G. (2018). Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1).
- Oyague-Passuni Eduardo y Maldonado-Fonkén. (2015). «Relationships between aquatic invertebrates, water quality and vegetation in an Andean peatland system». *Mires and Peat* Vol. 15. 1-21.
- Oliva-Martínez, M. G., Ramírez-Martínez, J. G., Garduño-Solórzano, G., Cañetas-Ortega, J., & Ortega, M. M. (2005). Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México. *Hidrobiológica*, 15(1), 01-26.
- PAGGI, J., & S. JOSÉ DE PAGGI. 1990. Zooplankton de ambientes lóticos e lénticos do río Paraná. *Acta Limnol. Brasil*. 3: 685-719.
- Paraense, W. (2003). Planorbidae, Lymnaeidae and Physidae of Peru (Mollusca: Basommatophora). *Memorias Instituto Oswaldo Cruz*
- Patitucci, L. D. (2010). *Muscidae (Insecta: Diptera) de la provincia de Buenos Aires. Composición específica y estacionalidad* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Payne Ai. The ecology of tropical lakes and rivers. Londres: John Wiley & Sons; 1986.
- Peinador, Mariano. Las cianobacterias como indicadores de contaminación orgánica. *Rev. biol. trop* [online]. 1999, vol.47, n.3, pp.381-391.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 388 de 404

- Peña, E. J. & M. L. Palacios. 2009. El régimen de caudal y su influencia en las comunidades del perifiton. Cap. 8. págs. 199-223. en: J. R. Cantera, Y. Carvajal & L. M. Castro. Caudal ambiental. Conceptos, experiencias y desafíos. Universidad del Valle. Cali.
- Pérez, K.E., S.A. Clark & L. Charles. 2004. Freshwater gastropod identification workshop "Showing your shells". Universidad de Alabama. Tuscaloosa, Alabama, EEUU. (También disponible en línea: www.cofc.edu/~dillonr/FMCSGastropodID.pdf).
- Pérez-Eiriz, M., M. Pubillones, V. Romanenko y J. Plasencia (1989a): Características microbiológicas de los embalses La Fe, Del Medio Las Nuevas y Viet Nam Heróico en la Isla de la Juventud. Ed: Academia, La Habana, 56p.
- Perkins, J. L. (1983). Bioassay evaluation of diversity and community comparison indexes. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 522-530.
- Perkins, J. L. (1983). Bioassay evaluation of diversity and community comparison indexes. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 522-530.
- Petridis, D. (1993). Distribución de macroinvertebrados a lo largo de un gradiente de contaminación orgánica en el lago Lysimachia (Grecia occidental). *Archiv für Hydrobiologie*, 128 (3), 367-384.
- Pinilla, G. (2000), Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia, Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano,
- Pinilla, G. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Pinilla, G. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited

	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 389 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Pinilla, G. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. *Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.*
- Pinilla, G. A., 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 67 P
- Pinilla G. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Centro de Investigaciones Científicas, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Pp 67
- Peralta, P., & Fuentes, V. (2005). Fitobentos, fitoplancton y zooplancton litoral del bañado de Carilauquen, Cuenca de Llanquihue, Mendoza, Argentina. *Limnetica*, 24(1-2), 183-198.
- Planquette, P., P. Keith and P.-Y. Le Bail, 1996. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane. Tome 1. Collection du Patrimoine Naturel Volume 22, MNHN, Paris & INRA, Paris. 429 p.
- Pointier JP, David P. (2004). Biological control of *Biomphalaria glabrata*, the intermediary
- Potapova, M. G., & Charles, D. F. (2002). Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of biogeography*, 29(2), 167-187.
- Pointier JP, David P. (2004). Biological control of *Biomphalaria glabrata*, the intermediary host of schistosomes, by *Marisa cornuarietis* in ponds of Guadalupe: long-term impact on the local snail fauna and aquatic flora. *Biological Control*;29:81-9.
- Quirós, J. A., Arias, J. E., & Rodríguez, E. R. (2017). Gastrópodos asociados a *Eichhornia crassipes* en el complejo cenagoso del bajo Sinú (Córdoba, Colombia).





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 390 de 404

- Quiróz, J., P. Dueñas y J. Ballesteros (2010). Macroinvertebrados asociados a las raíces de *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms, en dos sectores del complejo cenagoso del Bajo Sinú, departamento de Córdoba, Colombia, ISSN: ISSN 2500-7459, Revista Asociación Colombiana Ciencias biológicas, 22, 147-57.
- Rais, A. H., Sawestri, S., & Muthmainnah, D. (2020). Dinamika pertumbuhan sepat siam (*Trichopodus pectoralis*, Regan 1910) di perairan Rawa Banjiran Patra Tani Sumatra Selatan The dynamic growth of the sepat siam (*Trichopodus pectoralis*, Regan 1910) in Patra Tani Flood Plain, South Sumatera.
- Ramírez, N., Caballero M. (2019). Género Aulacoseira. En: Diatomeas : Clase: Coscinodiscophyceae. Portal de internet del Laboratorio de Paleolimnología, Instituto de Geofísica, UNAM.
- Ramírez González, A., & Viña Vizcaíno, G. (1998). Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. *Editorial Panamericana. Bogotá, Colombia.*
- Ramírez González, A., & Viña Vizcaíno, G. (1998). Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. *Editorial Panamericana. Bogotá, Colombia.*
- Ramírez González, A., & Viña Vizcaíno, G. (1998). Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. *Editorial Panamericana. Bogotá, Colombia.*
- Ramírez, J. J. (2000). Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad de Antioquia, Colombia. 207 p.
- Ramírez, J. J. (2000). Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad de Antioquia, Colombia. 207 p.
- Ramírez, J. J. (2000). Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad de Antioquia, Colombia. 207 p.



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 391 de 404

- Reis Roberto E, Sven O. Kullander, Carl J. Ferraris Jr. 2003. Check list of the freshwater fishes of south and Central America. Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 742 p.
- Reverol, Y., Delgado, J., López, C., & Sánchez, L. (2008). Zooplankton community composition in floodplain lakes of Caura river, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 42(1), 53-72.
- Reynolds, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge. 384 p.
- Reynolds, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge. 384 p.
- Reynolds, Cs., Tundisi, Jg. And Hino, K. 1983. Observations on the metalimnetic *Lyngbya* population in a stably stratified tropical lake (Lagoa Carioca, Eastern Brazil). *Archive fur Hydrobiologie*, vol. 97, p. 7-17.
- Riato, L., & Leira, M. (2020). Heterogeneity of epiphytic diatoms in shallow lakes: Implications for lake monitoring. *Ecological Indicators*, 111, 105988.
- Riato, L., & Leira, M. (2020). Heterogeneity of epiphytic diatoms in shallow lakes: Implications for lake monitoring. *Ecological Indicators*, 111, 105988.
- Ricklefs, R. 1990. Ecology. Freeman, Nueva York, EEUU.
- Riehl, R. y HA Baensch , 1991. Aquarien Atlas. Band. 1. Melle: Mergus, Verlag für Natur-und Heimtierkunde, Alemania. 992 p.
- Ringuelet, R. A.; Arámburu, R. H. y A. Alonso de Arámburu. 1967. Los peces argentinos de agua dulce. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, 602 pp.



SERambiente[®]
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of

ALS Limited



- Rivas A.W., Gómez R.E. & Monterrosa A.J. 2010. Consideraciones generales para el estudio y monitoreo de diatomeas en los principales ríos de El Salvador. En Sermeño, J.M. & M. Springer (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos [Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA)]. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Rivas-Lara Tulia S. y Camilo E. Rincón-López. 2011. *Astyanax fasciatus*. Pp. 185. En: Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales- Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Rivas-Lara, T. S., Y. Lozano-Largacha, J. Y. Casas-Agualimpia, D. Mena-Garcia y S. P. Guerrero-Renteria. 2007. Peces. Pp. 47 – 73. En: Jimenez-Ortega, A. M., J. T. Rengifo-Mosquera, J. Asprilla-Perea y C. S. Abella-Sanclemente (Eds.). Guía de las 50 especies de fauna silvestre más comunes en la cabecera municipal de Quibdó y sus alrededores. Universidad Tecnológica del Choco. Quibdó, Colombia.
- Rivera Rondón, C. A., & Díaz Quirós, C. (2004). Grandes Taxones De Fitobentos y su Relación Con La Hidrología, Física y Química de Pequeños ríos Andinos. Universitas Scientiarum, 9, 75-86. Retrieved from <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5027>
- Rivier, A., Brownlee, D. C., Sheldon, R. W., Rassoulzadegan, F. (1985). Growth of microzooplankton: a comparative study of bacterivorous zooflagellates and ciliates. Mar. Microb. Food Webs 1: 51-60.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 393 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Robins CH (1971). Ecology of the introduced snail, *Marisa cornuarietis* (Ampullariidae) in Dade County, Florida. *Biologist* 53: 136-152.
- Romero, M. D. (2010). Atlas de Microorganismos Planctónicos Presentes en los Humedales Andaluces. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Roldan, G y Ramírez, J. (2008) Fundamentos de Limnología Neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.
- Romero, M. D. (2010). Atlas de Microorganismos Planctónicos Presentes en los Humedales Andaluces. JUNTA DE ANDALUCÍA.
- Robins CH (1971). Ecology of the introduced snail, *Marisa cornuarietis* (Ampullariidae) in Dade County, Florida. *Biologist* 53: 136-152.
- Rodrigues, L.; Bicudo, D. C. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Botany* v. 24, p. 235-248, 2001.
- Rodrigues-Capítulo, A., Tangorra, M., & Ocón, C. (2001). Use of benthic macroinvertebrates to assess the biological status of Pampean streams in Argentina. *Aquatic Ecology*, 35(2), 109-119.
- Rodrigues-Capítulo, A., Tangorra, M., & Ocón, C. (2001). Use of benthic macroinvertebrates to assess the biological status of Pampean streams in Argentina. *Aquatic Ecology*, 35(2), 109-119.
- Rodriguez D. & Rodriguez F. 1976. Contribución al estudio bioecológico de la arena. INDERENA. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/P-IND-0337/Contribucion_Estudio_Bioecologico_Arenca.pdf
- Roldan , 1996.- Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo Fen Colombia/Colciencias/Universidad de Antioquia. p. 234



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 394 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Roldan, G y Ramírez, J, (2008) Fundamentos de Limnología Neotropical, Segunda edición, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.
- Roldan, G y Ramírez, J, (2008) Fundamentos de Limnología Neotropical, Segunda edición, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.
- Roldan, G y Ramírez, J. (2008) Fundamentos de Limnología Neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.
- Roldan, G y Ramírez, J. (2008) Fundamentos de Limnología Neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.
- Roldan, G y Ramírez, J. (2008) Fundamentos de Limnología Neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.
- Roldan, G y Ramírez, J. (2008) Fundamentos de Limnología Neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.
- Roldán, P. G. y Ramírez, J. J., 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia, Medellín. 2 a Ed. 440 P.
- Roman, M.R. 1991. Pathways of carbon incorporation in marine copepods: effects of development stage and food quality. Limnol.Oceanog. 36: 796-807.
- Román-Valencia Cesar & Perdomo Alvaro. 2004. Ecología trófica y reproductiva de *Argopleura magdalenensis* (Pisces: Characidae) en la cuenca alta de 10s Rios Cauca y Magdalena, Colombia. Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s. 611): 175-182, Buenos Aires, ZSSN 1514-5158.
- Román-Valencia Cesar. 2004. Datos bioecológicos del peje sapo *Pseudopimelodus zungaro* (Pisces: Pimelodidae) de los ríos Atrato y La Vieja, Alto Cauca, Colombia. Uahlio (Rev Asoc. Colomb. Ictiol.) 7: 29-31.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 395 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Rombouts, I., Beaugrand, G., Ibanez, F., Gasparini, S., Chiba, S., & Legendre, L. (2010). A multivariate approach to large-scale variation in marine planktonic copepod diversity and its environmental correlates. *Limnology and oceanography*, 55(5), 2219-222.
- Salomón, S., Rivera-Rondón, C. A., & Zapata, Á. M. (2020). Floraciones de cianobacterias en Colombia: estado del conocimiento y necesidades de investigación ante el cambio global. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 376-391.
- Sánchez-Guillén, N. A. (2 de 07 de 2021). Larva nauplio, características, desarrollo y alimentación. Obtenido de <https://invertebrados.animalesbiologia.com/informacion/larva-nauplio-nauplius>
- Salomón, S., Rivera-Rondón, C. A., & Zapata, Á. M. (2020). Floraciones de cianobacterias en Colombia: estado del conocimiento y necesidades de investigación ante el cambio global. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 376-391.
- Sánchez, R., (2011) Evaluación del humedal artificial de la hostería Cuicocha, utilizado para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Sartori, L.P., M.G. Nogueira, R. Henry & E.M. Moretto. (2009). Phytoplankton fluctuations in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil): a three-year study. *Brazilian Journal of Biology* 69(1):1-18.
- Sartori, L.P., M.G. Nogueira, R. Henry & E.M. Moretto. 2009. Phytoplankton fluctuations in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil): a three-year study. *Brazilian Journal of Biology* 69(1):1-18.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 396 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Sommer, U. 1985. Comparación entre constante Competencia estatal y no estable: Experimentos con fitoplancton natural. Limnología y Oceanografía 30(2):335-346
- Scagel RF, Bandoni RJ, Maze JR, Rouse GE, Schofield WB and Stein JR (1987) El Reino Vegetal: los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. Ed. Omega, S.A., Barcelona, España. 778 Pp.
- Scheffer, M. 1998. Ecology of shallow lakes. Champman & Hall, London, UK.
- Shiah, F.K., Kao, S.J., Gong, G.C., Liu, K.K., 1996. Spatial variability of phytoplankton production and the implications of its controlling mechanisms in the coastal zone near the river mouth of the Lanyang Hsi. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 37, 9-15
- Seeligmann, C.; Tracanna, B.; Martínez, S. e Isasmendi, S. (2001). Algas fitoplanctónicas en la evaluación de la calidad del agua de sistemas lóticos en el noroeste argentino. Limnética, 20(1), 123-133.
- Segnini, S. 2003. El Uso De Los Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotropicos 16: 45-63.
- Segnini, S. 2003. El Uso De Los Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotropicos 16: 45-63.
- Sendacz, S. 1993. Distribuição geográfica de alguns organismos zooplanctônicos na América do Sul. Acta Limnol. Brasil 6: 31-41.
- SHAFFER, M. (1998). Ecology of Shallow lakes. Chapman and Hall, London
- Sharma, R.C. (1986): Effect of physicochemical factors on benthic fauna of Bhagirathi River, Garhwal Himalayas. Ind. J. Ecol. 13: pp 133-137





- Sharma, RC y Rawat, JS (2009). Monitoreo de macroinvertebrados acuáticos como bioindicador para evaluar la salud de los humedales: un estudio de caso en el Himalaya central, India. *Indicadores ecológicos*, 9 (1), 118-128. doi: 10.1016 / j.ecolind.2008.02.004
- Stevenson RJ, Bothwell ML, Lowe RL, editors. *Algal Ecology - Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press. USA; 1996. 788 p.
- Sladecek, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-171.
- Sládecek, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia* 100: 169-201.
- SO Kullander. (2003). Familia Cichlidae. En: Reis RE, Kullander SO, Ferraris Jr CJ (editores). *Lista de verificación de los peces de agua dulce de América del Sur y Central*. Porto Alegre (Brasil): Editora da Pontifícia Universidade católica do Rio Grande do Sul-EDIPUCRS. pag. 605-654
- Steindachner, F. 1878 Zur Fischfauna des Magdalenen-Stromes. *Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Wien* v. 15 (no. 12): 88-91. [Most species date to this abstract of Steindachner 1879.
- Suarez-Morales, E. 2000. Copépodos, seres ubicuos y poco conocidos. *CONABIO. Biodiversitas* 29:7-11.
- Suarez-Morales, E. 2000. Copépodos, seres ubicuos y poco conocidos. *CONABIO. Biodiversitas* 29:7-11.
- Svensson, J. M. (1997). Influence of *Chironomus plumosus* larvae on ammonium flux and denitrification (measured by the acetylene blockage-and the isotope pairing-technique) in eutrophic lake sediment. *Hydrobiologia*, 346(1), 157-168.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 398 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Sommer, U. 1985. Comparación entre constante Competencia estatal y no estable: Experimentos con fitoplancton natural. Limnología y Oceanografía 30(2):335-346
- Spaulding, S., E dlund, M. (2009). Amphipleura. In Diatoms of North America. Recuperado el 20 de junio 2020, en [https:// diatoms.org/genera/amphipleura](https://diatoms.org/genera/amphipleura)
- Takamura, N., Ito, T., Ueno, R., Ohtaka, A., Wakana, I., Nakagawa, M., ... & Nakajima, H. (2009). Environmental gradients determining the distribution of benthic macroinvertebrates in Lake Takkobu, Kushiro wetland, northern Japan. *Ecological research*, 24(2), 371-381.
- Thomaz, S.M. & Cunha, E.R. (2010). The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnol. Bras.* 22(2):218-236.
- Thompson, F.G. (2004). Freshwater snails of Florida. A manual for identification. University of Florida, Gainesville, Florida, EEUU (También disponible en línea: www.flmnh.ufl.edu/malacology/fl-snail/snails1.htm).
- Thompson, F.G. 2004. Freshwater snails of Florida. A manual for identification. University of Florida, Gainesville, Florida, EEUU (También disponible en línea: www.flmnh.ufl.edu/malacology/fl-snail/snails1.htm).
- Treviño, I. F. (2008). Estudios taxonômicos en algas verdes cicales del sur de España. 324 p. Tese de Doctorado, Universidad de Granada, España.
- Taylor J, F, R. M. Hoppenrath y J. F. Saldarriaga. (2008). Dinoflagellate. Diversity and distribution. *Biodivers conserv.*, 17, 407-418.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 399 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Uherkovich, G. y H. Rai. (1979). Aigen aus dem Río Negro und seinen Nebenflüssen. Amazoniana, 6, 611-638.
- Unavarra, es, Herbario de la universidad pública de Navarra, familia Cyperaceae [monocotiledóneas], Disponible en <https://www.unavarra.es/herbario/htm/Cyperaceae.htm>, Consultado 2022-04-14
- Valdelamar Villegas, J. C. (2018). Apuntes sobre la importancia ecológica, ambiental y social de la arenca Triportheus magdalenae (Steindachner, 1878). Un ejemplo de endemismo invisibilizado. *Intropica*, 13(2), 152-165.
- Valderrama Barco Mauricio, Luz F. Jiménez-Segura, Silvia López-Casa, Tulia S. Rivas, Camilo E. Rincón, Sandra Nieto-Torres, Ginna González-Cañón, Ivonne Galvis-Galindo, Sandra Hernández Barrero y Fredy Salas Guzmán. 2010. Prochilodus magdalenae. Pp. 304. En: Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Valderrama, M., L. F. Jiménez-Segura, S. López-Casas, T. S. Rivas, C. E. Rincón, S. Nieto-Torres, G. González-Cañón, I. Galvis-Galindo, S. Hernández y F. Salas. 2011c. Prochilodus magdalenae (Characiformes, Prochilodontidae). Capítulo 7. Pp. 305-311. En: Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de P. Gutiérrez, J. S. Usma Oviedo, S. E. Muñoz Torres, A. I. Sanabria Ochoa (Eds.) I. Catálogo de los Recursos Pesqueros Continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 400 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Vargas-Tisnes, I. C. 1989. Inventario preliminar de la ictiofauna de la hoya hidrográfica del Quindío. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Editorial Ignográfica. Armenia, Colombia. 96 pp.
- Vari, R. P. 1992. Systematics of the neotropical Characiform genus Cyphocharax Fowler (Pisces: Ostariophysi). Simthsonian Contributions to Zoology 529: 1-148.
- Vari, RP. (1995). La familia de peces neotropicales Ctenoluciidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): relaciones filogenéticas supra e intrafamiliares, con un estudio de revisión. Smithson. Contr. Zool. núm. 564, 97 pág
- Velasco. J. L. 2006. ROTÍFEROS DE LA COMUNIDAD DE MADRID. Depto. de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), José Gutiérrez Abascal, 2; E27006 Madrid.
- Velásquez, L. E., Bedoya, J. C., Areiza, A., & Vélez, I. (2006). Primer registro de Centrocestus formosanus (Digenea: Heterophyidae) en Colombia. *Revista mexicana de biodiversidad*, 77(1), 119-121.
- Visita a la página web: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. las fechas 2 y 3 de julio del 2015.
- Visita a la página web: <http://www.elacuario.org/pez/roeboides-dayi>. las fechas 2 y 3 de julio del 2015.
- Wacklin, P., L. Hoffmann & J. Komárek, 2006. Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus Dolichospermum (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. nova. *Fottea* 9(1): 59-64.
- Wanganeo, A., Kumar, P., Wanganeo, R. y Sonauallah, F. (2011). Variación de la población bentónica en dos cuencas del humedal de Bhoj, Bhopal. *Revista internacional de ciencias ambientales*, 1 (7), 2-004.



	INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS	Código: FO-PO-PSM-74-01 Versión: 03 Fecha: 07/09/2023 Página 401 de 404
	OT-8933-2-B-XXXX	

- Westfall, M. J. and May, M. L. (1996). Damselflies of North America. Scientific Publishers, Gainesville, FL.
- Westfall, M. J. and May, M. L. (1996). Damselflies of North America. Scientific Publishers, Gainesville, FL.
- Wetzel RG. (2001). Limnology: Lake and river ecosystems. 3a ed. Academic Press. San Diego, E.U. A.
- Wetzel, R. 1983. 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. 346 pp.
- Wetzel, R. 1983. 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. 346 pp.
- Whitton, B. 1992. Diversity, ecology and taxonomy of the cyanobacteria. In: Mann N, Carr N, Eds. Photosy. proka. Plenum Press; pp. 1-37.
- Whitton, B.A. & E. Rott. 1996. Use of algae for monitoring rivers II. E. Rott, Publisher, Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Innsbruck, Austria
- WiCkSteAd, J. H. 1979. Zooplankton marino. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 70 p
- Wiens, J. J. & Graham, C. H. (2005). Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 36, 519-539. doi:10.1146/annurev.ecolsys.36.102803.095431.
- Wetzel, R. & G. E. Likens. 2000. Limnological Analyses, 3rd. Edition. Springer-Verlag.





**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE
CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDADES
HIDROBIOLÓGICAS**

OT-8933-2-B-XXXX

Código: FO-PO-PSM-74-01

Versión: 03

Fecha: 07/09/2023

Página 402 de 404

- Zuloaga, F. O. y O. Morrone. 2005. Revisión de las especies de Paspalum para América del Sur austral (Argentina, Bolivia, sur del Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Monogr.Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 102: 1-297.

○



SERambiente®
Servicios de Ingeniería Ambiental

part of
ALS Limited

8. ANEXOS

A continuación, en la **Tabla 229** se presentan los anexos del presente informe técnico.

Tabla 229. Anexos del informe técnico.

Anexo	Laboratorio	Archivo	Páginas
Anexo 1. reporte de laboratorio	SERAMBIENTE S.A.S	Reporte SERAMBIENTE S.A.S.	
Anexo 2. Formatos de campo		Cadena de custodia	
		Plan de monitoreo y planillas de campo	
Anexo 3. Resolución de acreditación del IDEAM		Resolución 2577 de 2023	30
		Prorroga	2
Anexo 4. Registro fotográfico			
Anexo 5. Hoja de cálculo incertidumbre			

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023.





9. HISTÓRICOS DE CAMBIOS

Tabla 230. Históricos de cambios.

Versión	Fecha	Descripción de la modificación	Revisado por	Aprobado por

(FIN DEL INFORME)

