



Informe HB-0408 2025

**CARACTERIZACIÓN DE LOS ENSAMBLAJES HIDROBIOLÓGICOS EN CUERPOS
DE AGUA SUPERFICIAL DE MAYOR IMPORTANCIA DEL DEPARTAMENTO DEL
ATLÁNTICO (COLOMBIA) EN EL PERÍODO SECO**

CAMPAÑA 2 (FEBRERO Y MARZO DE 2025)

CLIENTE: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO – CRA

NIT: 802000339

Dirección: CALLE 66 # 54 43 - BARRANQUILLA

Teléfono: 6053490649

Barranquilla, 06 de junio de 2025

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 2 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Contenido

1.	INTRODUCCION	10
2.	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivo general	11
2.1.1	Objetivos específicos	11
3.	ÁREA DE ESTUDIO	11
4.	METODOLOGIA.....	24
4.1	Fase de campo	25
4.1.1	Fitoplancton.....	25
4.1.2	Zooplancton.....	26
4.1.3	Perifiton	26
4.1.4	Macroinvertebrados bentónicos	27
4.1.5	Macrófitas acuáticas.....	28
4.1.6	Ictiofauna.....	29
4.2	Fase de laboratorio	30
4.2.1	Fitoplancton y Perifiton	30
4.2.2	Zooplancton.....	30
4.2.3	Macroinvertebrados bentónicos	31
4.2.4	Ictiofauna.....	32
4.3	Fase de análisis de datos	32
4.3.1	Índice de Dominancia de Simpson	33
4.3.2	Índice de Shannon-Wiener	33
4.3.3	Índice de Uniformidad o Equitatividad de Pielou.....	34
4.3.4	Índice BMWP/Col	34
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	36
5.1	Cuenca Río Magdalena	36
5.1.1	Ciénaga de Malambo.....	36
5.1.2	Ciénaga El Convento.....	70
5.2	Cuenca Litoral	86
5.2.1	Ciénaga de Balboa	86

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 3 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.2	Ciénaga de Mallorcaín	106
7.	CONCLUSIONES	133
7.1	Cuenca Río Magdalena	133
7.1.1	Ciénaga de Malambo	133
7.1.2	Ciénaga Convento.....	134
7.2	Cuenca Litoral	136
7.2.1	Ciénaga de Balboa	136
7.2.2	Ciénaga de Mallorcaín	137
8.	BIBLIOGRAFÍA	140
9.	EQUIPO DE TRABAJO	149
10.	ANEXOS	150

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 4 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Lista de tablas

Tabla 1. Puntos de muestreo, coordenadas, ID de referencia del punto y códigos de análisis.....	16
Tabla 2. Trazabilidad de fechas para cada punto de monitoreo.....	17
Tabla 3. Fechas de análisis de los parámetros.	17
Tabla 4. Descripción de los puntos de muestreo.	18
Tabla 5. Parámetros analizados, unidades y metodología aplicada.	24
Tabla 6. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP.....	35
Tabla 7. Puntajes por Familias de acuerdo con el índice BMWP.	35
Tabla 8. Taxonomía de la comunidad fitoplanctónica hallada C. de Malambo.	36
Tabla 9. Densidad y abundancia del ensamblaje fitoplanctónico registrado en la C. de Malambo. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).	39
Tabla 10. Índices de diversidad de fitoplancton en la C. de Malambo.	43
Tabla 11. Taxonomía del zooplancton registrado en la ciénaga de Malambo.....	44
Tabla 12. Densidad y abundancia del ensamblaje Zooplanctónico registrado en la ciénaga de Malambo. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).....	46
Tabla 13. Índices de diversidad para la comunidad de zooplancton en la ciénaga de Malambo.	51
Tabla 14. Taxonomía del ensamblaje perifítico registrado en el Ciénaga de Malambo.	52
Tabla 15. Densidad y abundancia del ensamblaje perifítico registrado en la C. de Malambo. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).	55
Tabla 16. Índices ecológicos del ensamblaje Perifítico en la C. de Malambo.	58
Tabla 17. Taxonomía del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. de Malambo.	59
Tabla 18. Densidad y abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. de Malambo.	61
Tabla 19. Índices ecológicos del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en la C. de Malambo.	64
Tabla 20. Índice BMWP (Col) del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. de Malambo.	65
Tabla 21. Taxonomía íctica registrada en los puntos de monitoreo.	66
Tabla 22. Riqueza y abundancia del ensamblaje íctico de la ciénaga de Malambo.....	66
Tabla 23. Medidas morfométricas de la ictiofauna.	66
Tabla 24. Categorías de amenazas y usos de la fauna íctica en los puntos monitoreados.....	67
Tabla 25. Riqueza y porcentaje de las Macrófitas acuáticas de C. Malambo.	68
Tabla 26. Riqueza y porcentaje de las Macrófitas acuáticas en Mesolandia.	69
Tabla 27. Taxonomía de la comunidad fitoplanctónica hallada en C. El Convento.	70
Tabla 28. Densidad y abundancia del ensamblaje fitoplanctónico registrado C. El Convento. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).	71
Tabla 29. Índices de diversidad de fitoplancton en la C. El Convento.	73
Tabla 30. Taxonomía del zooplancton registrado en la ciénaga El Convento.....	74

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 5 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 31. Densidad y abundancia del ensamblaje Zooplanctónico registrado en la ciénaga El Convento. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).	75
Tabla 32. Índices de diversidad para la comunidad de zooplancton en la ciénaga El Convento.	78
Tabla 33. Taxonomía del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. El Convento.	79
Tabla 34. Densidad y abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. El Convento.	80
Tabla 35. Índices ecológicos del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en la C. El Convento.	82
Tabla 36. Índice BMWP (Col) del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. El Convento.	83
Tabla 37. Riqueza y porcentaje de las Macrófitas acuáticas registrado en C. Convento.	84
Tabla 38. Riqueza y porcentaje de las Macrófitas acuáticas en C. Convento.	85
Tabla 39. Taxonomía del Fitoplancton registrado en la ciénaga de Balboa.	86
Tabla 40. Densidad y abundancia del ensamblaje fitoplanctónico registrado en la ciénaga de Balboa.	87
Tabla 41. Índices de diversidad para la comunidad de Fitoplancton en la ciénaga de Balboa.	90
Tabla 42. Taxonomía del zooplancton registrado en la ciénaga de Balboa.	91
Tabla 43. Densidad y abundancia del ensamblaje zooplanctónico registrado en la ciénaga de Balboa.	93
Tabla 44. Índices de diversidad para la comunidad de zooplancton en la ciénaga de Balboa.	96
Tabla 45. Taxonomía de la comunidad Perifítica hallada en la Ciénaga de Balboa, Atlántico, Colombia.	97
Tabla 46. Densidad y abundancia del ensamblaje Perifítico registrado en la Ciénaga de Balboa, Atlántico, Colombia. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).	98
Tabla 47. Índices de diversidad de la comunidad Perifítica registrada en la Ciénaga de Balboa, Atlántico.	100
Tabla 48. Taxonomía del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la c. de Balboa.	101
Tabla 49. Densidad y abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la c. de Balboa.	102
Tabla 50. Índices ecológicos del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en la c. de Balboa.	104
Tabla 51. Índice BMWP (Col) del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la c. de Balboa.	104
Tabla 52. Taxonomía del Fitoplancton registrado en la ciénaga de mallorquín.	106
Tabla 53. Densidad y abundancia del ensamblaje fitoplanctónico registrado en la ciénaga de Mallorquín.	109
Tabla 54. Índices de diversidad para la comunidad de Fitoplancton en la ciénaga de Mallorquín.	113

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 6 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 55. Taxonomía del zooplancton registrado en la ciénaga de Mallorquín. 114

Tabla 56. Densidad y abundancia del ensamblaje zooplanctónico registrado en la ciénaga de Mallorquín. 116

Tabla 57. Índices de diversidad para la comunidad de zooplancton en la ciénaga de Mallorquín. 120

Tabla 58. Taxonomía de la comunidad Perifítica hallada en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia. 121

Tabla 59. Densidad y abundancia del ensamblaje Perifítico registrado en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR). 123

Tabla 60. Índices de diversidad de la comunidad Perifítica registrada en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia. 125

Tabla 61. Taxonomía del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en los puntos de monitoreo en la C. de Mallorquín. 126

Tabla 62. Densidad y abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado los puntos de monitoreo. 129

Tabla 63. Índices ecológicos del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de monitoreo. 131

Tabla 64. Índice BMWP (Col) del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en los puntos de monitoreo. 132

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 7 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Lista de figuras

Figura 1. Riqueza del ensamblaje fitoplanctónico a nivel de División en la C. de Malambo.	38
Figura 2. Densidad total de las morfoespecies de fitoplancton en la C. de Malambo.....	42
Figura 3. Riqueza de la comunidad de zooplancton a nivel de División en la ciénaga de Malambo.	45
Figura 4. Densidad total de las morfoespecies de zooplancton en la ciénaga de Malambo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.	48
Figura 5. Riqueza del ensamblaje perifítico a nivel de División en la C. de Malambo.	53
Figura 6. Densidad total de las morfoespecies de perifiton en la C. de Malambo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.....	57
Figura 7. Riqueza del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos a nivel de phylum en la C. de Malambo. Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.	60
Figura 8. Densidad total de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la C. de Malambo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.	63
Figura 9. Cobertura (%) de Macrófitas acuáticas en Malambo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.....	69
Figura 10. Riqueza del ensamblaje fitoplanctónico a nivel de División en la C. El Convento.	71
Figura 11. Densidad total de las morfoespecies de fitoplancton en la C. El Convento.	72
Figura 12. Riqueza de la comunidad de zooplancton a nivel de División en la ciénaga El Convento.	75
Figura 13. Densidad total de las morfoespecies de zooplancton en la ciénaga El Convento.	77
Figura 14. Riqueza del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos a nivel de phylum en la C. El Convento.	80
Figura 15. Densidad total de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la C. El Convento. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.	81
Figura 16. Riqueza de la comunidad de Fitoplancton a nivel de División en la ciénaga de Balboa..	87
Figura 17. Densidad total de las morfoespecies de Fitoplancton en la ciénaga de Balboa.....	89
Figura 18. Riqueza de la comunidad de zooplancton a nivel de División en la ciénaga de Balboa. .	92
Figura 19. Densidad total de las morfoespecies de zooplancton en la ciénaga de Balboa.	95
Figura 20. Riqueza del ensamblaje Perifítico a nivel de División en los dos puntos monitoreados registrado en la Ciénaga de Balboa, Atlántico, Colombia. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.	98
Figura 21. Densidad total de las morfoespecies del Perifiton en registrado en la Ciénaga de Balboa, Atlántico, Colombia. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.	99
Figura 22. Riqueza del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos a nivel de phylum en la c. de Balboa.....	101
Figura 23. Densidad total de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la c. de Balboa. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.....	103
Figura 24. Riqueza de la comunidad de Fitoplancton a nivel de División en la ciénaga de Mallorquín.	107
Figura 25. Densidad total de las morfoespecies de Fitoplancton en la ciénaga de Mallorquín.	112

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 8 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Figura 26. Riqueza de la comunidad de zooplancton a nivel de División en la ciénaga de Mallorquín. 115

Figura 27. Densidad total de las morfoespecies de zooplancton en la ciénaga de Mallorquín..... 119

Figura 28. Riqueza del ensamblaje Perifítico a nivel de División en los puntos monitoreados registrado en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025. ... 122

Figura 29. Densidad total de las morfoespecies de Perifítica en registrado en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025. 124

Figura 30. Riqueza del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos a nivel de phylum en la c. de Mallorquín..... 127

Figura 31. Densidad total de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de monitoreo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025..... 128

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 9 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Distribución de los puntos de monitoreo. Ciénaga del Convento. Puntos rojos: Sitios de muestreo del proyecto. Fuente: QGIS, 2025..... 12

Ilustración 2. Distribución de los puntos de monitoreo. Ciénaga de Malambo. Puntos rojos: Sitios de muestreo del proyecto. Fuente: QGIS, 2025..... 13

Ilustración 3. Distribución de los puntos de monitoreo. C. Balboa. Puntos rojos: Sitios de muestreo del proyecto. Fuente: QGIS, 2025. 14

Ilustración 4. Distribución de los puntos de monitoreo. C. Mallorquín. Puntos negros: Sitios de muestreo del proyecto. Fuente: QGIS, 2025..... 15

Ilustración 5. Toma de muestra de fitoplancton en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025. 25

Ilustración 6. Toma de muestra de zooplancton en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025. 26

Ilustración 7. Toma de muestra de Perifiton en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025. 27

Ilustración 8. Toma de muestra de macroinvertebrados bentónicos en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025..... 28

Ilustración 9. Muestreo de macrófitas acuáticas en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025..... 28

Ilustración 10. Muestreo de peces – Técnica de pesca. Fuente Labormar S.A.S. 2025. 29

Ilustración 11. Identificación de fitoplancton y perifiton. Fuente LABORMAR 2025..... 30

Ilustración 12. Identificación de zooplancton. Fuente LABORMAR 2025 31

Ilustración 13. Identificación de macroinvertebrados bentónicos. Fuente LABORMAR 2025 32

Modificación del informe		
Modificación	Descripción	Fecha

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 10 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

1. INTRODUCCION

El presente informe de resultados contiene las actividades de campo y laboratorio encaminadas a evaluar las características hidrobiológicas en cuatro cuerpos de agua lénticos del departamento del Atlántico, evaluando 2 bloques principales: Cuenca río Magdalena y cuenca litoral.

Dada la gran diversidad de factores que influyen en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, es necesario emplear metodologías que permitan diagnosticar el estado actual de las cuencas hidrográficas, no solo mediante el uso de parámetros físicoquímicos sino biológicos. Por esta razón, se ha señalado la importancia de utilizar ciertos organismos como bioindicadores de la calidad del agua, dado que muchos de estos ocupan hábitats con ciertas exigencias ambientales; como son el plancton, perifiton, macroinvertebrados, macrófitas acuáticas y peces; los cuales, desempeñan roles ecológicos determinantes en la estabilidad de los ecosistemas.

De acuerdo con las especificaciones descritas en los términos de referencia para la segunda campaña se evaluaron los componentes de fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos, ictiofauna y macrófitas acuáticas. La toma de muestras se realizó el 24 de febrero y 06 de marzo de 2025 (**Anexo 1 Planillas de campo**) y se efectuó de acuerdo con la solicitud y especificaciones hechas por La Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA. Los reportes de resultados se asocian al **Anexo 2**, con complemento fotográfico en el **Anexo 2.1**.

El laboratorio LABORMAR se encuentra acreditado para la realización, caracterización, seguimiento y monitoreo de los distintos componentes hidrobiológicos en cuerpos de agua lénticos, lóticos y marinos, bajo la Resolución 0580 del 05 de mayo de 2023, la cual se encuentra relacionada en el **Anexo 3**, con extensión de la vigencia de dicha Resolución de acreditación a Labormar, descrita en el **Anexo 3.1**.

El presente documento contiene información detallada de las mediciones realizadas en campo, ensayos de laboratorio, tablas, gráficas y análisis de resultados.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 11 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Caracterizar el recurso hidrobiológico presente en cuatro cuerpos de agua lénticos del departamento del Atlántico, basados en las normativas y técnicas vigentes para el estudio y análisis de los diferentes ensamblajes que componen el recurso.

2.1.1 Objetivos específicos

- Identificar los grupos taxonómicos presentes dentro de los ensamblajes evaluados (fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos, macrófitas acuáticas e ictiofauna), asociados a los cuerpos de agua.
- Determinar la abundancia y riqueza de los individuos presentes en cada uno de los ensamblajes en cada cuerpo de agua.
- Calcular y analizar los índices ecológicos de los ensamblajes hidrobiológicos monitoreados en cada cuerpo de agua.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El monitoreo se llevó a cabo en cuatro cuerpos de agua lénticos, considerados entre los ecosistemas de mayor importancia y extensión del departamento del Atlántico. En la **Ilustración 1** a **Ilustración 4** se presentan los puntos de muestreo localizados dentro de cada ecosistema.

El muestreo se realizó según los requerimientos de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico, los cuales expresan la toma de muestra de parámetros hidrobiológicos (Fitoplancton, Zooplancton, Perifiton, Macroinvertebrados bentónicos, Macrófitas acuáticas y Peces), con el objetivo de caracterizar las comunidades hidrobiológicas de los diferentes sistemas lénticos, para dar cumplimiento a sus obligaciones ambientales. Con ayuda de un geoposicionador satelital (GPS) marca Garmin modelo GPSMAP® 64s, se realizó la ubicación de los puntos de monitoreo hidrobiológico y los recorridos entre los puntos, con base en la red de monitoreo y coordenadas establecidas en los pliegos de condiciones de la CRA.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 12 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

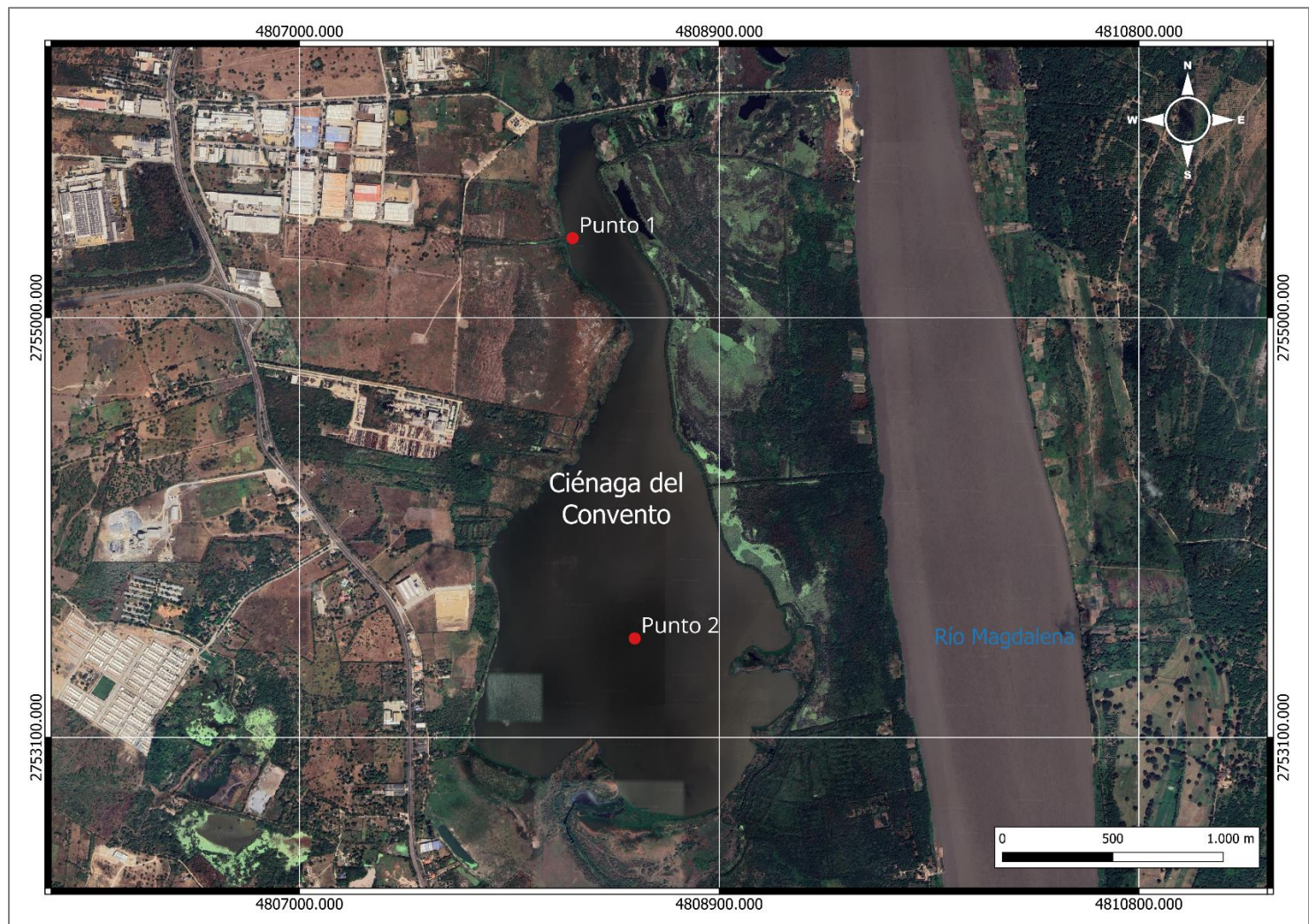


Ilustración 1. Distribución de los puntos de monitoreo. Ciénaga del Convento. Puntos rojos: Sitios de muestreo del proyecto. Fuente: QGIS, 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 13 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

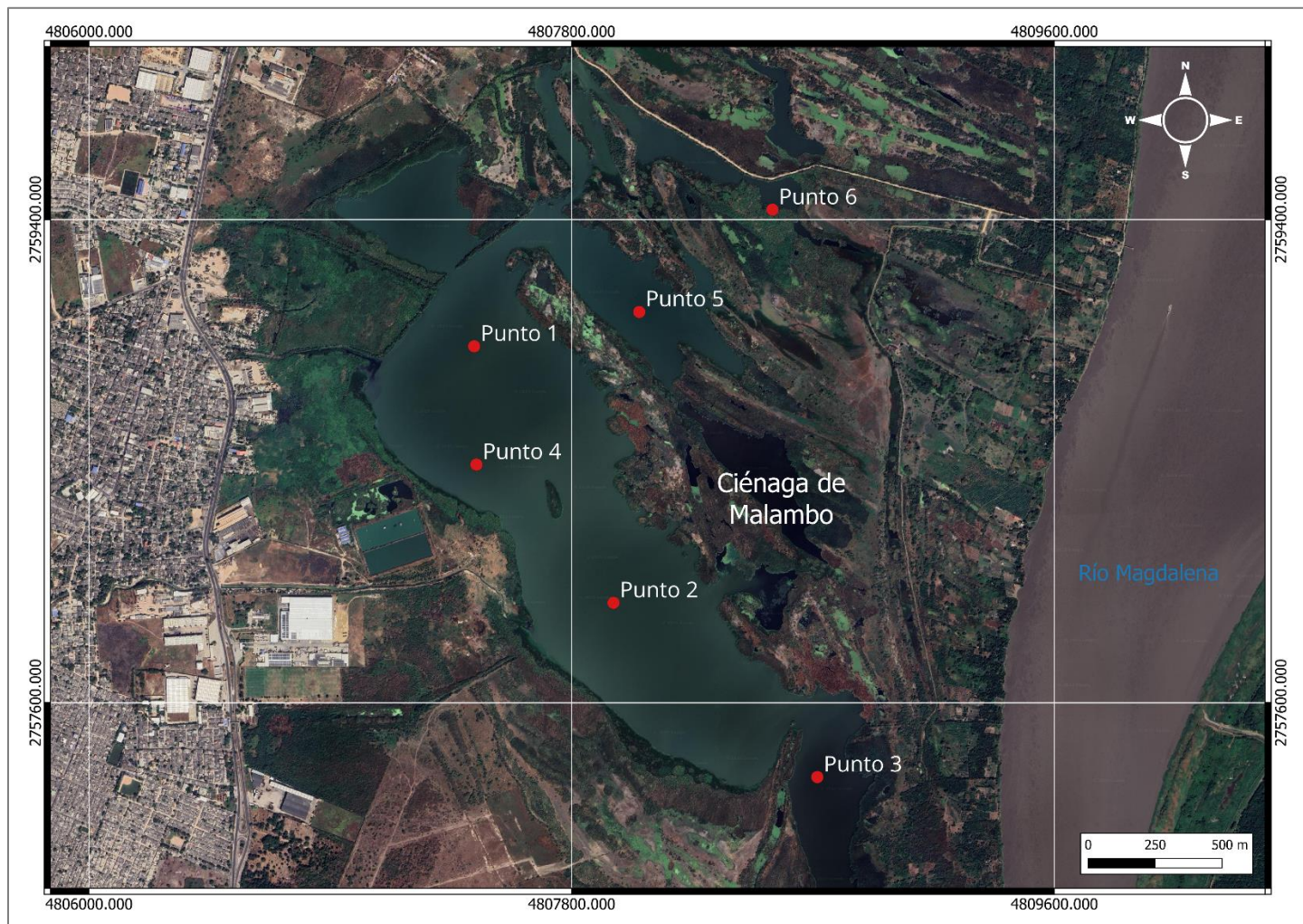


Ilustración 2. Distribución de los puntos de monitoreo. Ciénaga de Malambo. Puntos rojos: Sitios de muestreo del proyecto. Fuente: QGIS, 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 14 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

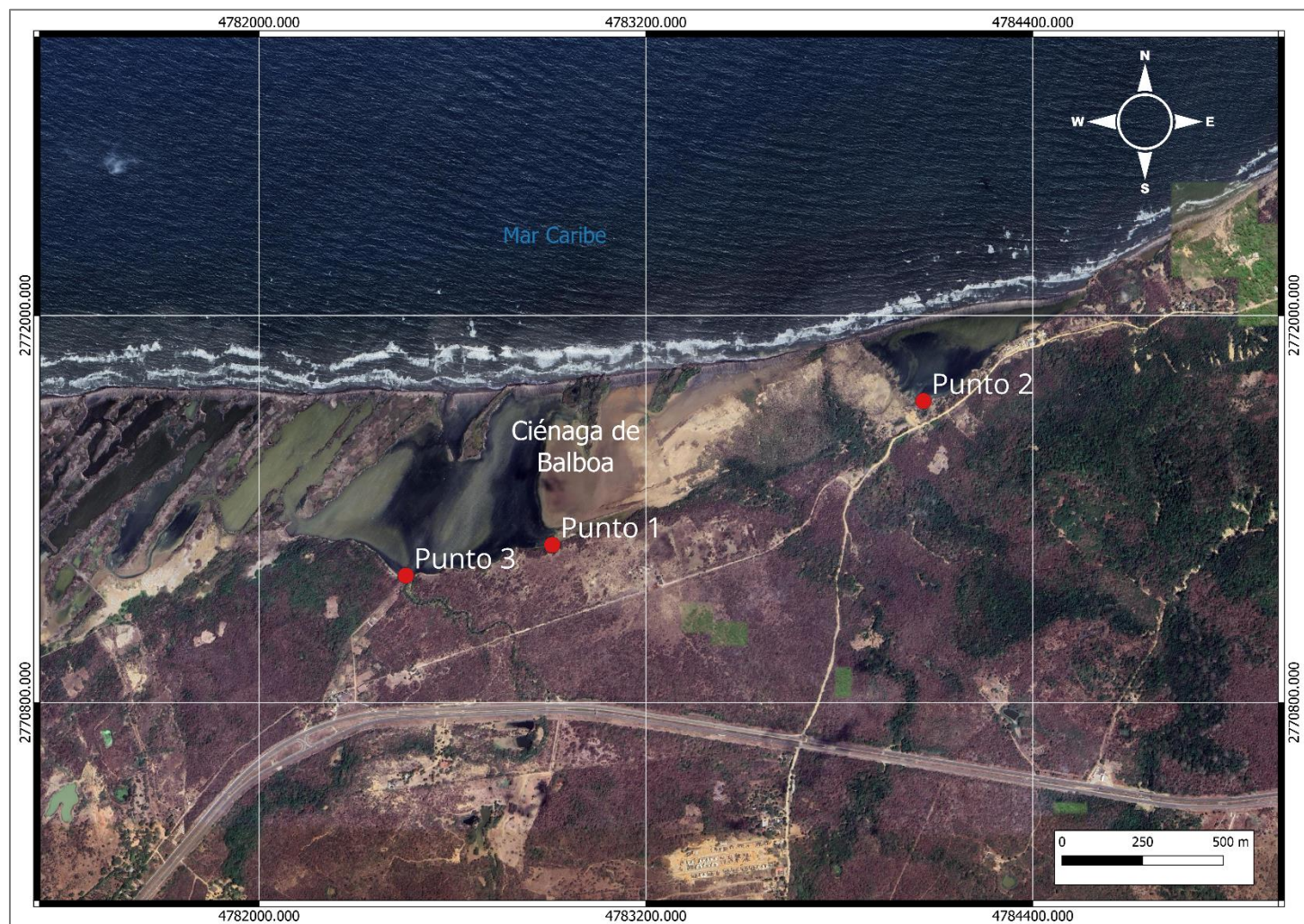


Ilustración 3. Distribución de los puntos de monitoreo. C. Balboa. Puntos rojos: Sitios de muestreo del proyecto. Fuente: QGIS, 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 15 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

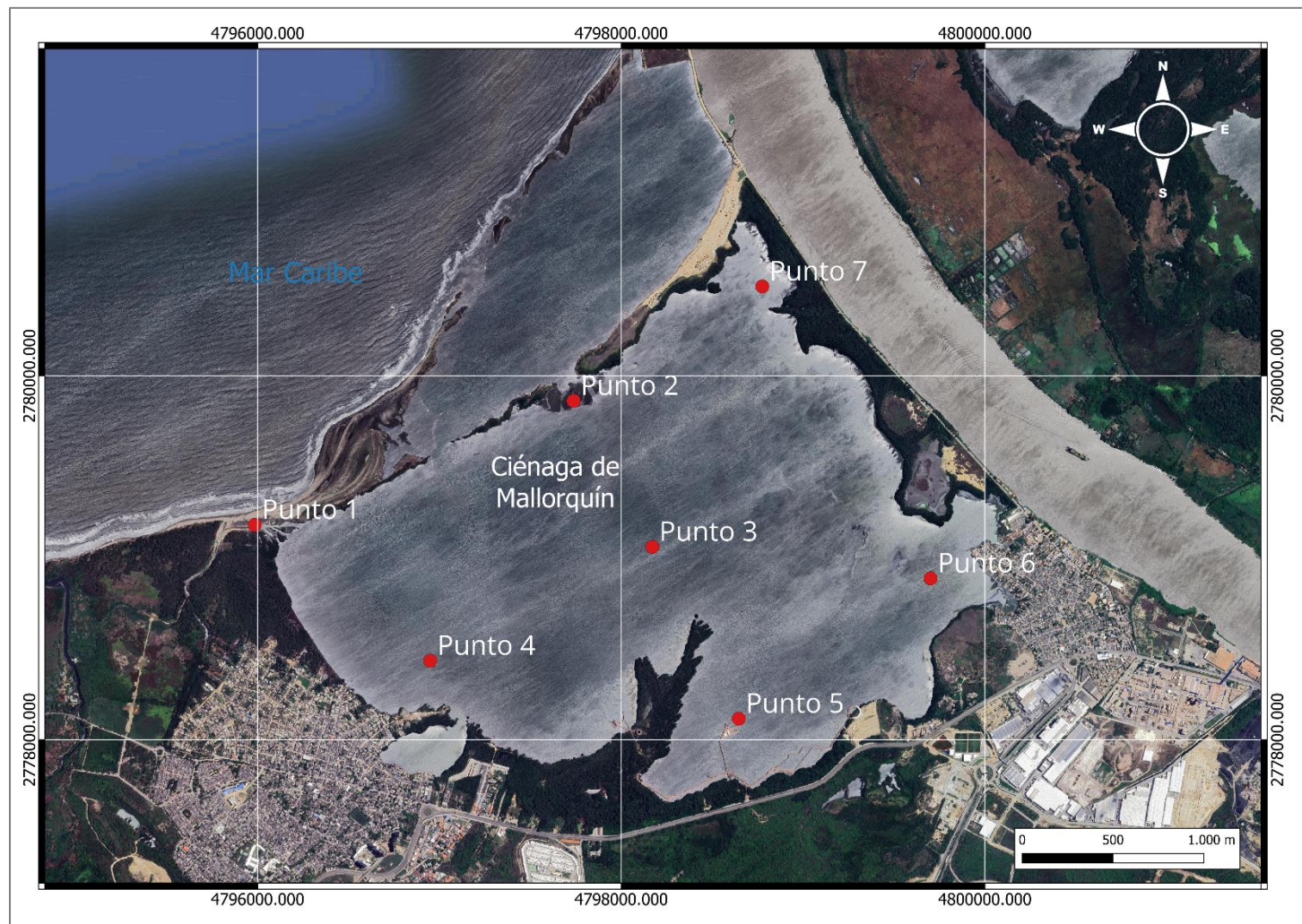


Ilustración 4. Distribución de los puntos de monitoreo. C. Mallorquín. Puntos negros: Sitios de muestreo del proyecto. Fuente: QGIS, 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 16 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Las coordenadas correspondientes a cada punto se encuentran descritas a continuación en la **Tabla 1**, para los efectos de análisis y graficas se identificaron con el nombre del punto (dato suministrado por el cliente), unido al código de análisis de la muestra, ejemplo: P1_699590.

Tabla 1. Puntos de muestreo, coordenadas, ID de referencia del punto y códigos de análisis.

NOMBRE DE PUNTO	COD_ANALISIS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ID_PUNTO
		Latitud N	Longitud W	
Ciénaga de Malambo P1	699590	10°51'45,8"	74°45'44,40"	P1_699590
Ciénaga de Malambo P2	699591	10°51'14,8"	74°45'27,1"	P2_699591
Ciénaga de Malambo P3	699592	10°50'53,81"	74°45'1,95"	P3_699592
Ciénaga de Malambo P4	699593	10°51'31,46"	74°45'44,04"	P4_699593
Ciénaga de Malambo P5	699594	10°51'50,09"	74°45'24,15"	P5_699594
Ciénaga de Malambo P6	699595	10°52'2,58"	74°45'7,85"	P6_699595
Ciénaga del Convento P1	699588	10°49'49,81"	74°45'17,37"	P1_699588
Ciénaga del Convento P2	699589	10°48'50,87"	74°45'7,77"	P2_699589
Ciénaga de Balboa P1	N.A.	10°59'03,52"	74°57'57,97"	N.A.
Ciénaga de Balboa P2	699596	10°58'44,55"	74°58'36,30"	P2_699596
Ciénaga de Balboa P3	699597	10°58'24,96"	74°59'32,89"	P3_699597
Ciénaga de Mallorquín P1	699598	11°02'42,91"	74°52'05,71"	P1_699598
Ciénaga de Mallorquín P2	699599	11°03'05,46"	74°51'08,05"	P2_699599
Ciénaga de Mallorquín P3	699600	11°02'39,42"	74°50'53,62"	P3_699600
Ciénaga de Mallorquín P4	699601	11°02'18,80"	74°51'33,75"	P4_699601
Ciénaga de Mallorquín P5	699602	11°02'08,78"	74°50'37,75"	P5_699602
Ciénaga de Mallorquín P6	699603	11°02'34,09"	74°50'3,15"	P6_699603
Ciénaga de Mallorquín P7	699604	11°03'26,15"	74°50'33,97"	P7_699604

Fuente: LABORMAR S.A.S 2025.

El trabajo de campo se efectuó el 24 de febrero y 06 de marzo de 2025, con los planes de muestreo 1024 y 1033 como se muestra en el **Anexo 1**. En la **Tabla 2**, se describe: fechas de muestreo, número del plan de muestreo, fecha y lugar de recepción. En la **Tabla 3**, se describe: fecha de inicio y fin de los análisis de laboratorio de los grupos objeto de estudio.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 17 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 2. Trazabilidad de fechas para cada punto de monitoreo.

PUNTO DE MUESTREO	FECHA DE MONITOREO	No. PLAN DE MUESTREO	FECHA DE RECEPCIÓN	LUGAR DE RECEPCIÓN
Ciénaga de Malambo	2025-02-24	1024	2025-02-25	Labormar - Área de Recepción de Muestras
Ciénaga Convento	2025-02-24	1024	2025-02-25	Labormar - Área de Recepción de Muestras
Ciénaga de Balboa	2025-03-06	1033	2025-03-07	Labormar - Área de Recepción de Muestras
Ciénaga de Mallorquín	2025-03-06	1033	2025-03-07	Labormar - Área de Recepción de Muestras

Fuente: LABORMAR S.A.S 2025.

Tabla 3. Fechas de análisis de los parámetros.

PARÁMETRO	INICIO ANÁLISIS	FIN ANÁLISIS	LUGAR DE ANÁLISIS
Fitoplancton	2025-03-31	2025-05-26	Labormar - Área Hidrobiología
Zooplancton	2025-04-03	2025-05-23	Labormar - Área Hidrobiología
Perifiton	2025-04-21	2025-05-20	Labormar - Área Hidrobiología
Macroinvertebrados bentónicos	2025-04-15	2025-04-24	Labormar - Área Hidrobiología
Ictiofauna	2025-02-24	2025-03-06	Labormar - Área Hidrobiología
Macrófitas acuáticas	2025-02-24	2025-03-06	Labormar - Área Hidrobiología

Fuente: LABORMAR S.A.S 2025

En la **Tabla 4** se realiza una breve descripción de los puntos de monitoreo objeto de estudio.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 18 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 4. Descripción de los puntos de muestreo.

DESCRIPCIÓN PUNTOS DE MUESTREO – CIÉNAGA DE MALLORQUÍN	
LUGAR	DESCRIPCIÓN
Punto 1 	El punto presentó una profundidad de 0,4 m, con agua de apariencia turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa. Día soleado.
Punto 2 	El punto presentó una profundidad de 0,3 m, con agua de apariencia turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa-arenosa. Día soleado.
Punto 3 	El punto presentó una profundidad de 1,0 m, con agua de apariencia turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa. Día soleado.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 19 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

DESCRIPCIÓN PUNTOS DE MUESTREO – CIÉNAGA DE MALLORQUÍN	
LUGAR	DESCRIPCIÓN
Punto 4 	El punto presentó una profundidad de 0,5 m, con agua de apariencia turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa-arenosa. Día soleado.
Punto 5 	El punto presentó una profundidad de 1,2 m, con agua de apariencia turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa. Día soleado.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 20 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

DESCRIPCIÓN PUNTOS DE MUESTREO – CIÉNAGA DE MALLORQUÍN	
LUGAR	DESCRIPCIÓN
Punto 6 	El punto presentó una profundidad de 0,5 m, con agua de apariencia turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa. Día soleado.
Punto 7 	El punto presentó una profundidad de 0,4 m, con un aspecto del agua turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa. Día soleado.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 21 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

DESCRIPCIÓN PUNTOS DE MUESTREO – CIÉNAGA DE BALBOA	
LUGAR	DESCRIPCIÓN
Punto 1 	El punto de monitoreo se encontraba inundado por influencia del mar. Por tal motivo no se tomaron muestras.
Punto 2 	El punto presentó una profundidad de 0,8 m, con un aspecto del agua turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa. Día soleado.
Punto 3 	El punto presentó una profundidad de 0,30 m, con un aspecto del agua turbia. El tipo de sustrato fue de textura lodosa-arenosa. Día soleado.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 22 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

DESCRIPCIÓN PUNTOS DE MUESTREO – CIÉNAGA DE MALAMBO	
LUGAR	DESCRIPCIÓN
Punto 1 a Punto 6 	La Ciénaga de Malambo presentó profundidades que oscilaron entre 0,6 m y 1,2 m, con aguas de aspecto turbio-verdoso y un sustrato de textura lodosa. En algunos sectores se registró la presencia de macrófitas acuáticas. Día soleado

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 23 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

DESCRIPCIÓN PUNTOS DE MUESTREO – CIÉNAGA DEL CONVENTO	
LUGAR	DESCRIPCIÓN
Punto 1 	El punto de monitoreo presentó una profundidad de 0,6 m, con agua de aspecto turbio y un sustrato de textura lodoso. Se observó presencia de macrófitas acuáticas. Día soleado
Punto 2 	El punto de monitoreo presentó una profundidad de 1,0 m, con agua de aspecto turbio y un sustrato de textura lodoso. Día soleado

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 24 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

4. METODOLOGIA

La metodología se basó en las propuestas para la colecta, manipulación, almacenaje y análisis de los diferentes ensamblajes hidrobiológicos establecidos por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Edición 23 (2017) y las del protocolo “Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Wadeable Rivers” (Barbour *et al.*, 1999). Así mismo todos los procedimientos están elaborados con base en lo aprobado por la Resolución de Acreditación No. 0580 del 05 de mayo de 2023 del IDEAM descrita en el **Anexo 3**, con extensión de la vigencia de dicha Resolución de acreditación a Labormar, descrita en el **Anexo 3.1**.

En la **Tabla 5**, se relacionan los parámetros analizados, unidades, metodologías aplicadas en campo y laboratorio.

Tabla 5. Parámetros analizados, unidades y metodología aplicada.

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO DE MUESTREO	MÉTODO DE ANÁLISIS	LABORATORIO SUBCONTRATADO
Fitoplancton	Ind/mL	SM 10200 B	SM 10200 F	N. A
Macrófitas Acuáticas	%cobertura	SM 10400 B	SM 10400 C, D	N. A
Macroinvertebrados Bentónicos	Ind/m ²	SM 10500 B	SM 10500 C	N. A
Peces	Ind	SM 10600 B	SM 10600 C, D	N. A
Perifiton	Ind/cm ²	SM 10300 B	SM 10300 C	N. A
Zooplancton	Ind/mL	SM 10200 B	SM 10200 B G	N. A

N.A: No aplica.

Nota 1. Cuando se requiera realizar adiciones, desviaciones o exclusiones del método, esto será notificado vía correo electrónico o cualquier otro medio escrito para aprobación del cliente.

Nota 2: Las fuentes de incertidumbres serán presentadas y estarán disponibles por correo electrónico, en el reporte de ensayo, informe o cualquier otro medio escrito cuando el cliente lo solicite.

Nota 3. Cuando la muestra es tomada por LABORMAR, los procedimientos de toma de muestra están definidos en los procedimientos PTT-HB 001-010, los cuales están disponibles para el cliente cuando se requieran.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 25 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

4.1 Fase de campo

En esta fase se contó con los equipos y material necesario para la toma de muestras biológicas establecidos en los procedimientos de campo PTT-HB 001, PTT-HB 002, PTT-HB 003, PTT-HB 004 y PTT-HB 005, basados en el Standard Methods for the examination of water and wastewater, 23rd Edición (2017) y las del protocolo “Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers” (Barbour *et al.*, 1999).

4.1.1 Fitoplancton

Para la colecta de fitoplancton se tomaron muestras puntuales de superficie utilizando una red cónica con ojo de malla de 25 μ m, mediante técnica de baldeo (**Ilustración 5**). El producto de esto fue envasado en recipientes opacos de 250 ml. Se preservó con formalina al 4%, con relación 1:1, entre el resultado del filtrado y el presentante. Adicionalmente, para la tinción de estructuras en el fitoplancton se adicionó Lugol.



Ilustración 5. Toma de muestra de fitoplancton en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 26 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

4.1.2 Zooplancton

Para la colecta de zooplancton se tomaron muestras puntuales de superficie utilizando una red cónica con ojo de malla de 65 μm , mediante la técnica de baldeo (**Ilustración 6**). El producto fue envasado en recipientes opacos de 250 ml, los organismos fueron sedados con agua carbonatada y posteriormente preservado con formalina al 4%.



Ilustración 6. Toma de muestra de zooplancton en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025.

4.1.3 Perifiton

Para este ensamblaje se empleó la metodología de remoción, utilizando un cuadrante de acetato con área conocidas de 3 X 3 cm, delimitándose el área a remover con un cepillo de dientes de cerdas suaves. Se determinó un máximo de 90 cm^2 , correspondientes a 10 cuadrantes por punto de muestreo (**Ilustración 7**). Empleando un máximo de 50 ml de agua destilada o agua potable previamente depositada en el recipiente de muestra. El producto de la remoción fue envasado en recipientes plásticos opacos de 250 ml. Se agregó Lugol para teñir las estructuras de las algas y se preservó con formalina al 4%, con relación 1:1 (entre el resultado del filtrado y dicho preservante).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 27 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025



Ilustración 7. Toma de muestra de Perifiton en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025.

4.1.4 Macroinvertebrados bentónicos

La colecta de organismos se llevó a cabo con una draga Petersen con un área de 0,05 m² (**Ilustración 8**). El material colectado se tamizó a 300 µm para eliminar la mayor cantidad de sedimentos posible y luego se almacenó en bolsas plásticas resellables previamente rotuladas. Los individuos fueron narcotizados con agua carbonatada y posteriormente fijados con etanol al 70% con Rosa de Bengala para su tinción. Se colocaron en una nevera de poliestireno para su transporte al laboratorio.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 28 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025



Ilustración 8. Toma de muestra de macroinvertebrados bentónicos en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025.

4.1.5 Macrófitas acuáticas

Se realizó una inspección visual de la presencia o ausencia de macrófitas acuáticas en el sitio de monitoreo. Una vez identificado los puntos focales se marcó un transecto de 5 metros a lo largo de los parches; demarcando el área mediante el uso de un cuadrante de 0,50 x 0,50 metros (**Ilustración 9**). Se hicieron mediciones intercaladas a lo largo del transecto y se registró el porcentaje de cobertura por especie en cada cuadrante. La identificación se realizó *in situ*. En los casos que no se logró identificar una especie en campo, se colectó un ejemplar de la morfoespecie, procurando la presencia de su raíz, tallo, hojas y flores de ser posible, para su identificación en laboratorio o en su defecto se realizó un registro fotográfico detallado de Hojas, tallo, raíz, flor, fruto o inflorescencia, etc.



Ilustración 9. Muestreo de macrófitas acuáticas en campo. Fuente Labormar S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 29 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

4.1.6 Ictiofauna

Por cada punto de muestreo se realizaron entre 4 a 8 lances con atarrayas, de preferencia propias de los pescadores de cada cuerpo de agua. En caso de capturar organismos, se procedió a narcotizarlos con solución de clavo de olor (0,8 ml eugenol/litro de agua), para facilitar la identificación y realizar las mediciones morfométricas, incluyendo longitud estándar (LS), longitud total (LT) y peso (g), además del registro fotográfico. Todos estos pasos se llevaron a cabo de manera rápida, velando por la seguridad de los especímenes, los cuales fueron devueltos al medio inmediatamente. Es importante mencionar que se tuvo especial cuidado con las especies raras y en peligro de extinción, las cuales están protegidas por la Resolución 0126 del 06 de febrero de 2024 (**Ilustración 10**).



Ilustración 10. Muestreo de peces – Técnica de pesca. Fuente Labormar S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 30 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

4.2 Fase de laboratorio

4.2.1 Fitoplancton y Perifiton

Para el conteo e identificación cada muestra fue homogenizada con suaves movimientos, posteriormente se tomaron alícuotas de 1 ml que fueron depositadas en una placa Sedgwick Rafter (SR) y cubiertas sin dejar espacio a burbujas de aire. Cada placa se dejó sedimentar por 15 minutos y luego fue analizada en un microscopio binocular Leica DM 500 (**Ilustración 11**). Los datos fueron consignados en formatos de datos primarios, con los respectivos cálculos de abundancia, densidad y riqueza por punto de muestreo.



Ilustración 11. Identificación de fitoplancton y perifiton. Fuente LABORMAR 2025.

4.2.2 Zooplancton

Para el conteo e identificación del zooplancton la muestra fue agitada con movimientos suaves verticales y horizontales hasta lograr la total homogenización de la muestra, posteriormente fueron tomadas alícuotas de 1 ml depositadas en cámaras SR, esto se llevó a cabo con ayuda de microscopio binocular Leica DM 500 (**Ilustración 12**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 31 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025



Ilustración 12. Identificación de zooplancton. Fuente LABORMAR 2025

4.2.3 Macroinvertebrados bentónicos

Para la separación de los macroinvertebrados y restos de sedimento del primer tamizaje en campo, se efectuó un segundo lavado en tamices de mano con ojo de malla de 300 μm , colocando poco a poco la muestra y lavando con cuidado a una presión baja de agua y/o spray hasta limpiar los organismos retenidos, evitando daños o pérdidas de muestra. Los organismos se aislaron con ayuda de pinzas y/o agujas entomológicas, se preservaron con etanol al 70% y se guardaron en recipientes agrupados por punto de muestreo para su posterior identificación.

La identificación se hizo a través del estereoscopio marca Nikon SMZ745T (**Ilustración 13**), clasificando por grupo taxonómicos con las claves propuestas por Gutiérrez & Díaz 2015, Roldan 1996; Gamarra *et al.*, 2012; Domínguez & Fernández 2009; Triplehorn & Johnson 2005; Fernández & Domínguez 2001. Se tuvo en cuenta la lista de reporte de especies para la zona y la base de datos taxonómica Integrated Taxonomy Information System (ITIS).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 32 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025



Ilustración 13. Identificación de macroinvertebrados bentónicos. Fuente LABORMAR 2025

4.2.4 Ictiofauna

Para este grupo la identificación fue basada en la propuesta desarrollada por la EPA/600/R-92/111 y con la ayuda de la literatura especializada y claves taxonómicas teniendo en cuenta las referencias correspondientes a la zona y cuenca hidrográfica.

Para corroborar la clasificación taxonómica se utilizó la base de datos electrónica Eschmeyer's Catalog of Fishes de la Academia de Ciencias de California, Integrated Taxonomy Information System (ITIS) y el FishBase. Así como los listados de la IUCN y CITES para las especies de importancia ecológica y económica, especies migratorias, en veda, endémicas y/o amenazadas de acuerdo a la resolución 0126 de 2024 de Minambiente y las resoluciones subsecuentes emitidas por la Autoridad Nacional Pesquera AUNAP para cada zona del país.

4.3 Fase de análisis de datos

Se construyeron hojas de cálculos en Excel y en tablas dinámicas se organizó la información sobre taxonomía, abundancia, riqueza y densidad de cada uno de los ensamblajes hidrobiológicos evaluados. Siguiendo la propuesta metodológica de Moreno (2001), se estimaron los índices ecológicos: diversidad Shannon-Wiener, diversidad de Margalef, dominancia de Simpson y equidad de Pielou. Seguidamente se correlacionaron los parámetros fisicoquímicos (Conductividad (*in situ*) [CE], DBO₅, Oxígeno Disuelto (*in situ*))

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 33 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

[OD], pH (*in situ*), Sólidos Suspendidos (*in situ*) [SS], Temperatura (*in situ*) [Tem] y Turbidez [Turb]) con los datos biológicos a través del análisis de correspondencia canónica (ACC). Los análisis se realizaron con los programas Excel (Windows 2016) y el programa de PAST® versión 4.03.

4.3.1 Índice de Dominancia de Simpson

Influenciado por la importancia de las especies más dominantes de la muestra, manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Obtenido mediante la siguiente formula:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Este índice suele variar entre 0 y 1; cuando los valores obtenidos tienden a 0, la diversidad es alta (Roldán & Ramírez, 2008).

Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Lande, 1996).

4.3.2 Índice de Shannon-Wiener

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. En la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5.

Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). La mayor limitante de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio (Moreno, 2001).

Se calcula de la siguiente manera:

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 34 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

$$\hat{H} = - \sum P_i \log P_i$$

Donde

Pi = es la porción de individuos de cada especie en el número total de organismos registrada para la especie i.

4.3.3 Índice de Uniformidad o Equitatividad de Pielou

Se considera la uniformidad o equitatividad como el grado de equilibrio que puede alcanzar un ecosistema dado. Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001).

Este índice aplicado es la equitatividad o uniformidad, que corresponde al cociente entre la diversidad real y la máxima, indicando en los valores próximos a uno (1) que la comunidad está equilibrada.

Se calcula de la siguiente manera:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

4.3.4 Índice BMWP/Col

Para evaluar la calidad de agua se utilizó el índice BMWP/Colombia (Roldán, 2003); Los valores del BMWP se correlacionan con cinco grados de contaminación y con cinco colores que los representan en la cartografía de calidad de las aguas (ver **Tabla 6**).

Para el cálculo del índice BMWP se hizo la suma de las puntuaciones ecológicas de las familias de Macroinvertebrados acuáticos según su grado de tolerancia a la contaminación (ver **Tabla 7**).

En cuanto a los peces, en algunos puntos no se registraron capturas a partir del esfuerzo de muestreo. Sin embargo, esto no debe interpretarse como ausencia total de peces. Es decir, se realizó el esfuerzo de muestreo con atarraya, pero sin capturas de individuos, lo que pudo estar asociado a interferencias con la efectividad del arte de pesca a pesar de su baja selectividad, como la presencia de vegetación, la profundidad de la columna de agua, el tamaño de los peces o la baja densidad de estos.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 35 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 6. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP.

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Col
I	Buena	<150 >101	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas de manera sensible	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo
Fuente: Roldan, 2003.				

Tabla 7. Puntajes por Familias de acuerdo con el índice BMWP.

FAMILIAS	Puntaje BMWP
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polytoridae. Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsyphidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae.	1
Fuente: Roldan, 2003.	

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 36 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con los datos obtenidos en la fase de laboratorio se generaron las matrices correspondientes para los análisis de datos. Con los datos brutos se construyeron tablas y graficas (por medio del programa Excel) descriptivas para mostrar la composición y abundancia de cada comunidad, igualmente se determinaron los índices ecológicos riqueza de Margalef, dominancia de Simpson, Equidad de Pielou y diversidad de Shannon-Wiener. Posteriormente, se generaron las interpretaciones, análisis y conclusiones para determinar el comportamiento y dinámica de cada ensamblaje en las diferentes estaciones muestreadas para cada cuerpo de agua (agrupando los resultados por cuenca).

5.1 Cuenca Río Magdalena

5.1.1 Ciénaga de Malambo

5.1.1.1 Fitoplancton

El ensamblaje fitoplanctónico registró una densidad total de 4632.25 Ind/ml, conformado por 15 morfoespecies, 14 familias, 12 órdenes, ocho (8) clases y cinco (5) Phyla (**Tabla 8**). Entre ellos, las Cyanobacteria representaron el 33,33 % de las morfoespecies. Estas algas verde-azuladas, destacan por una amplia plasticidad ambiental, que incluye sistemas límnicos y marinos. Suelen proliferar excesivamente en aguas con temperaturas elevadas, baja circulación y una alta disponibilidad de nutrientes, condiciones que favorecen la eutrofización de la cual son considerados indicadores (Paerl & Otten, 2013).

Tabla 8. Taxonomía de la comunidad fitoplanctónica hallada C. de Malambo.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium sp.</i>
		Chlamydomonadales	Volvocaceae	<i>Pandorina sp.</i>
	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum sp.</i>
			Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus sp.</i>
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Aphanocapsa sp.</i>
		Oscillatoriales	Microcoleaceae	<i>Arthrospira sp.</i>

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 37 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Pseudanabaenales	Oscillatoriaceae	<i>Planktothrix sp.</i>
			Pseudanabaenaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>
		Bacillariales		<i>Pseudanabaena sp.</i>
			Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
			Cymbellaceae	<i>Cymbella sp.</i>
	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira sp.</i>
	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella sp.</i>
	Chrysophyceae	Ochromonadales	Synuraceae	<i>Mallomonas sp.</i>

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

De manera equivalente, las Heterokontophyta (sinónimo moderno de Ochrophyta) también constituyeron el 33,33 % del total (**Figura 1**). El phylum incluyen clases importantes como diatomeas (Bacillariophyceae), crisofíceas (Chrysophyceae), xantofíceas, entre otras. Es un grupo común en un amplio rango de ambientes, frecuentemente abundante en el perifiton y en el plancton de sistemas con alta turbulencia o poco profundos (Roldan y Ramírez, 2008).

En menor proporción, las Chlorophyta aportaron el 26,67 %, mientras que las Charophyta con un solo representante, conformaron el 6,67 % restante. Las Chlorophyta desempeñan un rol destacado en la productividad primaria de aguas dulces y salobres, ya que fijan grandes cantidades de carbono y actúan como productores primarios principales en diversos ecosistemas acuáticos (Reynolds et al., 2020). En cuanto a las Charophyta, aunque menos abundantes, son asociadas a aguas claras, de buena calidad y baja eutroficación (López-Muñoz et al., 2017)

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 38 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

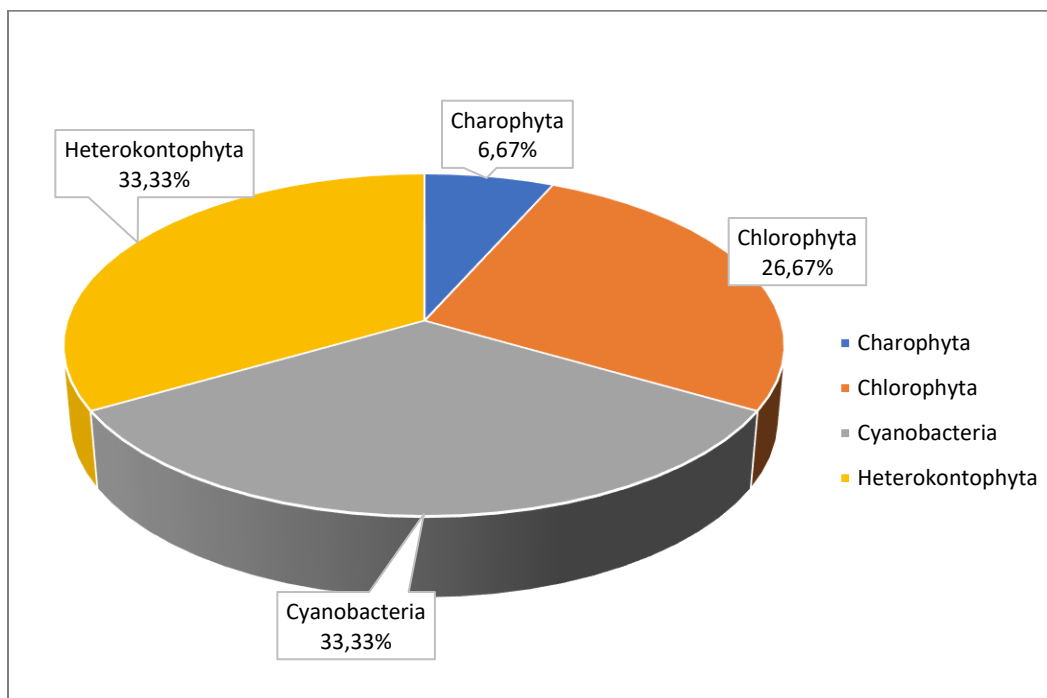


Figura 1. Riqueza del ensamblaje fitoplanctónico a nivel de División en la C. de Malambo.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

La **Tabla 9** presenta la riqueza, abundancia y densidad total en cada punto de muestreo, discriminando la contribución de cada morfoespecie. La riqueza oscilo de 6 morfoespecies en P3_699592 a un máximo de 9 taxa en P2_699591 y P5_699594.

Con respecto a la densidad de individuos, se observan para los puntos de monitoreo de P1_699590 a. P3_699592 los menores registros en la ciénaga con valores entre 106,750 Ind/ml y 434,500 Ind/ml mientras en los restantes puntos, fluctúa entre 1152,500 Ind/ml y 1792,500 Ind/ml.

Tabla 9. Densidad y abundancia del ensamblaje fitoplanctónico registrado en la C. de Malambo. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).

MORFOESPECIE	P1_699590			P2_699591			P3_699592		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
<i>Closterium sp.</i>	1	0,500	0,12	5	2,500	1,07			
<i>Pandorina sp.</i>									
<i>Pediastrum sp.</i>							2	0,500	0,47
<i>Scenedesmus sp.</i>	1	0,500	0,12				2	0,500	0,47
<i>Oocystis sp.</i>							3	0,750	0,70
<i>Aphanocapsa sp.</i>	43	21,500	4,95	3	1,500	0,64			
<i>Arthrospira sp.</i>	537	268,500	61,80	382	191,000	81,97	192	48,000	44,96
<i>Planktothrix sp.</i>	172	86,000	19,79	16	8,000	3,43			
<i>Oscillatoria sp.</i>				1	0,500	0,21			
<i>Pseudanabaena sp.</i>				7	3,500	1,50			
<i>Nitzschia sp.</i>				3	1,500	0,64			
<i>Cymbella sp.</i>									
<i>Aulacoseira sp.</i>	23	11,500	2,65				147	36,750	34,43
<i>Cyclotella sp.</i>	92	46,000	10,59	47	23,500	10,09	81	20,250	18,97
<i>Mallomonas sp.</i>				2	1,000	0,43			
Riqueza (S)		7			9			6	
Abundancia (No.Ind)		869,000			466,000			427,000	
Densidad (Ind/ml)		434,500			233,000			106,750	

Fuente: LABORMAR S.A.S.2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 40 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

MORFOESPECIE	P4_699593			P5_699594			P6_699595		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
<i>Closterium sp.</i>				1	2,500	0,14			
<i>Pandorina sp.</i>	1	2,500	0,22						
<i>Pediastrum sp.</i>							1	2,500	0,19
<i>Scenedesmus sp.</i>				1	2,500	0,14			
<i>Oocystis sp.</i>									
<i>Aphanocapsa sp.</i>				3	7,500	0,42	25	62,500	4,64
<i>Arthrospira sp.</i>	418	1045,000	90,67	632	1580,000	88,15	433	1082,500	80,33
<i>Planktothrix sp.</i>	24	60,000	5,21	43	107,500	6,00	27	67,500	5,01
<i>Oscillatoria sp.</i>	3	7,500	0,65	8	20,000	1,12	11	27,500	2,04
<i>Pseudanabaena sp.</i>	3	7,500	0,65						
<i>Nitzschia sp.</i>	2	5,000	0,43	1	2,500	0,14			
<i>Cymbella sp.</i>							1	2,500	0,19
<i>Aulacoseira sp.</i>				2	5,000	0,28			
<i>Cyclotella sp.</i>	10	25,000	2,17	26	65,000	3,63	41	102,500	7,61
<i>Mallomonas sp.</i>									
Riqueza (S)		7			9			7	
Abundancia (No.Ind)		461,000			717,000			539,000	
Densidad (Ind/ml)		1152,500			1792,500			1347,500	

Fuente: LABORMAR S.A.S.2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 41 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

En este monitoreo las cianobacterias fueron las más abundantes con el 85.96% de los individuos, representadas por la filamentosa *Arthrospira* sp. (Figura 2), del orden Oscillatoriales que prospera en aguas alcalinas ($\text{pH} \geq 8,5$), con alta conductividad y baja radiación solar, condiciones frecuentemente observadas en ciénagas eutróficas o alcalinas (Santos *et al.*, 2019; Vigo, 2019): Diversas cepas como *Arthrospira fusiformis* han sido evaluadas y no se detectaron toxinas como microcistinas o anatoxina-a, lo cual refuerza su perfil de seguridad para usos alimenticios (Da Silva *et al.*, 2021) Además, se ha utilizado en procesos de biorremediación para tratar contaminantes en aguas residuales (Jacome-Pilco *et al.*, 2021).

En importancia le siguieron *Planktothrix* sp. y *Aphanocapsa* sp. dominantes en ambientes eutróficos, pero se diferencian en su morfología y estrategias de flotabilidad. *Planktothrix*, filamentosa y con vesículas de gas, logra modular su posición vertical para aprovechar estratificación térmica y luz baja, y muchas veces produce toxinas como microcistinas (Magalhães *et al.*, 2019). En contraste, *Aphanocapsa* es coccoide, forma colonias mucilaginosas sin flotabilidad activa, y domina en aguas cálidas, turbias y estables con alta conductividad y fosfatos (Johansen & Komárek, 2015; Magalhães *et al.*, 2019)."

En la ciénaga, son dos diatomeas céntricas abundantes son *Cyclotella* sp. y *Aulacoseira* sp., ambas adaptadas a ambientes lénticos con estabilidad térmica y condiciones moderadamente eutróficas. *Cyclotella* sp., de pequeño tamaño, presenta una alta relación superficie-volumen que le permite crecer eficientemente en aguas estratificadas con baja turbulencia y aporte residual de nutrientes (Saros & Anderson, 2015). Por su parte, *Aulacoseira* tiene preferencia por reservorios con alta concentración de fósforo, alta estabilidad hídrica y temperatura elevadas; estas especies se destacan como bioindicadoras de eutrofización moderada y prosperan incluso durante estaciones secas (Bicudo *et al.*, 2016).

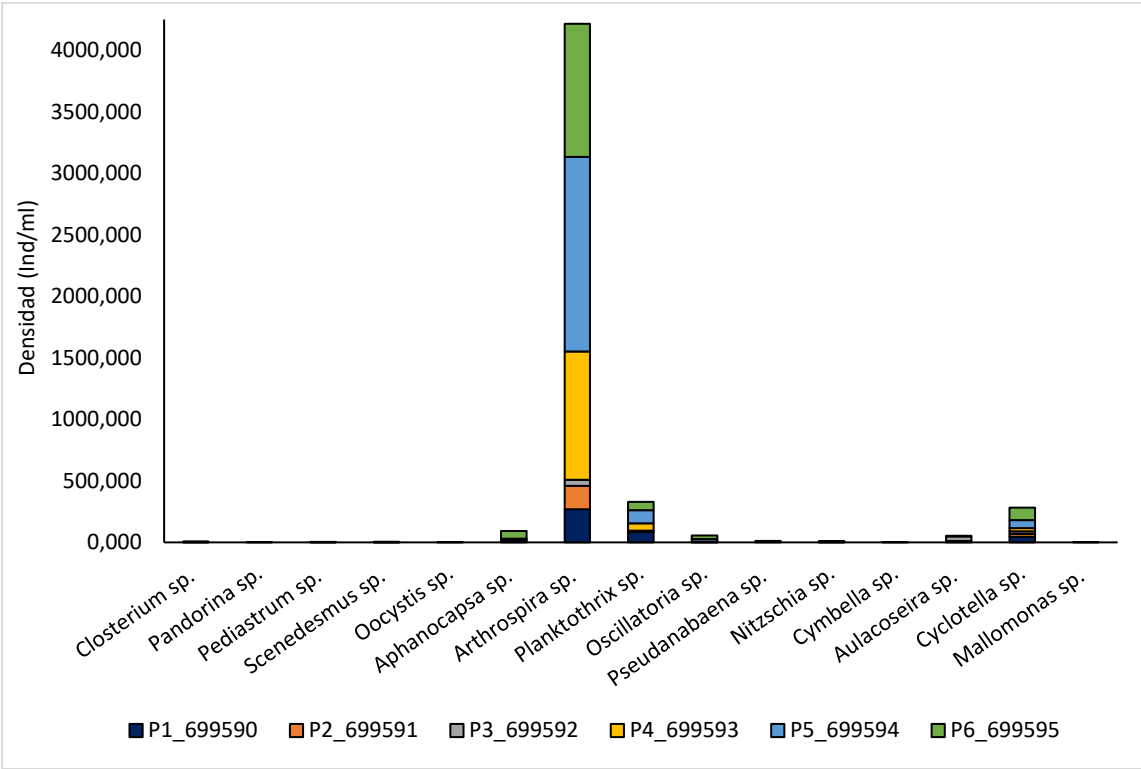


Figura 2. Densidad total de las morfoespecies de fitoplancton en la C. de Malambo.
Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

1.1.1.1.1. Índices ecológicos

El ensamblaje fitoplanctónico de la ciénaga presentó, en términos generales, una baja diversidad, según el índice de Shannon, cuyos valores oscilaron entre 0,4347 bits en P4 y 1,133bits en P2 (**Tabla 10**) Esta baja diversidad se debe a la alta concentración de abundancias en pocas morfoespecies, reflejando un marcado patrón de dominancia.

En los puntos P2_699591, P4_699593 a P6_699595 *Arthrospira* sp. constituye más del 80% del total de individuos, lo que justifica menor diversidad ($H = <0,78$) y una distribución desigual de abundancias ($J = <0,4$). En estos puntos, el ensamblaje muestra más dominancia, principalmente P4_699593 (0,825) donde *Arthrospira* sp alcanza el 90% de la abundancia, lo que sugiere que las condiciones ambientales como disminución de la columna de agua por la sequía, concentración de nutrientes y altas temperatura, favorecen a esta especie sobre el resto.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 43 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

El índice de equidad varió entre 0,22 y 0,6289, lo que indica una distribución de abundancias con tendencia a la heterogeneidad. Solo en P3_699592, la morfoespecie predominante dominantes redujo su aporte al 44,96 % de los individuos codominanfo con *Aulacoseira* sp (34,43%)., evidenciando una mayor equidad con referencia a los otros puntos.

Tabla 10. Índices de diversidad de fitoplancton en la C. de Malambo.

	P1_699590	P2_699591	P3_699592	P4_699593	P5_699594	P6_699595
Taxa_S	7	8	6	7	9	7
Individuals	869	464	427	461	717	539
Dominance_D	0,4347	0,689	0,3553	0,8251	0,7817	0,6556
Shannon_H	1,12	0,7062	1,133	0,4347	0,5228	0,7726
Margalef	0,8866	1,14	0,8255	0,9783	1,217	0,9539
Equitability_J	0,5736	0,336	0,6289	0,22	0,2354	0,3942

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 44 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.1.2 Zooplancton

La comunidad zooplanctónica estuvo constituida por 1510 individuos con una densidad total de 77,457 Ind/ml, agrupados en 17 morfoespecies, distribuidas en 11 familias, incluidas cuatro (4) no determinadas (ND); ocho (8) órdenes, con tres (3) no determinados; cinco (5) clases y dos (2) Phyla (**Tabla 11**).

A nivel de phylum, se observó que el grupo Rotifera fue el más representativo, con una riqueza de doce (12) morfoespecies, que representan el 70,59% de la riqueza total, seguido por el Phylum Arthropoda, que aportó cinco (5) morfoespecies, el 29,41% tal como se observa en la **Figura 3**.

Tabla 11. Taxonomía del zooplancton registrado en la ciénaga de Malambo.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	Daphniidae Mf
	Euchelicerata	ND	ND	Acariformes Mf
	Maxillopoda	Cyclopoida	ND	Cyclopoida Mf
		ND	ND	Larva nauplio
	Ostracoda	ND	ND	Ostracoda Mf
Rotifera	Eurotatoria	Flosculariaceae	Filiniidae	<i>Filinia sp.</i>
			Hexarthridae	<i>Hexarthra sp.</i>
			Philodinida	Philodinidae Mf
		Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus sp.</i>
				<i>Brachionus sp. 1</i>
				<i>Brachionus sp. 2</i>
				<i>Brachionus sp. 3</i>
				<i>Brachionus sp. 4</i>
				<i>Keratella sp.</i>
				<i>Keratella sp. 1</i>
			Notommatidae	<i>Cephalodella sp.</i>
			Synchaetidae	<i>Polyarthra sp.</i>

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025. Abreviaturas utilizadas: ND: no determinado.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 45 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

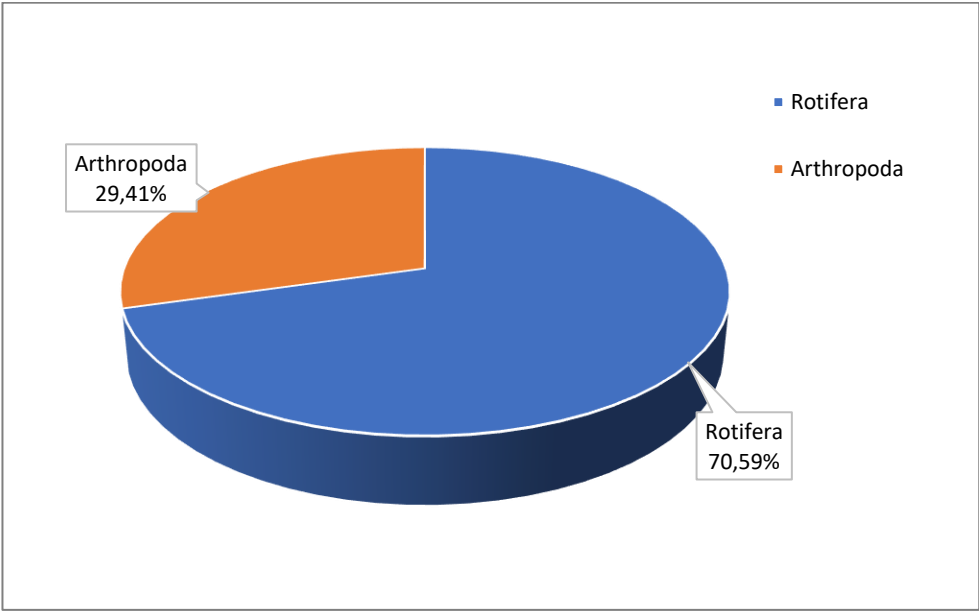


Figura 3. Riqueza de la comunidad de zooplancton a nivel de División en la ciénaga de Malambo.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

En la **Tabla 12** se observan las abundancias, densidades y abundancia relativa de la comunidad zooplanctónica la ciénaga de Malambo.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 46 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 12. Densidad y abundancia del ensamblaje Zooplanctónico registrado en la ciénaga de Malambo. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).

MORFOESPECIE	P1_699590			P2_699591			P3_699592		
	No. Ind	Ind/mL	AR	No. Ind	Ind/mL	AR	No. Ind	Ind/mL	AR
Daphniidae Mf	18	1,071	6,98	47	2,585	20,09	14	0,404	6,93
Cyclopoida Mf	2	0,119	0,78	4	0,220	1,71	1	0,029	0,50
Larva nauplio	30	1,785	11,63	28	1,540	11,97	20	0,577	9,90
Ostracoda Mf				1	0,055	0,43	4	0,115	1,98
<i>Filinia sp.</i>	60	3,570	23,26	40	2,200	17,09	10	0,288	4,95
<i>Hexarthra sp.</i>				1	0,055	0,43			
Philodinidae Mf				1	0,055	0,43			
<i>Brachionus sp.</i>	73	4,3435	28,29	13	0,715	5,56	10	0,288	4,95
<i>Brachionus sp. 1</i>	15	0,893	5,81	17	0,935	7,26	1	0,029	0,50
<i>Brachionus sp. 2</i>	37	2,202	14,34	15	0,825	6,41	18	0,519	8,91
<i>Brachionus sp. 3</i>	6	0,357	2,33	1	0,055	0,43	19	0,548	9,41
<i>Brachionus sp. 4</i>	9	0,536	3,49						
<i>Keratella sp.</i>	8	0,476	3,10	64	3,520	27,35	94	2,710	46,53
<i>Keratella sp. 1</i>							2	0,058	0,99
<i>Cephalodella sp.</i>				2	0,110	0,85	8	0,231	3,96
<i>Polyarthra sp.</i>							1	0,029	0,50
Riqueza (S)	10			13			13		
Abundancia (No.Ind)	258			234			202		
Densidad (Ind/ml)	15,351			12,870			5,824		

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 47 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

MORFOESPECIE	P4_699593			P5_699594			P6_699595		
	No. Ind	Ind/mL	AR	No. Ind	Ind/mL	AR	No. Ind	Ind/mL	AR
Daphniidae Mf	65	3,283	20,06	27	1,539	6,52			
Acariformes Mf	1	0,051	0,31						
Cyclopoida Mf	4	0,202	1,23	11	0,627	2,66	3	0,133	3,85
Larva nauplio	17	0,859	5,25	26	1,482	6,28	12	0,531	15,38
Ostracoda Mf	3	0,152	0,93	1	0,057	0,24			
<i>Filinia sp.</i>	76	3,838	23,46	64	3,648	15,46	11	0,487	14,10
<i>Hexarthra sp.</i>	1	0,051	0,31	1	0,057	0,24			
<i>Brachionus sp.</i>	10	0,505	3,09	135	7,695	32,61	25	1,106	32,05
<i>Brachionus sp. 1</i>				1	0,057	0,24			
<i>Brachionus sp. 2</i>	26	1,313	8,02	111	6,327	26,81	20	0,885	25,64
<i>Brachionus sp. 3</i>	5	0,253	1,54	23	1,311	5,56	3	0,133	3,85
<i>Brachionus sp. 4</i>				7	0,399	1,69	3	0,133	3,85
<i>Keratella sp.</i>	114	5,757	35,19	6	0,342	1,45	1	0,044	1,28
<i>Cephalodella sp.</i>	2	0,101	0,62	1	0,057	0,24			
Riqueza (S)		12			13			8	
Abundancia (No.Ind)		324			414			78	
Densidad (Ind/ml)		16,362			23,598			3,452	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

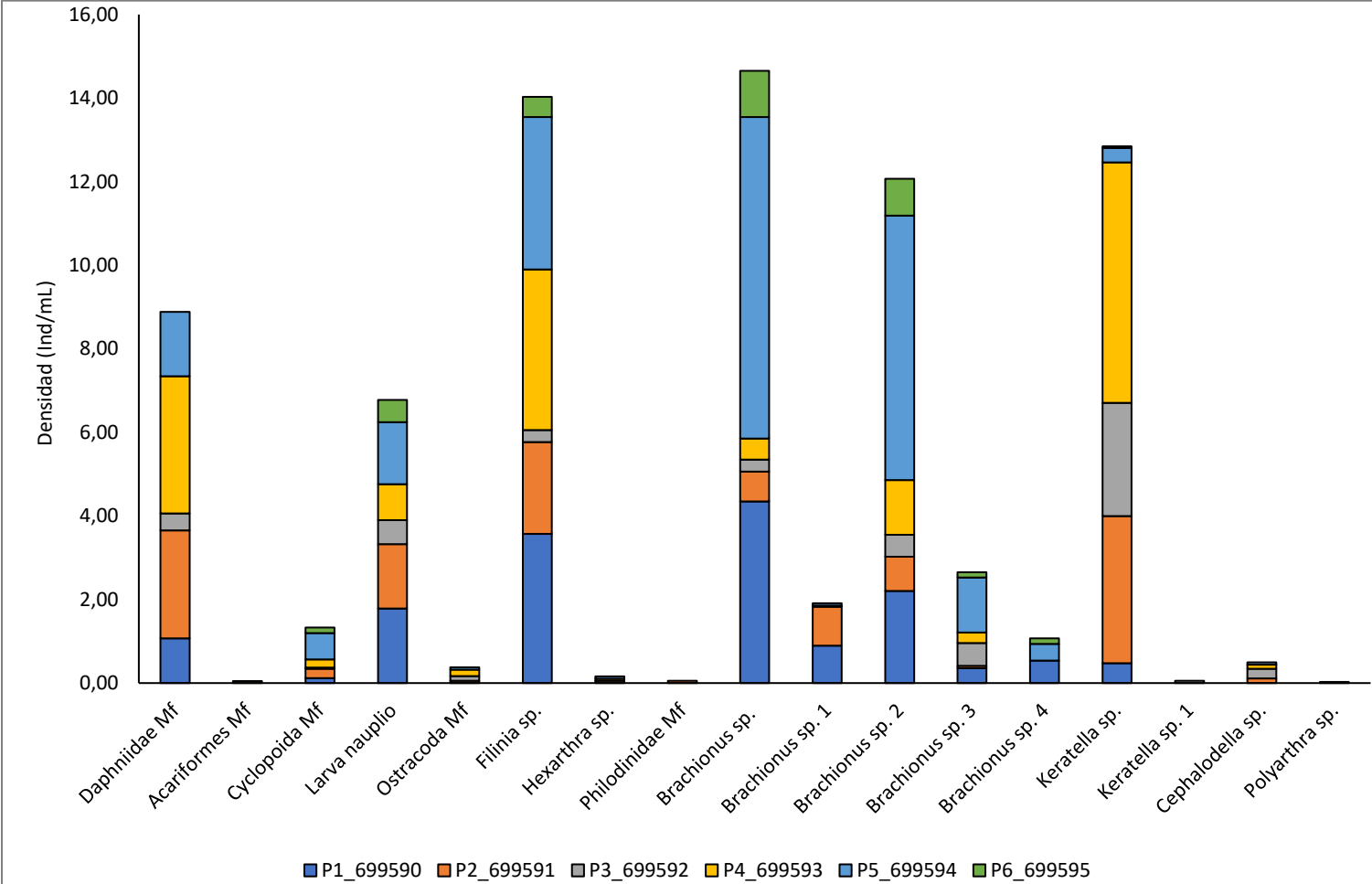


Figura 4. Densidad total de las morfoespecies de zooplancton en la ciénaga de Malambo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 49 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

A nivel de morfoespecies se evidenció que la morfoespecie de *Brachionus* sp. (14,653 Ind/ml), *Filinia* sp. (14,031 Ind/ml), *Keratella* sp. (12,850 Ind/ml) y *Brachionus* sp. 2 (12,071 Ind/ml) fueron las más representativas; mientras que, las morfoespecies restantes presentaron densidades por debajo de 9,000 Ind/L.

El género *Brachionus* se encuentra ampliamente distribuido en ecosistemas lénticos del departamento del Atlántico, Colombia, incluyendo ciénagas, embalses y lagunas costeras interiores. Estos rotíferos se caracterizan por su alta tolerancia a variaciones en la temperatura, salinidad y nutrientes, lo que les permite colonizar ambientes con amplio rango trófico, desde condiciones mesotróficas hasta hipereutróficas (Gómez-Ramírez *et al.*, 2020). En sistemas lénticos como la Ciénaga de Mallorquín, la Ciénaga del Uvero y cuerpos de agua asociados al Canal del Dique en su tramo costero, se ha documentado la presencia de *Brachionus calyciflorus*, *B. falcatus*, *B. havanaensis* y *B. plicatilis*, las cuales presentan dinámicas estacionales relacionadas con la disponibilidad de fitoplancton y la variabilidad hidroclimática (Mogollón & Mancera-Pineda, 2014). Estos rotíferos dominan el zooplancton en periodos de mayor temperatura y estabilidad hídrica, cuando el fitoplancton, principalmente clorofitas y cianobacterias, están más disponible. Su capacidad de reproducción partenogenética rápida les permite responder eficazmente a pulsos de productividad, siendo especies clave para la transferencia de energía hacia niveles tróficos superiores, como copépodos y larvas de peces (Gutiérrez *et al.*, 2017). Además, se ha propuesto el uso de *Brachionus* como bioindicador de calidad del agua en la región Caribe colombiana, dada su sensibilidad a compuestos tóxicos y su estrecha relación con la concentración de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo total (Caraballo *et al.*, 2019).

Por otra parte, el género *Filinia* es cosmopolita y comprende rotíferos microscópicos planctónicos caracterizados por cuerpos fusiformes o sac-like, con apéndices caudales espinosos y corona cilíndrica (Pennak, 1978). Sus especies dominan ambientes lénticos de nutrientes diversos, desde oligotróficos hasta eutróficos, prefiriendo aguas cálcico-alcalinas con temperaturas cálidas a templadas (Sládeček, 1983).

Estudios sobre comunidades de rotíferos en regiones costeras colombianas han documentado la presencia del género *Filinia* en sistemas como la Ciénaga Grande de Santa Marta, lo cual confirma su distribución en humedales con fluctuaciones de salinidad y diversos estados tróficos (Ávila-Parga, 1973).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 50 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Filinia longiseta y *F. terminalis* son indicadores frecuentes de eutrofia en aguas dulceacuícolas cálidas, con abundancia notable en lagunas y estanques someros. Estas especies se alimentan principalmente de bacterias y detritus fino ($< 3 \mu\text{m}$), lo que les permite proliferar en ambientes con alta carga orgánica y restos algales degradados (Naumann, 1923; Ooms-Wilms *et al.*, 1993).

El género *Keratella* comprende rotíferos cosmopolitas caracterizados por una lorica con espinas, reproducción partenogenética cíclica y una alta plasticidad ecológica. Su presencia es común en cuerpos de agua dulce de baja dinámica, como lagos, embalses y ciénagas. En Colombia, especialmente en ecosistemas lénticos del Caribe como los del departamento del Atlántico, *Keratella* figura como uno de los géneros dominantes del zooplancton, destacando por su capacidad de respuesta ante variaciones ambientales y su rol en el procesamiento de materia orgánica (Andrade-Sossa *et al.*, 2023; Colé *et al.*, 2018; Universidad de los Andes, 2016). En un análisis sobre el zooplancton de diversos embalses y lagunas del país, *Keratella* fue identificado como uno de los géneros con mayor frecuencia y distribución geográfica, lo que refleja su adaptabilidad a condiciones tróficas variables, especialmente en sistemas lénticos tropicales del norte colombiano (Andrade-Sossa *et al.*, 2023). En estudios realizados en humedales urbanos del Caribe colombiano, incluidos cuerpos de agua del Atlántico, *Keratella* fue categorizado dentro del grupo funcional de filtradores, aportando significativamente al reciclaje de nutrientes y al control de fitoplancton mediante su alimentación por filtración (Colé *et al.*, 2018). El monitoreo de zooplancton en ecosistemas lénticos de baja altitud ($< 1000 \text{ m s.n.m.}$) del norte del país ha documentado que *Keratella* tiende a dominar durante fases de alta productividad y estabilidad hídrica, lo cual es característico de muchas ciénagas del Atlántico (Universidad de los Andes, 2016). *Keratella* ha sido registrada de manera consistente en estudios realizados en ciénagas, embalses y humedales del Caribe colombiano, con presencia documentada en ambientes lénticos del departamento del Atlántico (Andrade-Sossa *et al.*, 2023). Este género actúa como filtrador planctónico, consumiendo bacterias, microalgas y detritos, y facilitando el flujo de energía hacia niveles tróficos superiores, lo cual es fundamental en ecosistemas con alta carga orgánica, como los del litoral atlántico (Colé *et al.*, 2018). *Keratella* presenta aumentos poblacionales durante fases de mayor productividad primaria, gracias a su rápida tasa de reproducción y su tolerancia a fluctuaciones térmicas y tróficas. Esta dinámica se ha observado en cuerpos lénticos del Caribe colombiano (Andrade-Sossa *et al.*, 2023; Universidad de los Andes, 2016). Su sensibilidad a la eutrofización y su capacidad de proliferación en condiciones de enriquecimiento trófico hacen del género *Keratella* un indicador biológico útil para el

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 51 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

diagnóstico del estado ecológico en lagunas y ciénagas tropicales (Segers, 2007; Andrade-Sossa et al., 2023).

5.1.1.2.1 Índices ecológicos

Los valores de los índices ecológicos, según Shannon, muestran una diversidad baja para la mayoría de los puntos monitoreados en la ciénaga. Caso similar ocurre con el índice de Margalef, donde la mayoría de los puntos presentan valores inferiores a 2 bits/Individuos, indicando diversidad baja, exceptuando los puntos P2_699591 y P3_699592. En general, estos valores indican que la comunidad zooplanctónicas es poco variada y escasamente diversa en la mayoría de los puntos.

Por otra parte, el índice de equidad de Pielou, indica que la comunidad presenta densidades con tendencia a la equitatividad, con valores entre 0,694 y 0,837; lo cual es ratificado por el índice de dominancia de Simpson, cuyos valores entre 0,172 y 0,255 indican que la comunidad no presenta dominancias de especies (**Tabla 13**).

Tabla 13. Índices de diversidad para la comunidad de zooplancton en la ciénaga de Malambo.

	P1_699590	P2_699591	P3_699592	P4_699593	P5_699594	P6_699595
Taxa_S	10	13	13	12	13	8
Individuals	258	234	202	324	414	78
Dominance_D	0,179	0,172	0,255	0,230	0,215	0,217
Shannon_H	1,926	1,964	1,835	1,723	1,804	1,710
Margalef	1,621	2,200	2,261	1,903	1,991	1,607
Equitability_J	0,837	0,766	0,716	0,694	0,704	0,822

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 52 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.1.3 Perifiton

El ensamblaje Perifítico en los sistemas lóticos es el principal punto de entrada de energía y actúa como indicador de la calidad del agua además de ser un componente esencial en la trama trófica, sirviendo de alimento para diferentes organismos heterótrofos (Ramírez & Viña, 1998). Para el ensamblaje perifítico en la ciénaga de malambo, reportó un total 1773 individuos con una densidad total 14874,667Ind/cm², agrupados en 15 morfoespecies, 14 familias, 12 órdenes, 7 clases y 3 Phyla (**Tabla 14**).

Tabla 14. Taxonomía del ensamblaje perifítico registrado en el Ciénaga de Malambo.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Actinastrum sp.</i>
			Oocystaceae	<i>Oocystis sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Dolichospermum sp.</i>
		Oscillatoriales	Microcoleaceae	<i>Arthrospira sp.</i>
			Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
				<i>Nitzschia sp. 1</i>
		Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra sp.</i>
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>
		Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella sp.</i>
		Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae
	Cyanophyceae	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Aphanocapsa sp.</i>
	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Strombomonas sp.</i>
	Ulvophyceae	Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix sp.</i>

Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.

Para este monitoreo las Heterokontophyta(diatomeas) aportaron la mayor riqueza de morfoespecies agrupando el 66,67%, seguida por las Cyanobacterias con 20%. Mientras que, Chlorophyta presentó el menor número de morfoespecies con el 13,33% (**Figura 5**).

La alta presencia de morfoespecies de diatomeas (Heterokontophyta) en la composición general se debe a que estos organismos se caracterizan principalmente por segregar estructuras mucilaginosas las cuales permiten adherirse a los diferentes sustratos ofrecidos

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 53 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

por el cuerpo de agua (Pinilla, 1998), además son los productores primarios más abundantes y juegan un importante rol en la red trófica bentónica constituyendo una fuente alimenticia sustancial para los organismos que se alimentan de ellas (Gómez *et al.*, 2009). Lowe & Laliberte (1996) indicaron que las diatomeas son el grupo más abundante entre las algas bentónicas (en los microhábitats epipélicos). Entre los indicadores biológicos son los que poseen tiempos de generación más cortos respondiendo rápidamente a los cambios ambientales.

Las Cyanobacterias, por ser productores primarios juegan un papel fundamental en las redes tróficas y además contribuyen en el ciclo de nutrientes, en procesos metabólicos como la fijación de oxígeno, también se caracterizan por presentar un buen balance energético, lo que les permite realizar sus funciones con poco suministro de energía, lo cual les confiere cierta ventaja, en especial en aquellos cuerpos de agua con alto grado de turbidez, ya sea por crecimiento de otros organismos planctónicos, o por el aporte continuo de sedimentos (Fay 1992 en Comba-Gonzáles, 2009).

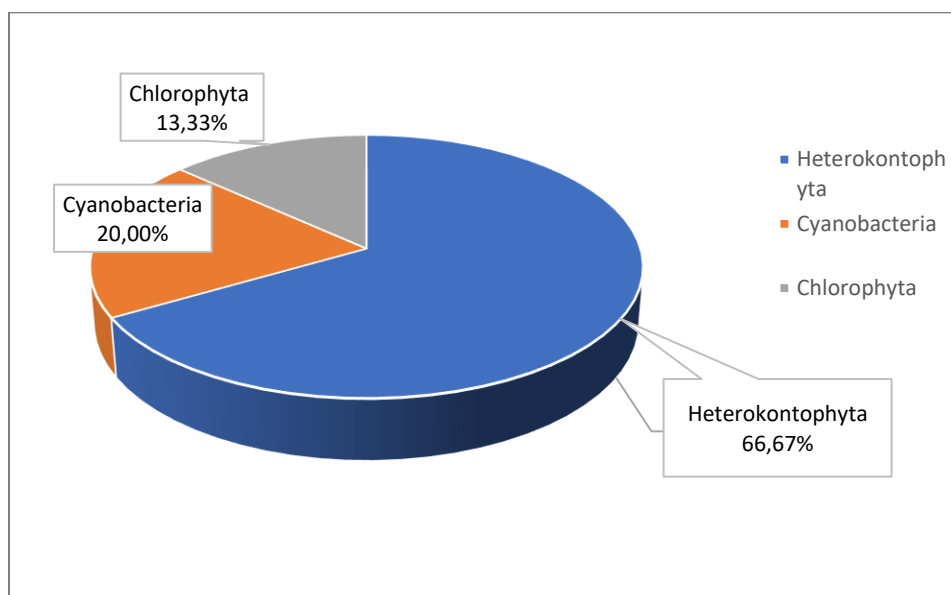


Figura 5. Riqueza del ensamblaje perifítico a nivel de División en la C. de Malambo.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 54 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

En la ciénaga las morfoespecies reportadas con mayor densidad fueron: *Nitzschia* sp y *Artrospira* sp con valores de 5006,223 Ind/cm² y 4042,444 Ind/cm² respectivamente, seguido de *Oscillatoria* sp. sp. (1176,222 Ind/cm²) sp y *Gomphonema* (1059,556 Ind/cm²). Por otra parte, *Nitzschia* sp1 registró el valor más bajo de densidad con 15,556 Ind/cm² (**Figura 6**).

Los organismos asociados al género *Nitzschia*, son comunes en sistemas meso a eutróficos, tolerantes a altos contenidos de sedimentos y conductividades (Bellinger & Sigee, 2010). Por último, es de resaltar que las cianobacterias pertenecientes al género *Oscillatoria* es descrita por Pinilla (2000), como un género asociado a cuerpos de agua estratificados, en estados de sucesión avanzada, con alta concentración de sedimentos y altos valores de conductividad; y con cuerpos de agua ricos en nutrientes que se caracterizan por frecuentes proliferaciones de algas y poca transparencia.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 55 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 15. Densidad y abundancia del ensamblaje perifítico registrado en la C. de Malambo. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).

MORFOESPECIE	P1_699590			P2_699591			P3_699592			P4_699593		
	No. Ind	Ind/cm ²	AR	No. Ind	Ind/cm ²	AR	No. Ind	Ind/cm ²	AR	No. Ind	Ind/cm ²	AR
<i>Actinastrum sp.</i>												
<i>Oocystis sp.</i>												
<i>Dolichospermum sp.</i>												
<i>Arthrospira sp.</i>												
<i>Oscillatoria sp.</i>												
<i>Nitzschia sp.</i>												
<i>Nitzschia sp. 1</i>												
<i>Gomphonema sp.</i>												
<i>Synedra sp.</i>												
<i>Navicula sp.</i>												
<i>Cyclotella sp.</i>												
<i>Aulacoseira sp.</i>												
<i>Aphanocapsa sp.</i>												
<i>Strombomonas sp.</i>												
<i>Ulothrix sp.</i>												
Riqueza (S)	5			6			6			5		
Abundancia (No.Ind)	96			110			121			116		
Densidad (Ind/cm ²)	149,333			171,111			1882,222			154,667		

Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 56 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

		P5_699594		P6_699595		
MORFOESPECIE	No. Ind	Ind/cm ²	AR	No. Ind	Ind/cm ²	AR
<i>Actinastrum sp.</i>	22	78,222	2,22			
<i>Oocystis sp.</i>	9	32,000	0,91			
<i>Dolichospermum sp.</i>						
<i>Arthrospira sp.</i>	299	1063,111	30,11	104	2773,333	30,86
<i>Oscillatoria sp.</i>	154	547,556	15,51	16	426,667	4,75
<i>Nitzschia sp.</i>	345	1226,667	34,74	86	2293,333	25,52
<i>Nitzschia sp. 1</i>						
<i>Gomphonema sp.</i>				39	1040,000	11,57
<i>Synedra sp.</i>	21	74,667	2,11			
<i>Navicula sp.</i>	66	234,667	6,65	22	586,667	6,53
<i>Cyclotella sp.</i>	77	273,778	7,75	46	1226,667	13,65
<i>Aulacoseira sp.</i>						
<i>Aphanocapsa sp.</i>				5	133,333	1,48
<i>Strombomonas sp.</i>				8	213,333	2,37
<i>Ulothrix sp.</i>				11	293,333	3,26
Riqueza (S)		8			9	
Abundancia (No.Ind)		993			337	
Densidad (Ind/cm²)		3530,667			8986,667	

Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.

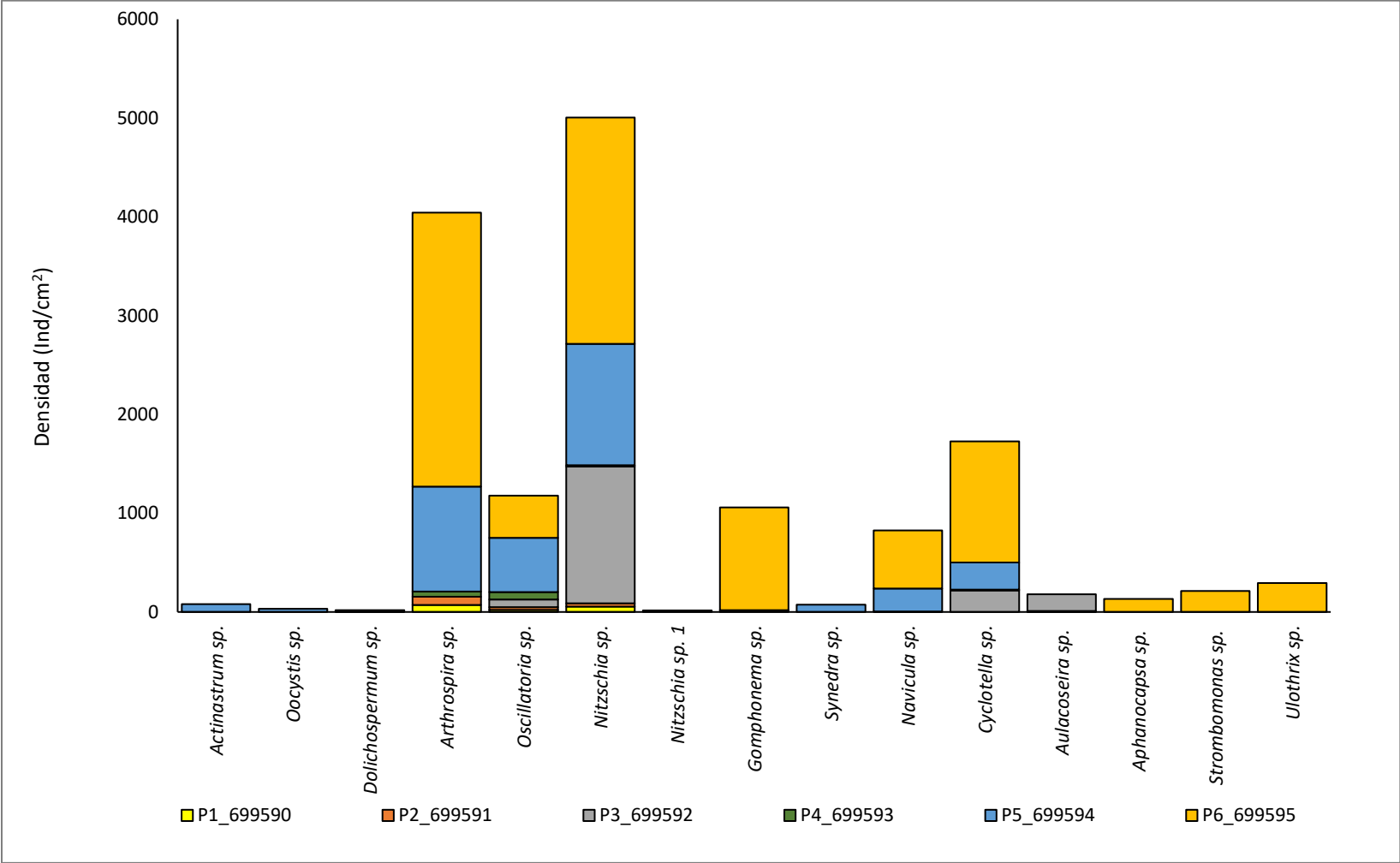


Figura 6. Densidad total de las morfoespecies de perifiton en la C. de Malambo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 58 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

1.1.1.1.2. Índices ecológicos

En la **Tabla 16** se muestran los índices ecológicos calculados para los puntos de la ciénaga de Malambo del ensamblaje Perifítico, en el cual se puede evidenciar valores bajos de diversidad según los índices de Shannon_H y Margalef, para todos los puntos de muestreo. El valor más alto que se registró para el índice de Shannon_H fue de 1,83 bits/individuo; mientras que el valor más bajo fue 0,9251 bits/individuo, esto en los puntos P6_699595 y P3_699592 respectivamente. Mientras que, para Margalef, el valor más alto que se registró fue 1,375 en el punto P6_699595 y el valor más bajo fue 0,8415 en el P4_699594.

Los puntos de muestreo que registraron baja dominancia fueron: P6_699595 con 0,1984 y P5_699594 con 0,2461 la mayor dominancia se registró en P3_699592 con 0,5609. El índice de equidad registró valores que oscilaron entre 0,5047 (P3_699592) donde se observaron que algunas morfoespecies registran que una morfoespecie concentra la mayor abundancia relativa (*Nitzschia* sp) el valor más alto de equidad se presentó en P6_699595 con 0,8277 valor asociado a que hay una mejor distribución de las abundancias relativas de las morfoespecies que lo conforman.

Tabla 16. Índices ecológicos del ensamblaje Perifítico en la C. de Malambo.

	P1_699590	P2_699591	P3_699592	P4_699593	P5_699594	P6_699595
Taxa_S	5	6	6	5	8	9
Individuals	96	110	121	116	993	337
Dominance_D	0.3649	0.3086	0.5609	0.3613	0.2461	0.1984
Shannon_H	1,143	1,416	0.9251	1,204	1,608	1.83
Margalef	0.8764	1,064	1,043	0.8415	1,014	1,375
Equitability_J	0.6971	0.7774	0.5047	0.7374	0.7718	0.8277

Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 59 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.1.4 Macroinvertebrados Bentónicos

Para el ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos se registró una densidad de 2890,000 Ind/m² y abundancia de 289 individuos, distribuidos en once (11) morfoespecies, siete (7) familias (uno no determinado), siete (7) órdenes, cuatro (4) clases y tres (3) Phyla (Tabla 17).

Tabla 17. Taxonomía del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. de Malambo.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Annelida	Clitellata	Hirudinida	ND	Rhynchobdellida Mf
Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae Mf (Larva)
			Chironomidae	Chironomidae Mf (Larva)
				Chironomidae Mf 1 (Larva)
Mollusca	Bivalvia	Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicula</i> sp.
	Gastropoda	Architaenioglossa	Ampullariidae	Ampullariidae Mf
				<i>Biomphalaria</i> sp.
		Basommatophora	Planorbidae	<i>Drepanotrema</i> sp.
				<i>Drepanotrema</i> sp. 1
		Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides</i> sp.
		Littorinimorpha	Cochliopidae	<i>Pyrgophorus</i> sp.

Fuente: Labormar S.A.S., 2025.

En relación con la contribución de los phyla a la densidad de la comunidad bentónica en la ciénaga de Malambo, se evidenció un claro predominio de los grupos Mollusca y Arthropoda, los cuales representaron el 63,64 % y 27,27 % del total, respectivamente. El phylum Annelida aportó el 9,09 % restante (Figura 7).

El predominio de los phyla Arthropoda y Mollusca podría reflejar su adaptabilidad a las condiciones del hábitat, como la presencia de sustratos adecuados o su tolerancia a las condiciones de contaminación. Los artrópodos se consideran uno de los grupos más exitosos a nivel mundial, debido a sus amplias ventajas evolutivas (Viejo-Montesinos, 2011), que les han permitido participar en diversos procesos ecológicos y formar parte fundamental de la mayoría de las cadenas tróficas en todos los ambientes (Ribera & Foster, 1997).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 60 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

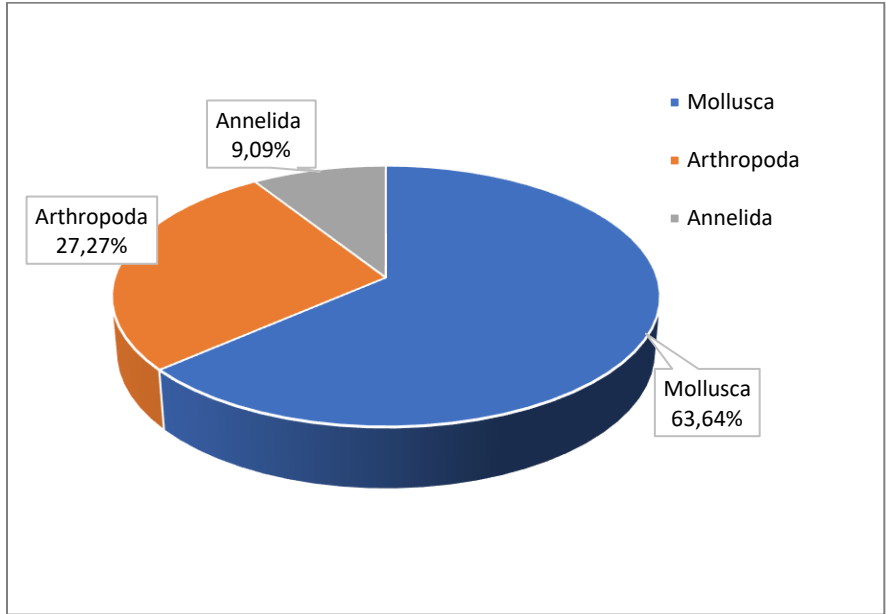


Figura 7. Riqueza del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos a nivel de phylum en la C. de Malambo. Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 61 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 18. Densidad y abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. de Malambo.

MORFOESPECIE	P1_699590			P2_699591			P3_699592		
	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR
Ceratopogonidae Mf (Larva)							1	10,000	3,70
Chironomidae Mf (Larva)	5	50,000	25,00	6	60,000	35,29	12	120,000	44,44
Chironomidae Mf 1 (Larva)							1	10,000	3,70
<i>Corbicula</i> sp.							2	20,000	7,41
<i>Drepanotrema</i> sp.	6	60,000	30,00	1	10,000	5,88			
<i>Melanoides</i> sp.	2	20,000	10,00	9	90,000	52,94	2	20,000	7,41
<i>Pyrgophorus</i> sp.	7	70,000	35,00	1	10,000	5,88	9	90,000	33,33
Riqueza (S)		4			4			6	
Abundancia (No.Ind)		20			17			27	
Densidad (Ind/m²)		200,000			170,000			270,000	

MORFOESPECIE	P4_699593			P5_699594			P6_699595		
	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR
Rhynchobdellida Mf	5	50,000	2,46						
Chironomidae Mf (Larva)	10	100,000	4,93	1	10,000	14,29	8	80,000	53,33
Chironomidae Mf 1 (Larva)	19	190,000	9,36						
<i>Corbicula</i> sp.							1	10,000	6,67
Ampullariidae Mf	3	30,000	1,48						
<i>Biomphalaria</i> sp.	26	260,000	12,81						
<i>Drepanotrema</i> sp.	1	10,000	0,49	2	20,000	28,57	1	10,000	6,67

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 62 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

MORFOESPECIE	No. Ind	P4_699593		No. Ind	P5_699594		No. Ind	P6_699595	
		Ind/m ²	AR		Ind/m ²	AR		Ind/m ²	AR
<i>Drepanotrema</i> sp. 1	3	30,000	1,48						
<i>Melanoides</i> sp.	12	120,000	5,91				2	20,000	13,33
<i>Pyrgophorus</i> sp.	124	1240,000	61,08	4	40,000	57,14	3	30,000	20,00
Riqueza (S)		9			3			5	
Abundancia (No.Ind)		203			7			15	
Densidad (Ind/m²)		2030,000			70,000			150,000	

Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 63 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

La morfoespecie con mayor densidad registrada en la ciénaga fue *Pyrgophorus* sp., con un valor total de 1480,000 Ind/m². Le siguieron en densidad Chironomidae Mf (larva), Melanoides sp. y Biomphalaria sp., con valores totales de 420,000 Ind/m²; 270,000 Ind/m² y 260,000 Ind/m², respectivamente. En contraste, la menor densidad se observó para Ceratopogonidae Mf (larva), con un valor de 10,000 Ind/m² (**Figura 8**).).

Las especies del género *Pyrgophorus* son consideradas potencialmente invasoras debido a su capacidad para alcanzar densidades poblacionales muy altas, lo que les permite competir de manera agresiva por recursos con otras especies acuáticas nativas. Este fenómeno ha sido reportado por diversos estudios, como el de Nava *et al.* (2011), que destaca la rapidez con la que estas especies pueden expandirse y establecerse en nuevos ambientes. El impacto de *Pyrgophorus* en las comunidades acuáticas nativas es considerable, ya que no solo compiten por recursos como alimento y espacio, sino que también pueden alterar el hábitat y ejercer presión sobre otras especies a través de la depredación (Ng *et al.*, 2016).

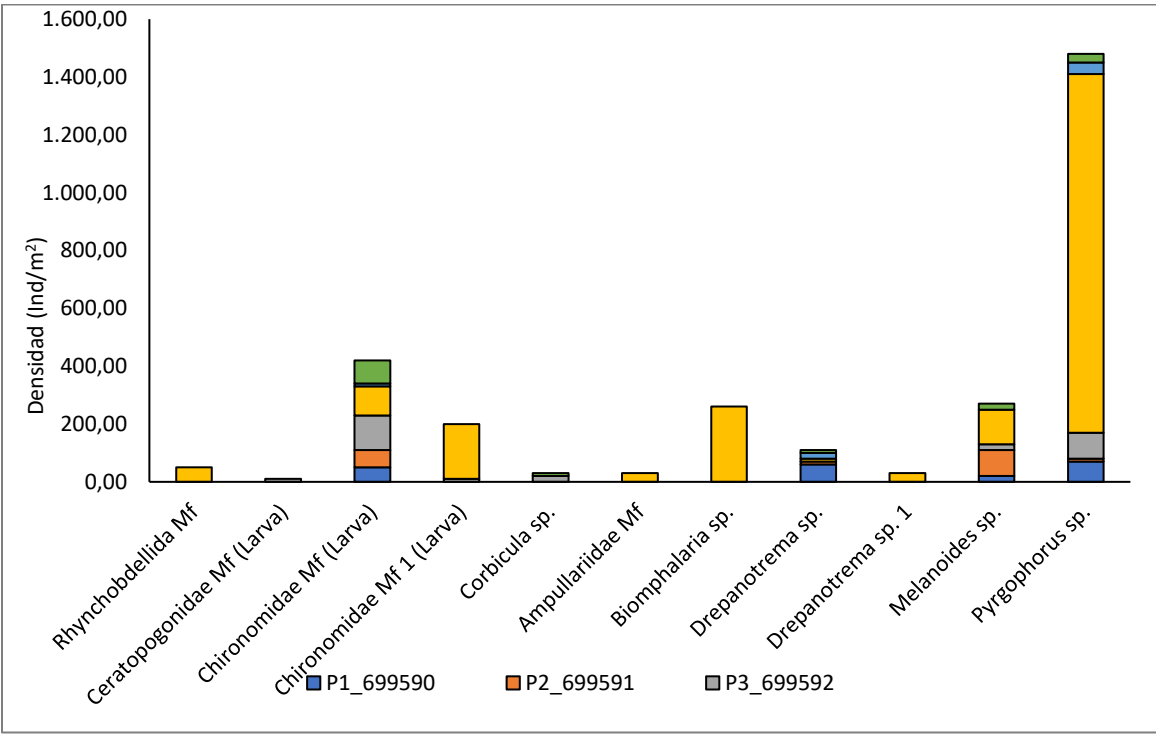


Figura 8. Densidad total de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la C. de Malambo.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 64 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.1.4.1 Índices ecológicos.

Los índices de Shannon-H y Margalef evidenciaron una diversidad baja, con valores inferiores a 2 bits/individuo. Este resultado sugiere que el ensamblaje biológico está conformado por pocas morfoespecies.

El índice de equidad mostró valores altos en la mayoría de los puntos monitoreados, con excepción del punto P4_699593, donde se registró una equitatividad moderada. Esto indica una distribución relativamente equilibrada de las morfoespecies en la mayoría del sistema. Por su parte, el índice de Simpson (Dominance_D) presentó valores bajos a moderados, lo cual es congruente con los resultados del índice de equidad, reforzando la interpretación de una baja dominancia específica. Estos patrones sugieren que, a pesar de la baja diversidad en términos de riqueza, la comunidad bentónica presenta una distribución uniforme de los individuos entre las especies presentes (**Tabla 19**).

Tabla 19. Índices ecológicos del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en la C. de Malambo.

	P1_699590	P2_699591	P3_699592	P4_699593	P5_699594	P6_699595
Taxa_S	4	4	6	9	3	5
Individuals	20	17	27	203	7	15
Dominance_D	0,285	0,412	0,322	0,405	0,429	0,351
Shannon_H	1,305	1,038	1,356	1,343	0,956	1,287
Margalef	1,001	1,059	1,517	1,506	1,028	1,477
Equitability_J	0,942	0,749	0,757	0,611	0,870	0,800

Fuente: LABORMAR S.A.S.,2025.

5.1.1.4.2 Índice BMWP (Col).

De acuerdo con el índice BMWP/Col propuesto por Roldán (2003), se asignaron los puntajes correspondientes a cada familia en función de las morfoespecies registradas. Los puntos P1_699590, P2_699591, P3_699592, P5_699594 y P6_699595 presentaron aguas fuertemente contaminadas, clasificadas como de calidad muy crítica (clase V). Por su parte, el punto P4_699593 arrojó un puntaje correspondiente a aguas muy contaminadas (clase IV), lo que sugiere un estado de deterioro severo, pero ligeramente menos crítico en comparación con los demás puntos evaluados (**Tabla 20**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 65 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 20. Índice BMWP (Col) del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. de Malambo.

Puntos de Muestreo	P1_699590	Puntaje	P2_699591	Puntaje	P3_699592	Puntaje
Familias	Chironomidae	2	Chironomidae	2	Ceratopogonidae	3
	Planorbidae	5	Planorbidae	5	Chironomidae	2
	Thiaridae	5	Thiaridae	5	Thiaridae	5
BMWP	12		12		10	
Calidad	Muy Critica		Muy Critica		Muy Critica	
Clase	V		V		V	
Significado	Aguas Fuertemente Contaminadas		Aguas Fuertemente Contaminadas		Aguas Fuertemente Contaminadas	
Puntos de Muestreo	P4_699593	Puntaje	P5_699594	Puntaje	P6_699595	Puntaje
Familias	Ampullariidae	9	Chironomidae	2	Chironomidae	2
	Chironomidae	2	Planorbidae	5	Planorbidae	5
	Planorbidae	5	Thiaridae			5
	Thiaridae	5				
BMWP	21		7		12	
Calidad	Critica		Muy Critica		Muy Critica	
Clase	IV		V		V	
Significado	Aguas Muy Contaminadas		Aguas Fuertemente Contaminadas		Aguas Fuertemente Contaminadas	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 66 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.1.5 Peces

La composición taxonómica de la fauna íctica registrada en la ciénaga de Malambo, estuvo conformada por una morfoespecie, pertenecientes a la familia Cichlidae, del orden Perciformes, de la clase Actinopterygii y del phylum Chordata (**Tabla 21**).

Se identificó la morfoespecie *Oreochromis niloticus*; Se capturaro en el punto P3_699592, mientras que el resto de puntos no se registraron capturas a pesar del esfuerzo de muestreo.

En la **Tabla 23**, se muestran los datos de las tallas y pesos de los individuos capturados. El individuo de la morfoespecie *Oreochromis niloticus*, registró un valor de 24,6 cm de Longitud Total, 15,7 cm de Longitud estándar y un peso de 294,0 g. *Oreochromis niloticus* es una especie de importancia económica, al ser cultivada para Consumo humano (Con.) (Beltrán *et al.*, 2001). Sin embargo, las especies de este género son introducidas y se consideras potenciales plagas (De Silva *et al.*, 2004).

Tabla 21. Taxonomía íctica registrada en los puntos de monitoreo.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE/MORFO	N. COMÚN
Chordata	Actinopterygii	Perciformes	Cichlidae	<i>Oreochromis</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Mojarra Lora

Fuente: Labormar S.A.S. 2025.

Tabla 22. Riqueza y abundancia del ensamblaje íctico de la ciénaga de Malambo.

ESPECIE/MORFO	P3_699592
<i>Oreochromis niloticus</i>	1
Riqueza (S)	1
Abundancia (No.Ind)	1

Fuente: Labormar S.A.S. 2025.

Tabla 23. Medidas morfométricas de la ictiofauna.

Puntos	Nombre científico	Wt (g)	Lt (cm)	Ls (cm)	Lh (cm)
P3_699592	<i>Oreochromis niloticus</i>	294,0	24,6	15,7	N.A.
	Promedio	294,00	24,60	15,70	N.A.
	Máximo	294,0	24,6	15,7	N.A.
	Mínimo	294,0	24,6	15,7	N.A.

Fuente: Labormar S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 67 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.1.1 Categorías de amenazas, usos y gremios tróficos

Para determinar las categorías de amenaza, se consultó la Resolución 0126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el libro rojo de peces dulceacuícolas (Mojica, 2012) y el listado de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, www.iucnredlist.org).

En la **Tabla 24**, se presentan las categorías de amenaza y uso de la morfoespecie registrada en los puntos monitoreados, donde se muestra que las morfoespecies no se registran en el CITES, ni libro rojo, y tampoco en la Resolución 0126 de 2024. Dentro del IUCN se catalogan como preocupación menor (LC).

Tabla 24. Categorías de amenazas y usos de la fauna íctica en los puntos monitoreados.

MORFOESPECIE	Nombre Común	CATEGORIA DE AMENAZA				Distribución	USO
		RES/0126 2024	LIBRO ROJO	CATEGORÍA IUCN	CITES		
<i>Oreochromis niloticus</i>	Mojarra Lora	N. I.	N. E.	LC	N. E.	C	Consumo
Categorías de Amenaza: Resolución 0126 de 2024(EN: En peligro; VU: vulnerable, NI: no incluida); IUCN y Libro Rojo de peces continentales de Colombia (DD: datos deficientes, LC: preocupación menor, NT: casi amenazado, VU: vulnerable, EN: en peligro, CR: en peligro crítico, EW: extinto en estado silvestre, EX: extinto, NE: no evaluado) NA: No aplica. Usos: especies de consumo (CON); Ornamentales (ORN); Distribución: Cosmopolita (C), Restringida (R), Casi endemica (CE) y Endemica (E).							

Fuente: Labormar S.A.S. 2025.

5.1.1.5.1 Índices Ecológicos

No fue posible correr el índice debido a que se registraron pocas morfoespecies.

5.1.1.6 Macrófitas acuáticas

La riqueza de Macrófitas en el punto de monitoreo fue baja, registrándose dos morfoespecies (*Pistia stratiotes* y *Pontederia crassipes*) pertenecientes a las familias Araceae y Pontederiaceae. De los órdenes Alismatales y Commelinales, respectivamente. Pertenecientes a la Clase y Phylum Magnoliopsida y Tracheophyta. La cobertura total de Macrófitas acuáticas más alta la registró *Pontederia crassipes* con 93,90 %, seguida de *Pistia stratiotes* con 6,10% (**Tabla 25**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 68 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Pontederia crassipes ha invadido los sistemas de agua dulce en los cinco continentes y, según los modelos de cambio climático, su distribución puede expandirse a latitudes más altas a medida que aumentan las temperaturas (Hellmann *et al.*, 2008; Rahel & Olden, 2008; Rodríguez-Gallego *et al.*, 2004). Sin embargo, esta maleza es considerada un recurso de inmenso potencial. La enorme biomasa se ha empleado en el tratamiento de aguas residuales, la remediación de metales pesados, la eliminación de tinte, como fuente de biocombustible, en la generación de electricidad, las industrias, en alimentos humanos y antioxidantes, en medicamentos, en la alimentación animal, la agricultura, la alelopatía y la fabricación de artículos del hogar (Patel, 2012).

Por otra parte, *Pistia stratiotes* posee una producción de semillas, la cual es fundamental porque pueden permanecer latentes durante meses y resistir la sequía o la congelación (McCann *et al.*, 1996). Además, estas plantas pueden bioacumular cantidades considerables de metales pesados, por lo que el detritus bajo algunas esteras podría ser tóxico (Dray & Center, 2002).

Tabla 25. Riqueza y porcentaje de las Macrófitas acuáticas de C. Malambo.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Tracheophyta	Magnoliopsida	Alismatales	Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>
		Commelinales	Pontederiaceae	<i>Pontederia crassipes</i>

Fuente: Labormar,2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 69 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 26. Riqueza y porcentaje de las Macrófitas acuáticas en Mesolandia.

MORFOESPECIE	P3_699592 Cobertura (%)	P4_699593 Cobertura (%)	P6_699595 Cobertura (%)
<i>Pistia stratiotes</i>	1,0		4,0
<i>Pontederia crassipes</i>		3,0	74,0
Riqueza (S)	1	1	2
Cobertura Por Punto (%)	1,0	3,0	78,0

Fuente: Labormar, 2025.

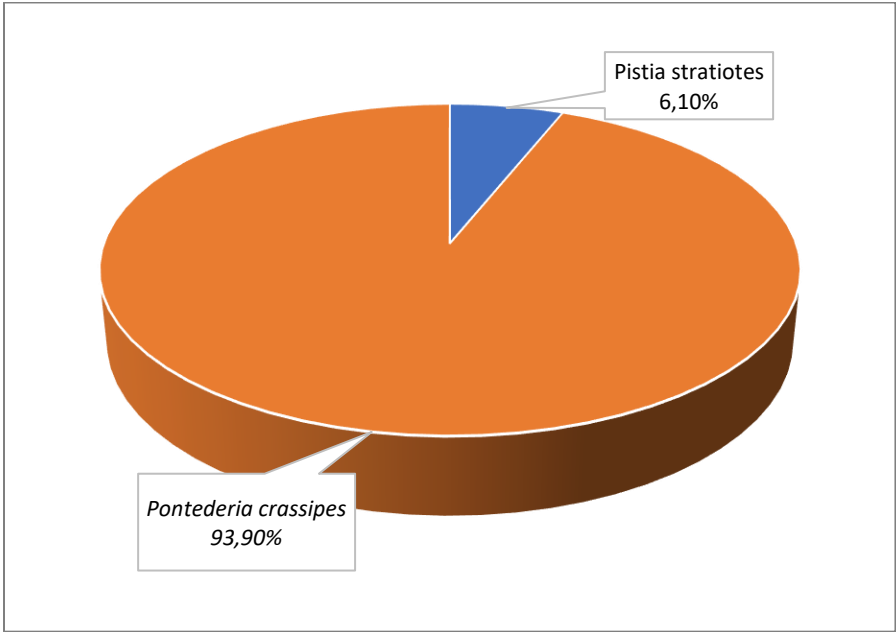


Figura 9. Cobertura (%) de Macrófitas acuáticas en Malambo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 70 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.2 Ciénaga El Convento

5.1.2.1 Fitoplancton

En la **Tabla 27** se presenta el resumen taxonómico del ensamblaje fitoplanctónico de la ciénaga, que incluyó cinco morfoespecies con una densidad total de 0,582 ind/ml. Estas especies corresponden a cinco familias y cinco órdenes, distribuidas en cuatro clases y cuatro phyla. La riqueza específica (**Figura 10**) se distribuyó de la siguiente manera: dos especies del phylum Cyanobacteria (40 % del total), y una morfoespecie cada una de los phyla restantes que presentaron el 20 % de las taxa.

Tabla 27. Taxonomía de la comunidad fitoplanctónica hallada en C. El Convento.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum</i> sp.
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Raphidiopsis</i> sp.
		Oscillatoriales	Microcoleaceae	<i>Planktothrix</i> sp.
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp.
Heterokontophyta	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i> sp.

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

Las Cyanobacteria destacan por su notable resistencia a ambientes extremos y capacidad para formar floraciones nocivas (FAN), eventos frecuentemente asociados con temporadas cálidas y aguas de pH circumneutral a ligeramente alcalino (Roldán & Ramírez, 2008). Las Chlorophyta se presentan en ecosistemas con alta productividad primaria, particularmente en aquellos en donde la relación de fósforo y nitrógeno es alta (Pinilla & Duarte, 2008). Las Eulenzoa se asocia con ambientes enriquecidos en materia orgánica, mientras que Heterokontophyta es señal de aguas poco profundas o con alta turbulencia (Pinilla, 2000).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 71 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

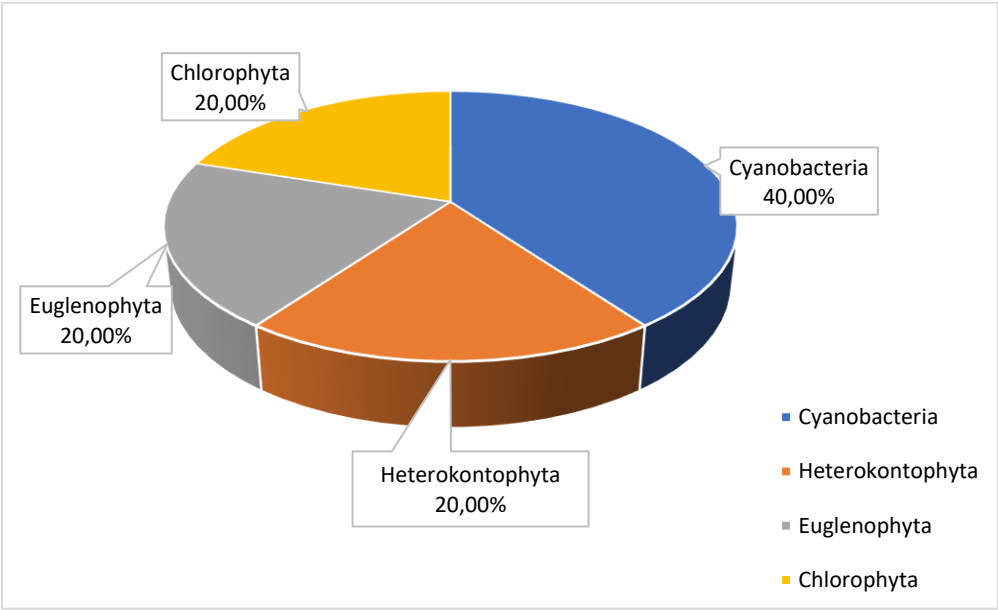


Figura 10. Riqueza del ensamblaje fitoplanctónico a nivel de División en la C. El Convento.
Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

A nivel espacial, los puntos monitoreados reportaron valores similares en riqueza y densidad con 3 taxones y 0,263 ind/ml en el punto P1_699588, y 4 taxones con 0,320 ind/ml en el punto P2_699589 como se puede apreciar en la. (Tabla 28).

Tabla 28. Densidad y abundancia del ensamblaje fitoplanctónico registrado C. El Convento. Abreviaturas:
Abundancia relativa (AR).

MORFOESPECIE	P1_699588			P2_699589		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
<i>Pediastrum sp.</i>	8	0,060	22,86	8	0,069	21,62
<i>Raphidiopsis sp.</i>				3	0,026	8,11
<i>Planktothrix sp.</i>	18	0,135	51,43	24	0,207	64,86
<i>Euglena sp.</i>				2	0,017	5,41
<i>Cyclotella sp.</i>	9	0,068	25,71			
Riqueza (S)		3			4	
Abundancia (No. Ind)		35,000			37,000	
Densidad (Ind/ml)		0,263			0,320	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2024

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 72 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Con respecto a las morfoespecies, *Planktothrix* sp. alcanzó la mayor densidad observada en el monitoreo (0,342 ind/ml), seguido por *Pediastrum* sp. (0,129 ind/ml) y *Cyclotella* sp., las cuales presentaron una densidad de 0,129 Ind/ml y 0,068 Ind/ml respectivamente (**Tabla 28** , **Figura 11**). La filamentosa *Planktothrix* sp se presentan en sistemas acuáticos con buenas condiciones de nutrientes y altas temperaturas. *Pediastrum* sp., un alga colonial frecuente en ambientes ricos en nutrientes, capaces de formar colonias en agua con baja turbulencia. Finalmente, el género *Cyclotella* puede encontrarse en aguas de diferente nivel trófico (Bellinger and Sigeo, 2010).

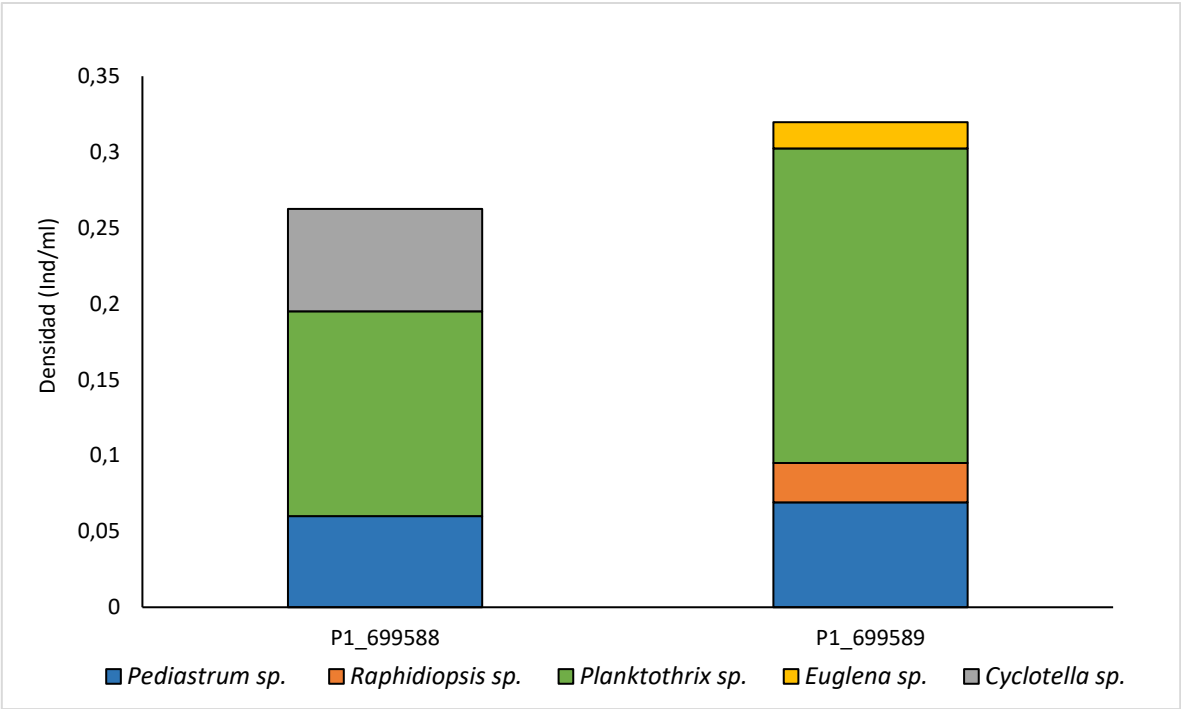


Figura 11. Densidad total de las morfoespecies de fitoplancton en la C. El Convento.
Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

1.1.1.1.1. Índices ecológicos

La diversidad de la ciénaga, evaluada a través del índice de Margalef, al igual que el índice de Shannon, que integra tanto la riqueza como la equitatividad de las abundancias, revela un ensamblaje con baja diversidad, particularmente en P2_699668, donde se obtuvo un valor de 1,014 bits con respecto a 1.057 de P1_699667. Esto refleja una distribución desigual de las abundancias (**Tabla 29**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 73 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

En términos de dominancia, el punto P2_699668 muestra un índice de Simpson de 0,463, lo que indica una dominancia tendiente a moderada, porque *Planktothrix* sp. representa 64,86% de la abundancia (**Figura 11, Tabla 28**) así mismo, moderada equitatividad (0.702), por una mayor cantidad de morfoespecies con poblaciones pequeñas. en contraste, con el punto P1 donde *Planktothrix* sp. como taxón dominante, representa el 51,43% de la comunidad, originando un índice de dominancia de Simpson relativamente bajo ($D = 0.35$) además la distribución más uniforme de la abundancia (índice de equidad de Pielou, $J = 0.680$).

Tabla 29. Índices de diversidad de fitoplancton en la C. El Convento.

	P1_699667	P2_699668
Taxa_S	3	4
Individuals	35	37
Dominance_D	0,365	0,463
Shannon_H	1,057	1,014
Margalef	0,562	0,831
Equitability_J	0,936	0,702

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 74 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.2.2 Zooplancton

La comunidad zooplanctónica estuvo conformada por un total de 275 individuos y una densidad total de 1,009 Ind/ml, agrupados en siete (7) morfoespecies, siete (7) familias, de las cuales cuatro (4) fueron no determinadas (ND), seis (6) órdenes, con dos (2) no determinados, cinco (5) clases y dos (2) phyla (**Tabla 30**).

El Phylum Arthropoda se destacó como el grupo más diverso, con seis (6) morfoespecies que representaron el 85,71 % de la riqueza total registrada, lo que indica su dominancia en la estructura de la comunidad zooplanctónica. Por su parte, el Phylum Protozoa estuvo representado por una sola morfoespecie (14,29 %), lo que sugiere una participación más limitada dentro del ensamblaje zooplanctónico (**Figura 12**).

Tabla 30. Taxonomía del zooplancton registrado en la ciénaga El Convento.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	Daphniidae Mf
			Sididae	<i>Diaphanosoma</i> sp.
	Malacostraca	Decapoda	ND	Larva Zoea (Caridea)
	Maxillopoda	Calanoida	ND	Calanoida Mf
		ND	ND	Larva nauplio
	Ostracoda	ND	ND	Ostracoda Mf
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Centropyxidae	<i>Centropyxis</i> sp.

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025. Abreviaturas utilizadas: ND: no determinado.

El phylum Arthropoda constituye uno de los grupos más diversos y exitosos del reino animal, con representantes ampliamente distribuidos en ecosistemas acuáticos y terrestres. Su notable adaptabilidad se atribuye a características morfofisiológicas clave, como la segmentación corporal, la presencia de un exoesqueleto compuesto de quitina y su elevada plasticidad ecológica, que les permite colonizar una gran variedad de hábitats (Barros *et al.*, 2002). Dentro de los ecosistemas acuáticos, los artrópodos desempeñan un papel fundamental no solo en la dinámica trófica, sino también como indicadores ecológicos. Su alta diversidad y sensibilidad a cambios en las condiciones del medio ambiente hacen de este grupo un recurso valioso para evaluar la calidad del agua y detectar perturbaciones asociadas a actividades antropogénicas, como la contaminación orgánica e inorgánica, el uso de agroquímicos o la alteración del hábitat (Ten Hagen *et al.*, 2022).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 75 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

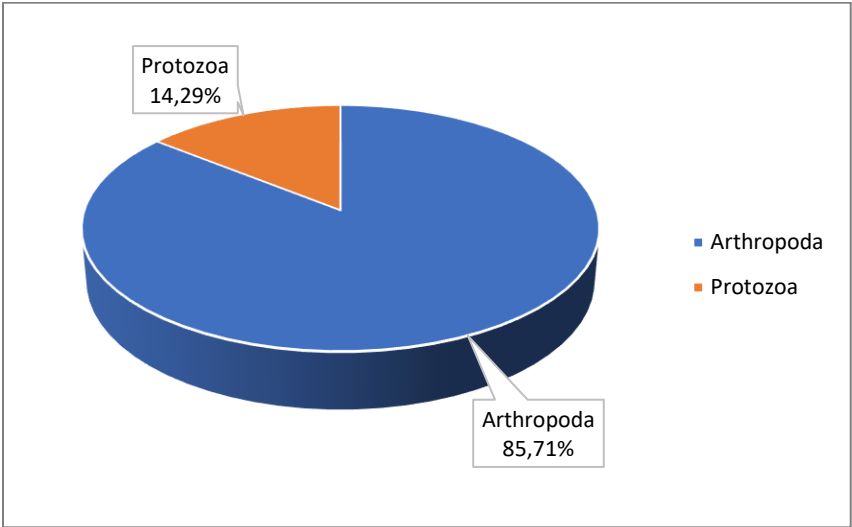


Figura 12. Riqueza de la comunidad de zooplancton a nivel de División en la ciénaga El Convento.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

En la **Tabla 31** se observan las abundancias, densidades y abundancia relativa de la comunidad zooplanctónica la ciénaga El Convento.

Tabla 31. Densidad y abundancia del ensamblaje Zooplanctónico registrado en la ciénaga El Convento.
Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).

MORFOESPECIE	P1_699588			P2_699589		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
Daphniidae Mf	26	0,078	16,67	30	0,137	25,21
<i>Diaphanosoma</i> sp.	5	0,015	3,21	4	0,018	3,36
Larva Zoea (Caridea)	1	0,003	0,64			
Calanoida Mf	111	0,333	71,15	68	0,309	57,14
Larva nauplio	11	0,033	7,05	12	0,055	10,08
Ostracoda Mf				5	0,023	4,20
<i>Centropyxis</i> sp.	2	0,006	1,28			
Riqueza (S)		6			5	
Abundancia (No.Ind)		156			119	
Densidad (Ind/ml)		0,468			0,541	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

Con respecto a las morfoespecies mejor representadas en los puntos de monitoreo, se evidenció que Calanoida Mf fue el taxón con mayor densidad registrada en ambos sitios

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 76 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

evaluados. En el punto P1_699588 alcanzó una densidad de 0,333 ind/ml, mientras que en el punto P2_699589 presentó un valor ligeramente menor, con 0,309 ind/ml. Esta elevada representación sugiere que Calanoida Mf desempeña un papel dominante dentro de la comunidad zooplanctónica, posiblemente favorecido por condiciones ambientales estables y disponibilidad de alimento.

Por otra parte, la segunda morfoespecie con mayores densidades fue Daphniidae Mf, la cual alcanzó un valor de 0,078 ind/ml en el punto P1_699588 y de 0,137 ind/ml en el punto P2_699589. La familia Daphniidae, ampliamente reconocida por su sensibilidad a cambios ambientales y su función clave en las redes tróficas acuáticas como filtradores, podría estar beneficiándose de condiciones favorables en el sitio P2_699589, lo cual explicaría su mayor densidad registrada en dicho punto.

La familia Daphniidae constituye un grupo de organismos comúnmente conocidos como pulgas de agua, los cuales se alimentan principalmente de microalgas, bacterias y materia orgánica en descomposición (detritus), como lo afirman Sala, García-de-Lomas & Alonso (2015). Dentro de esta familia, las especies del género *Daphnia* han demostrado ser particularmente valiosas como bioindicadores ambientales, debido a su alta sensibilidad frente a una amplia gama de sustancias contaminantes. *Daphnia magna*, en particular, es ampliamente utilizada en ensayos ecotoxicológicos para evaluar la calidad de efluentes en ecosistemas de agua dulce, constituyéndose como un organismo modelo reconocido internacionalmente para pruebas de toxicidad aguda (Núñez & Hurtado, 2005).

El género *Keratella* es uno de los grupos más distribuidos y estudiados dentro del filo de los rotíferos, con una presencia cosmopolita en ecosistemas acuáticos de agua dulce (Cieplinski *et al.*, 2017). Su alta sensibilidad a factores ambientales, como la eutrofización y la contaminación, los convierte en excelentes bioindicadores de la calidad del agua (De Smet, 2009).

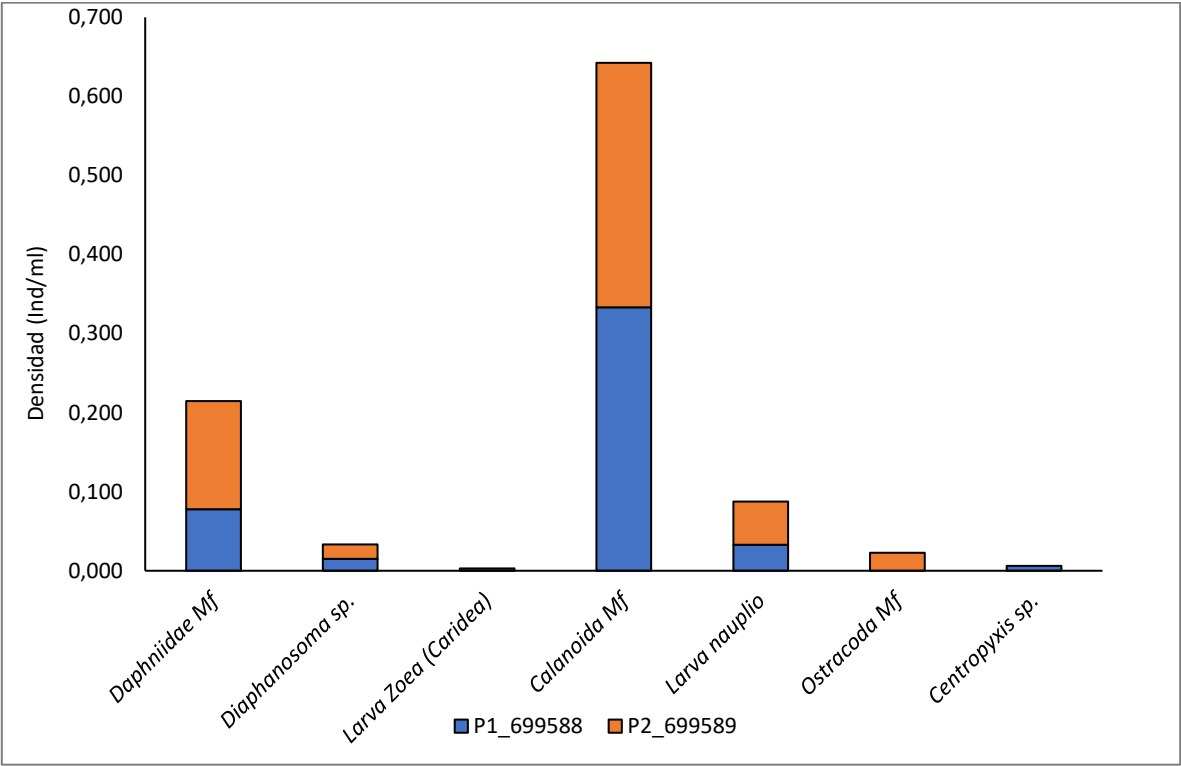


Figura 13. Densidad total de las morfoespecies de zooplancton en la ciénaga El Convento.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

5.1.2.2.1 Índices ecológicos

Los índices ecológicos de Shannon-H y Margalef arrojaron una diversidad baja en ambos puntos de monitoreo, con registros inferiores a 2 bits/individuo. Estos valores indican que la comunidad zooplanctónicas es poco variada y escasamente diversa.

En cuanto al índice de equitatividad de Pielou, se observaron valores moderados en el punto P1_699588 ($J = 0,517$) y altos en el punto P2_699589 ($J = 0,712$), lo que indica una distribución más homogénea de los individuos entre las morfoespecies en este último. Esto refleja una estructura comunitaria más equilibrada en P2, a pesar de la baja riqueza registrada. Esta tendencia fue consistente con los resultados del índice de Simpson, el cual presentó valores de dominancia moderada en ambos puntos (**Tabla 32**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 78 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 32. Índices de diversidad para la comunidad de zooplancton en la ciénaga El Convento.

	P1_699588	P2_699589
Taxa_S	6	5
Individuals	156	119
Dominance_D	0,540	0,403
Shannon_H	0,926	1,146
Margalef	0,990	0,837
Equitability_J	0,517	0,712

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 79 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.2.3 Perifiton

Los sustratos recolectados para la determinación del perifiton no registraron organismos perifítico.

5.1.2.4 Macroinvertebrados Bentónicos

Para el ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos se registró una densidad total de 11890,000 Ind/m² y abundancia de 1189 individuos, distribuidos en nueve (9) morfoespecies, siete (7) familias, cinco (5) órdenes, tres (3) clases y dos (2) phyla (**Tabla 33**). El phylum Mollusca fue el más representativo, aportando el 77,78% del total de morfoespecies registradas, seguido por Arthropoda, con el 22,22% restante (**Figura 14**).

Tabla 33. Taxonomía del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. El Convento.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae Mf (Larva)
			Ceratopogonidae	Ceratopogonidae Mf (Larva)
Mollusca	Bivalvia	Venerida	Cyrenidae	<i>Corbicula</i> sp.
	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physidae Mf
			Planorbidae	Planorbidae Mf
		Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides</i> sp.
				<i>Melanoides</i> sp. 1
		Littorinimorpha	Cochliopidae	<i>Pyrgophorus</i> sp.
				<i>Pyrgophorus</i> sp. 1

Fuente: Labormar S.A.S., 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 80 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

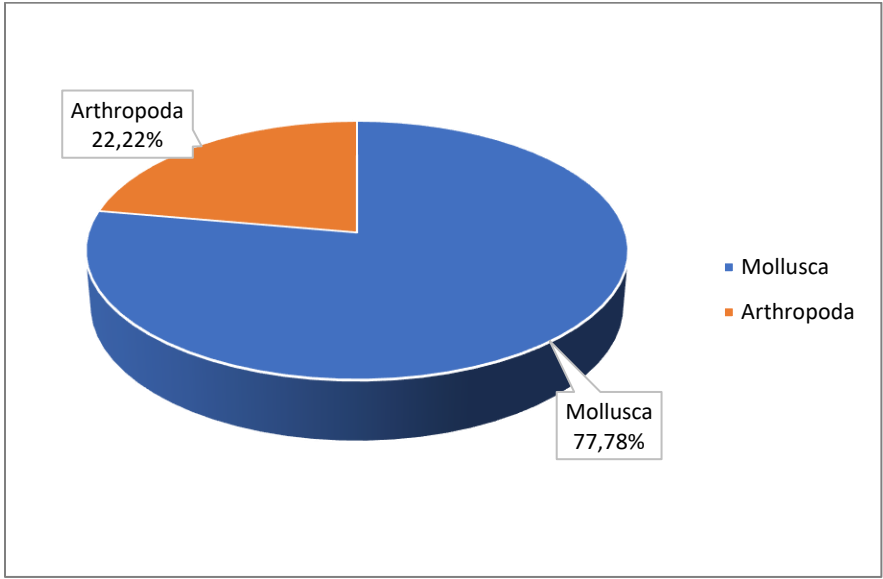


Figura 14. Riqueza del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos a nivel de phylum en la C. El Convento.

Tabla 34. Densidad y abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. El Convento.

MORFOESPECIE	P1_699588			P2_699589		
	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR
Chironomidae Mf (Larva)	51	510,000	18,28			
Ceratopogonidae Mf (Larva)	1	10,000	0,36			
<i>Corbicula</i> sp.				30	300,000	3,30
Physidae Mf	2	20,000	0,72			
Planorbidae Mf	6	60,000	2,15	28	280,000	3,08
<i>Melanoides</i> sp.	18	180,000	6,45	44	440,000	4,84
<i>Melanoides</i> sp. 1	69	690,000	24,73	412	4120,000	45,27
<i>Pyrgophorus</i> sp.	113	1130,000	40,50	340	3400,000	37,36
<i>Pyrgophorus</i> sp. 1	19	190,000	6,81	56	560,000	6,15
Riqueza (S)		8			6	
Abundancia (No.Ind)		279			910	
Densidad (Ind/m²)		2790,000			9100,000	

Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 81 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Las morfoespecies con mayor densidad a nivel general fueron *Melanoides* sp. 1 y *Pyrgophorus* sp., con valores de 4810,000 y 4530,000 Ind/m², respectivamente. Ambas estuvieron presentes en los dos puntos de monitoreo evaluados y se caracterizaron por registrar densidades elevadas. En contraste, *Ceratopogonidae* Mf (larva) presentó las densidades más bajas, con un valor de 10,000 Ind/m² (**Figura 15**).

El género *Melanoides* es un grupo de moluscos gasterópodos de la familia Thiaridae, ampliamente distribuido en ambientes de agua dulce y con la capacidad de tolerar aguas contaminadas con desechos de origen orgánicos y eutrofizadas (Linares *et al.*, 2018). En particular, *Melanoides tuberculata* ha sido ampliamente reconocida como una especie invasora, debido a su gran capacidad de adaptación, reproducción acelerada y competencia por recursos, lo que representa una amenaza para la biodiversidad y el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos. (Dundee & Paine, 1977; Quirós-Rodríguez *et al.*, 2018).

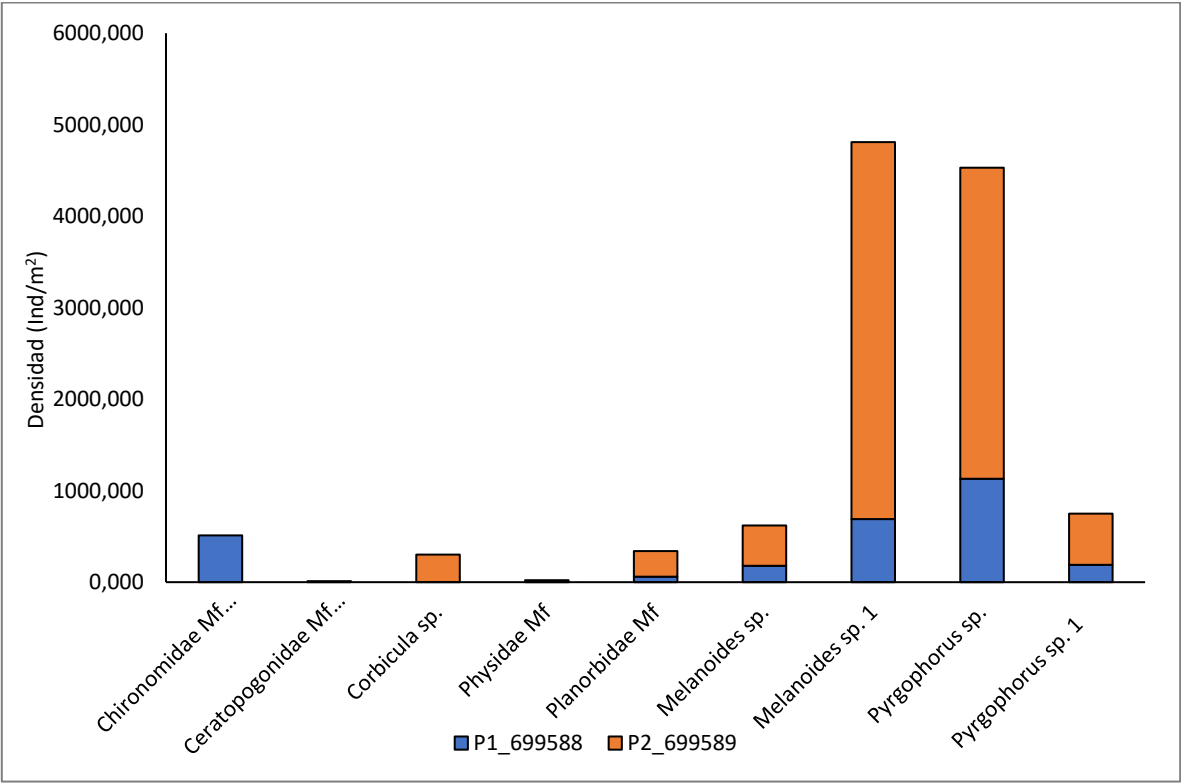


Figura 15. Densidad total de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la C. El Convento.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 82 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.2.4.1 Índices ecológicos

Los índices de Shannon-H y Margalef reflejaron una diversidad baja en el área de estudio, con valores inferiores a 2 bits/Ind, lo que sugiere una riqueza de especies limitada en la comunidad bentónica.

En cuanto a la equidad, el índice de Pielou mostró una alta equitatividad en ambos puntos de monitoreo ($J' = 0,731$ en P1 y $0,706$ en P2), lo que indica una distribución relativamente uniforme de los individuos entre las especies presentes. Por otro lado, el índice de Simpson evidenció una baja dominancia, lo que implica que ninguna especie ejerce un dominio significativo sobre las demás. Esto sugiere que, a pesar de la baja diversidad, las especies registradas mantienen una distribución homogénea en el ecosistema (**Tabla 35**).

Tabla 35. Índices ecológicos del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en la C. El Convento.

	P1_699588	P2_699589
Taxa_S	8	6
Individuals	279	910
Dominance_D	0,268	0,353
Shannon_H	1,520	1,264
Margalef	1,243	0,734
Equitability_J	0,731	0,706

Fuente: LABORMAR S.A.S.,2025.

5.1.2.4.2 Índice BMWP (Col).

El índice BMWP/Col (Roldán, 2003) aplicado en la ciénaga El Convento arrojó condiciones de aguas muy contaminadas en el punto P1_699588 y aguas fuertemente contaminadas en el punto P2_699589. Esta clasificación está asociada a altos niveles de contaminación orgánica y una significativa alteración de las condiciones naturales del ecosistema acuático (**Tabla 36**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 83 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 36. Índice BMWP (Col) del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la C. El Convento.

Puntos de Muestreo	P1_699588	Puntaje	P2_699589	Puntaje
Familias	Ceratopogonidae	3	Planorbidae	5
	Chironomidae	2	Thiaridae	5
	Physidae	3		
	Planorbidae	5		
	Thiaridae	5		
BMWP	18		10	
Calidad	Critica		Muy Critica	
Clase	IV		V	
Significado	Aguas Muy Contaminadas		Aguas Fuertemente Contaminadas	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 84 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.1.2.5 Peces

No se registraron especies ícticas en los puntos de monitoreo durante el período evaluado.

5.1.2.6 Macrófitas acuáticas

La riqueza de Macrófitas en el punto de monitoreo fue baja, registrándose tres morfoespecies (*Pontederia crassipes*, *Ipomoea sp.*, y *Poaceae MF*) perteneciente a las familias Pontederiaceae, Convolvulaceae y Poaceae. De los órdenes Commelinales, Solanales y Poales. Todas pertenecientes a la clase Magnoliopsida y al Phylum Tracheophyta (Tabla 37).

Tabla 37. Riqueza y porcentaje de las Macrófitas acuáticas registrado en C. Convento.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Tracheophyta	Magnoliopsida	Commelinales	Pontederiaceae	<i>Pontederia crassipes</i>
		Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i>
		Poales	Poaceae	<i>Poaceae MF</i>

Fuente: Labormar, 2025.

La cobertura total de Macrófitas acuáticas más alta la registró *Pontederia crassipes* con 48,48%, seguida de *Ipomoea sp.* con 31,31% y de *Poaceae Mf* 20,20%.

Pontederia crassipes es tolerante ha amplias variaciones en la concentración de nutrientes, temperatura y pH (Rodríguez-Lara, 2022). El pH óptimo para su desarrollo se encuentra entre 6 y 8; crece en un rango de temperatura que va de 1 hasta 40 °C, parece que es sensible a temperaturas menores de 1 °C. Su desarrollo óptimo se encuentra entre 25 y 27,5 °C (Malik, 2007). A temperaturas mayores a 33 °C se reduce su tasa de reproducción (Gakwavu *et al.*, 2012). El crecimiento del lirio acuático se ve favorecido con el nitrógeno (Heard & Winterton, 2000). Altas concentraciones de sal (6-8 %) tienen efecto letal inhibitorio para su crecimiento (Malik, 2007).

El género *Ipomoea* se caracteriza por una gran diversidad y variación en hábitos y morfología: hay hierbas, hierbas volubles o enredaderas, trepadoras (leñosas), arbustos, y árboles, entre las cuales se puede encontrar una gran variación morfológica. Por ejemplo,

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 85 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

sus raíces pueden ser fibrosas o tuberosas; los tallos pueden ser erectos, postrados o contortos; y sus frutos son cápsulas globosas con semillas que pueden ser lisas, pubescentes, puberulentas o pilosas. La gran diversidad morfológica que caracteriza a Ipomoea es también notoria en la forma de la lámina: la mayoría de las especies posee hojas cordadas, pero existen especies con hojas ovadas, oblongo-lanceoladas, trilobadas, trilobado-hastadas, elípticas, simples o divididas, persistentes o deciduas, glabras o pubescentes, con márgenes aserrados o enteros. Además de la forma y el tamaño, la hoja también varía en la densidad de venación foliar, la densidad de tricomas, la arquitectura de la vasculatura, y el grosor y la dureza de la lámina (Dorado-Ruíz *et al.*, 2016).

Por su parte, Poaceae es una de las cinco familias de angiospermas más diversas a nivel mundial, y en casi todos los países ocupa la misma posición con respecto a su riqueza de especies (Villaseñor, 2016). Habita en casi todos los continentes, excepto la Antártida, y en prácticamente todos los ecosistemas, desde los acuáticos hasta los terrestres, ya sea como dominante o como parte de la flora (Clayton & Renvoize, 1986; Watson & Dallwitz, 1992). La familia Poaceae comprende entre 10.000 y 11.000 especies y entre 651 y 800 géneros (Clayton & Renvoize, 1986; Peterson & Soreng, 2007).

Tabla 38. Riqueza y porcentaje de las Macrófitas acuáticas en C. Convento.

MORFOESPECIE	P1_699588
	Cobertura (%)
<i>Pontederia crassipes</i>	48,0
<i>Ipomoea sp.</i>	31,0
<i>Poaceae Mf</i>	20,0
Riqueza (S)	3
Cobertura Por Punto (%)	99

Fuente: Labormar, 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 86 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2 Cuenca Litoral

5.2.1 Ciénaga de Balboa

5.2.1.1 Fitoplancton

La comunidad fitoplanctónica en la ciénaga de Balboa reporta una densidad total de 1298,5 Ind/ml, agrupados en seis (6) morfoespecies, seis (6) familias, cinco (5) órdenes, cuatro (4) clases y tres (3) Phyla.

En la **Tabla 39**, que resume la composición taxonómica del fitoplancton identificado en la ciénaga, se destaca a Heterokontophyta como la división más representativa, con tres morfoespecies que constituyen el 66,67 % del total de los taxa registrados. Esta representación refleja la relevancia ecológica de este grupo algal, ampliamente reconocido por su diversidad y abundancia en sistemas acuáticos continentales. Los organismos de Heterokontophyta, particularmente las diatomeas (clase Bacillariophyceae), juegan un papel clave en los ecosistemas acuáticos al ser excelentes fijadores de carbono gracias a su alta eficiencia fotosintética, además de poseer frústulas silíceas que les permiten mantenerse en la zona fótica, lo que favorece su rol en la productividad primaria (Ramírez & Viña, 1998; Bellinger & Sigee, 2010).

Tabla 39. Taxonomía del Fitoplancton registrado en la ciénaga de Balboa.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Chlorophyta	Chlorophyceae	Volvocales	Chlamydomonadaceae	<i>Chlamydomonas sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
		Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphiprora sp.</i>
			Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>
	Xanthophyceae	Mischococcales	Centritractaceae	<i>Centritractus sp.</i>

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025 Abreviaturas utilizadas: ND: no determinado.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 87 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Las Cyanobacteria y Chlorophyta con una morfoespecie cada una representaron el 16,67% (**Figura 16**). Las cianobacterias proliferan en aguas cálidas, estancadas y ricas en nutrientes como nitrógeno y fósforo, condiciones características de la eutrofización (Paerl & Otten, 2013). De manera similar, las algas verdes (clorofitas) se distribuyen en cuerpos de agua con alta disponibilidad de luz, ricas en nutrientes y con alta relación nitrógeno – fósforo (Ramírez & Viña, 1998), por lo que ambientes eutrofizados pueden favorecer su proliferación.

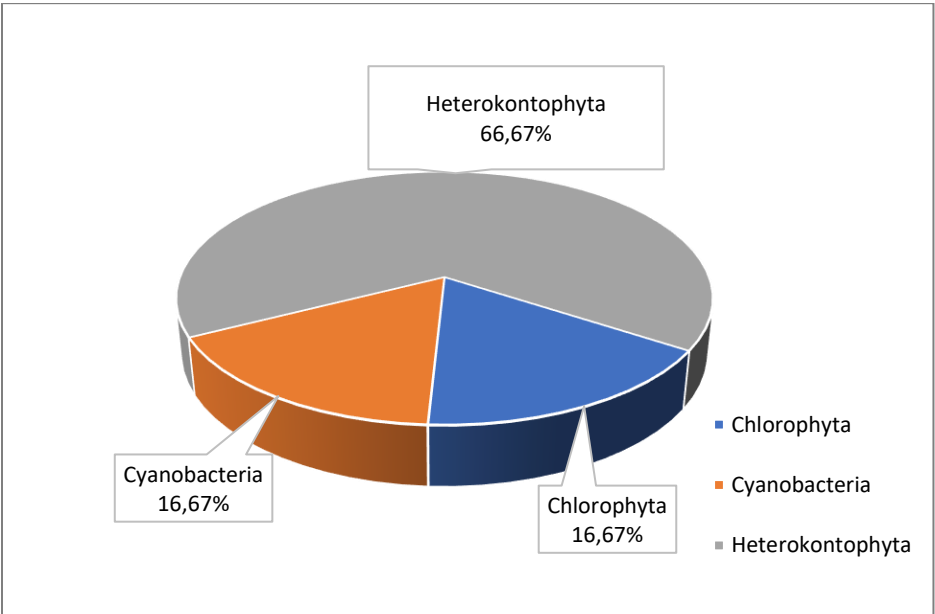


Figura 16. Riqueza de la comunidad de Fitoplancton a nivel de División en la ciénaga de Balboa.
Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

En el análisis de la densidad y riqueza del ensamblaje en los diferentes puntos de monitoreo, se observó un comportamiento inverso entre estas variables. El P2_699596 con 5 morfoespecies se registra una densidad de 331,000 ind/ml. En contraste, el punto P3_699597, con 3 morfoespecies la densidad fue de 917,500 ind/ml, muestra una marcada disminución en la diversidad (**Tabla 40**).

Tabla 40. Densidad y abundancia del ensamblaje fitoplanctónico registrado en la ciénaga de Balboa.

MORFOESPECIE	P2_699596			P3_699597		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
<i>Chlamydomonas sp.</i>	185	92,500	27,95			
<i>Oscillatoria sp.</i>	15	7,500	2,27			

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 88 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

MORFOESPECIE	P2_699596			P3_699597		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
<i>Nitzschia sp.</i>	109	54,500	16,47	40	50,000	5,45
<i>Amphiprora sp.</i>				96	120,000	13,08
<i>Navicula sp.</i>	21	10,500	3,17			
<i>Centrtractus sp.</i>	332	166,000	50,15	598	747,500	81,47
Riqueza (S)		5			3	
Abundancia (No.Ind)		662,000			734,000	
Densidad (Ind/ml)		331,000			917,500	

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

Con respecto a las morfoespecies mejor representadas, se evidenció que *Centrtractus sp.* registró la mayor densidad total con 913.500 ind/ml, seguido por las diatomeas *Nitzschia sp.*, con 104.500 ind/ml, y *Amphiprora sp.*, registrada únicamente en el punto P3_699597, con 120.000 ind/ml. En contraste, las densidades más bajas fueron registradas por *Oscillatoria sp.*, con 7,5 ind/ml, presente únicamente en el punto P2_699596 (**Figura 17**).

Los organismos del género *Centrtractus* se caracteriza por células cilíndricas con espinas terminales de hasta 30 µm, que favorecen su flotabilidad y permanencia en la zona eufótica. Su dominio sugiere un ambiente eutrófico con alta estabilidad hídrica, escasa turbulencia y salinidad variable. Este tipo de condiciones son típicas de lagunas costeras con influencia continental, donde los aportes de nutrientes favorecen el desarrollo de especies oportunistas y tolerantes como *Centrtractus sp.* (Ramírez & Viña, 1998).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 89 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

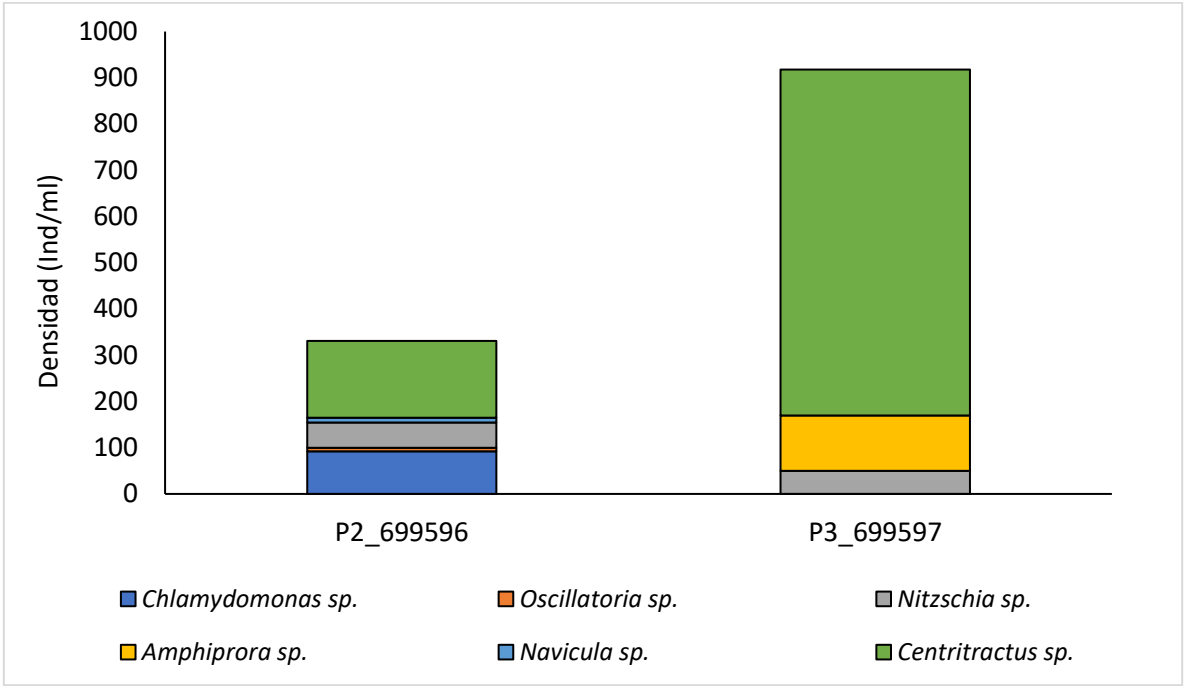


Figura 17. Densidad total de las morfoespecies de Fitoplancton en la ciénaga de Balboa.
Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

Por otro lado, *Nitzschia* son comunes en sistemas que van de mesotróficos a eutróficos, destacándose por su alta tolerancia a elevados niveles de sedimentos y conductividad, así como a un alto contenido de materia orgánica y condiciones de mezcla (Pinilla, 2000; Bellinger & Sigee, 2010). Estos organismos tienen la capacidad de adaptarse a una amplia gama de ambientes, incluyendo variaciones en temperatura, humedad, salinidad, exposición solar e pH. Esta adaptabilidad les permite prosperar en diferentes tipos de hábitats acuáticos, desde aguas dulces hasta salobres, así como en condiciones cambiantes dentro de estos ambientes (Round, Crawford & Mann, 1990; Wehr, Sheath & Kociolek, 2015).

Por su parte *Amphora* sp. hace parte de un género ampliamente distribuido en ecosistemas dulceacuícolas continentales, que alcanza su mayor diversidad en ambientes marinos mayoritariamente de hábitos bentónicos (Spaulding *et al.* 2021; Stepanek & Kociolek, 2012).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 90 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

1.1.1.1.1. Índices ecológicos

El índice de Shannon y el índice de Margalef (**Tabla 41**) mostraron una diversidad baja, con valores por debajo de 2 bits/individuo, lo que indica una comunidad poco variada y escasamente diversa. Sin embargo, para el punto P2_699596 se registraron los valores más altos de estos índices durante el monitoreo de la ciénaga, al identificarse cinco de las seis taxa presentes, lo que refleja una mayor riqueza local.

Por otra parte, el índice de equitatividad de Pielou mostró una distribución moderadamente equitativa en ambos puntos evaluados. No obstante, en P2_699596 el valor fue mayor (0,742), lo que indica una distribución más equilibrada de las especies. En contraste, en el punto P3_699660, el valor fue de 0,5385, lo que sugiere una equitatividad baja, posiblemente debido a la dominancia de una o pocas especies en ese sitio.

El índice de Simpson, por su parte, evidenció una alta dominancia en P3_699660, lo cual coincide con el bajo valor de equitatividad y se explica por la elevada abundancia relativa de *Centrtractus* sp., que concentró el 81,47% de los individuos en ese punto. Esta elevada dominancia reduce la equitatividad de la comunidad. Por el contrario, en el punto P2_699596, la abundancia relativa de *Centrtractus* sp. fue del 50,15%, lo que contribuyó a una distribución más balanceada de la densidad poblacional entre las especies (**Tabla 41**). Estos resultados pueden reflejar posiblemente variabilidad espacial en disponibilidad de recursos condiciones de mezcla, como la turbidez, salinidad o concentración de materia orgánica.

Tabla 41. Índices de diversidad para la comunidad de Fitoplancton en la ciénaga de Balboa.

	P2_699596	P3_699597
Taxa_S	5	3
Individuals	662	734
Dominance_D	0,3573	0,6834
Shannon_H	1,198	0,5929
Margalef	0,6158	0,3031
Equitability_J	0,7423	0,5385

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 91 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.1.2 Zooplancton

La comunidad zooplanctónica en la ciénaga de Balboa estuvo constituida por 44 individuos con una densidad total de 1,326 Ind/ml, agrupados en ocho (8) morfoespecies, ocho (8) familias, con 3 no determinadas (ND); seis (6) órdenes, con dos (2) no determinados, cinco (5) clases y cuatro (4) Phyla (**Tabla 42**).

Los phyla Rotifera y Arthropoda aportaron la mayor riqueza de morfoespecies con 37,50%, seguido de las phylum Protozoa con 12,50% y Nematoda con 12,50% (**Figura 18**).

Tabla 42. Taxonomía del zooplancton registrado en la ciénaga de Balboa.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Arthropoda	Maxillopoda	Harpacticoida	ND	Harpacticoida Mf
		ND	ND	Larva nauplio
	Ostracoda	ND	ND	Ostracoda Mf
Nematoda	Chromadorea	Monhysterida	Monhysteridae	<i>Monhystera sp.</i>
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Diffugiidae	<i>Diffugia sp.</i>
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Euchlanidae	<i>Euchlanis sp.</i>
			Lecanidae	<i>Lecane sp.</i>
			Brachionidae	<i>Brachionus sp.</i>

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025. Abreviaturas utilizadas: ND: no determinado.

El phylum Rotifera agrupa invertebrados microscópicos principalmente acuáticos, ampliamente distribuidos en ambientes continentales, como lagos, ríos, lagunas y charcas temporales. Son organismos pseudocelomados, con simetría bilateral, una corona ciliada (corona rotatoria) que utilizan para la locomoción y alimentación, y una cutícula que puede formar estructuras complejas. Su tamaño oscila típicamente entre 50 y 500 µm. Rotíferos como los géneros *Brachionus*, *Keratella* y *Polyarthra* son componentes clave del zooplancton dulceacuícola, desempeñando un papel ecológico crucial en la transferencia de energía entre los productores primarios y niveles tróficos superiores (Wallace & Snell, 2010).

Los rotíferos constituyen uno de los grupos más abundantes y diversos del zooplancton continental. Su alta capacidad reproductiva, ciclo de vida corto y sensibilidad a cambios

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 92 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

ambientales los convierten en indicadores eficientes de la calidad del agua y del estado trófico de los ecosistemas lénticos (Sládeček, 1983). Desde el punto de vista ecológico, los rotíferos desempeñan funciones clave como consumidores de bacterias, fitoplancton y detritos, al mismo tiempo que sirven de alimento para microcrustáceos y larvas de peces. Esta posición intermedia en las redes tróficas de ambientes dulciacuícolas refuerza su importancia en el flujo de materia y energía (Segers & De Smet, 2008).

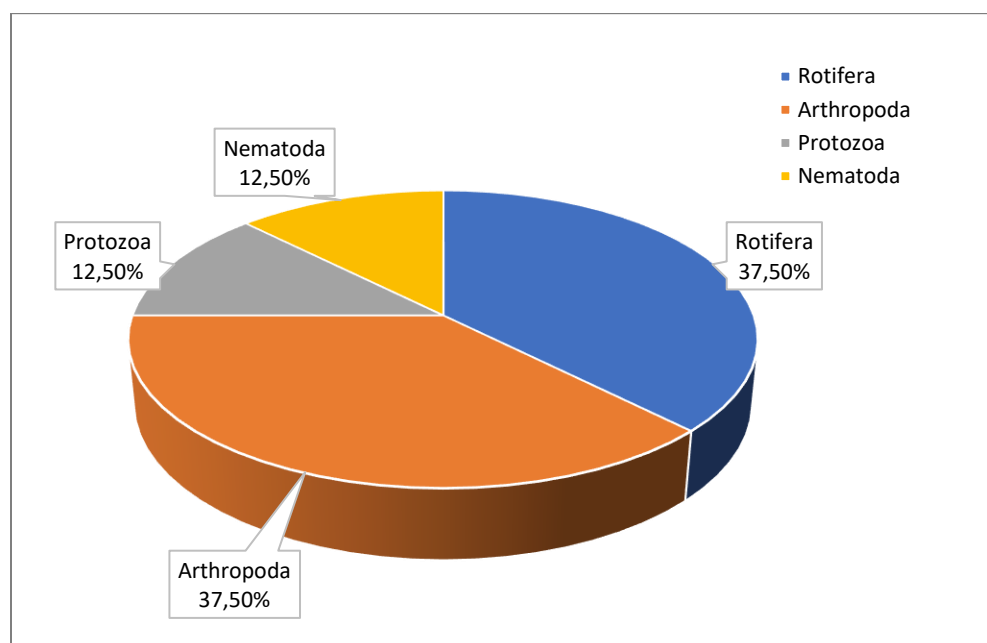


Figura 18. Riqueza de la comunidad de zooplancton a nivel de División en la ciénaga de Balboa.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

En el análisis de la densidad y riqueza del ensamblaje en los diferentes puntos de monitoreo, se observó que el P3_699597 registró los valores más altos, con siete (7) morfoespecies y una densidad de 1,292 Ind/ml. En contraste, el punto P2_699596, con solo dos (2) morfoespecies y una densidad de 0,035 ind/ml, muestra una marcada disminución en la diversidad y abundancia (**Tabla 43**).

A nivel de morfoespecies, se observó que *Euchlanis sp.*, *Brachionus sp.* y Ostracoda Mf fueron los taxones más representativos, con densidades de 0,333 Ind/ml; 0,292Ind/ml y 0,250 ind/ml respectivamente, dichas morfoespecies son exclusivas del punto P3_699597. Por su parte, las densidades más bajas fueron registradas por *Harpacticoida* Mf., con un valor de 0,023 Ind/ml, presente únicamente en el punto P2_699596 (**Figura 19**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 93 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 43. Densidad y abundancia del ensamblaje zooplanctónico registrado en la ciénaga de Balboa.

MORFOESPECIE	P2_699596			P3_699597		
	No. Ind	Ind/mL	AR	No. Ind	Ind/mL	AR
Harpacticoida Mf	2	0,023	66,67			
Larva nauplio	1	0,012	33,33	4	0,167	12,90
Ostracoda Mf				6	0,250	19,35
<i>Monhystera sp.</i>				2	0,083	6,45
<i>Diffugia sp.</i>				1	0,042	3,23
<i>Euchlanis sp.</i>				8	0,333	25,81
<i>Lecane sp.</i>				3	0,125	9,68
<i>Brachionus sp.</i>				7	0,292	22,58
Riqueza (S)		2			7	
Abundancia (No.Ind)		3			31	
Densidad (Ind/ml)		0,035			1,292	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

Euchlanis sp., es un rotífero predador de cianobacterias, principalmente. Es una especie cosmopolita, de zonas templadas y tropicales, que habita especialmente en las aguas dulces ricas en nutrientes. Su estilo de vida es perifítico y béntico. Las hembras transportan sus huevos en la parte posterior de su cuerpo. Tolerancia un amplio rango de temperatura y pH, aunque es muy sensible a la toxicidad. El tamaño y el número de huevos responde a las condiciones de estrés ambientales (Wenjie *et al.*, 2019).

Por su parte, el género *Brachionus* pertenece al phylum Rotifera, clase Monogononta, y constituye uno de los grupos más representativos y estudiados del zooplancton léntico a nivel global. Se caracteriza por organismos microscópicos, con una corona ciliada bien desarrollada, una cutícula con lóbulos laterales y espinas dorsales variables, así como una reproducción cíclica que alterna entre partenogénesis y reproducción sexual. Las especies de *Brachionus* habitan principalmente aguas lénticas, tanto dulces como salobres, y presentan una notable plasticidad fenotípica frente a factores como temperatura, salinidad y presencia de depredadores (Wallace *et al.*, 2006).

Las especies del género *Brachionus* son componentes dominantes del zooplancton en lagos, lagunas y embalses, donde ejercen una fuerte presión de pastoreo sobre el fitoplancton, especialmente sobre microalgas como clorofitas y cianobacterias. Esta interacción regula la

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 94 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

estructura y productividad de las comunidades planctónicas, particularmente en sistemas eutróficos (Pourriot, 1977). *Brachionus* también es considerado un modelo bioecológico por su uso en pruebas ecotoxicológicas, estudios de dinámica poblacional y en acuicultura como alimento vivo. Su rápida tasa de reproducción, facilidad de cultivo y respuesta predecible a condiciones ambientales lo convierten en un excelente bioindicador de calidad del agua y alteraciones antropogénicas (Snell & Janssen, 1995).

Por último, la clase Ostracoda incluye pequeños crustáceos caracterizados por un cuerpo completamente encerrado dentro de una concha calcárea o quitinosa, con forma de frijol, y apéndices reducidos pero funcionales para la locomoción, alimentación y anclaje. Se distribuyen ampliamente en hábitats acuáticos dulceacuícolas, salobres y marinos, siendo especialmente diversos y abundantes en ambientes lénticos como lagos, lagunas y humedales. Los ostrácodos desempeñan múltiples roles ecológicos: algunos forman parte del zooplancton, mientras que otros son bentónicos o neustónicos. Su pequeño tamaño (generalmente entre 0,2 y 2 mm) y su resistencia a condiciones extremas (anoxia, desecación) los hacen elementos clave en la biodiversidad microcrustácea (Martens *et al.*, 2008).

En ecosistemas lénticos, los ostrácodos planctónicos y bentónicos son importantes recicladores de materia orgánica, alimentándose de detritos, bacterias y algas. Además, forman parte de la dieta de diversos invertebrados y peces, ocupando un nivel trófico intermedio en las redes alimentarias acuáticas (Meisch, 2000). La composición específica y abundancia de ostrácodos en lagos y lagunas están estrechamente relacionadas con factores como la conductividad, el pH, la temperatura y el tipo de sustrato. Por esta razón, se utilizan como indicadores paleoambientales y bioindicadores actuales de condiciones hidroquímicas y calidad del agua (Schön *et al.*, 2012).

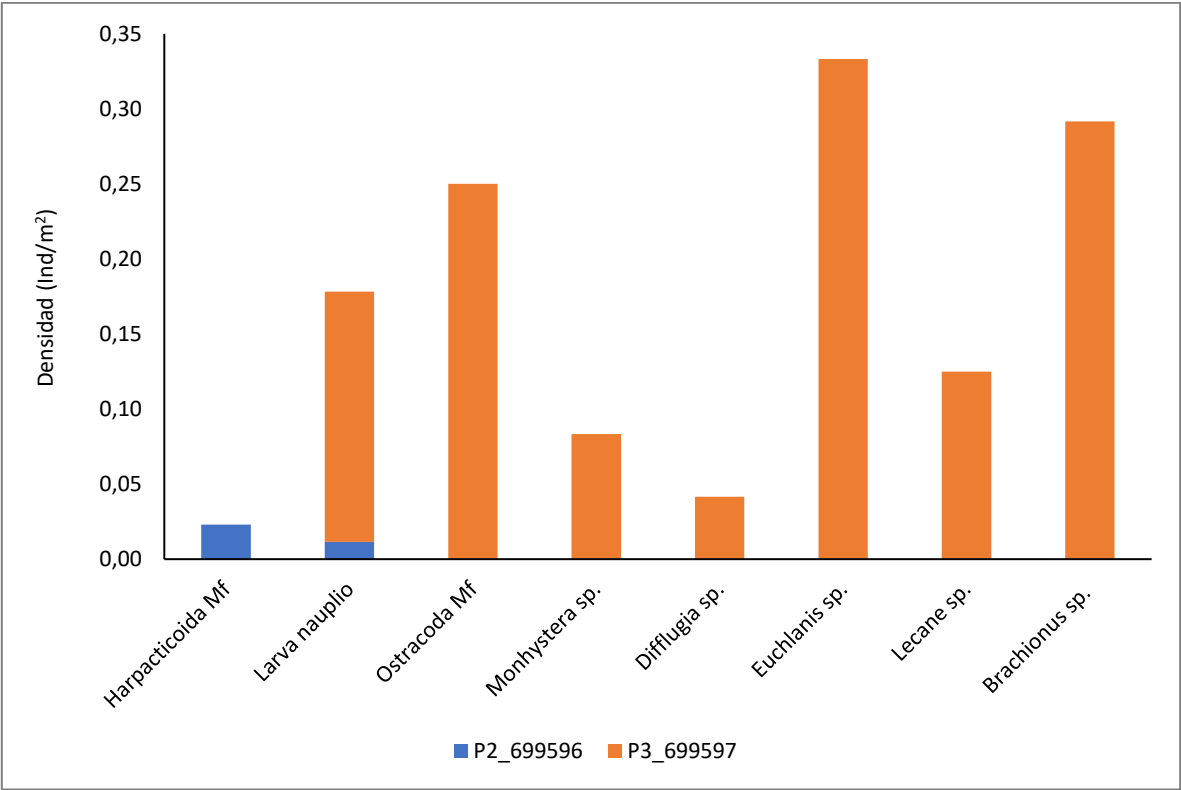


Figura 19. Densidad total de las morfoespecies de zooplancton en la ciénaga de Balboa.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

5.2.1.2.1 Índices ecológicos

Los valores obtenidos de los índices ecológicos de Shannon y Margalef mostraron una diversidad baja para los dos puntos monitoreado, con valores por debajo de 2 bits/Individuos, indicando de esta manera una comunidad poco variada y escasamente diversa.

Po otra parte, índice de Pielou registró una alta equitatividad en la distribución de las abundancias de las morfoespecies dentro de cada punto de muestreo, con valores de 0,918 y 0,915 en P2_699596 y P3_699597, respectivamente. Además, el bajo valor del índice de dominancia de Simpson refuerza la idea de que no hay una especie dominante en la comunidad, lo que implica una distribución más equitativa de los individuos entre las especies presentes (**Tabla 44**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 96 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 44. Índices de diversidad para la comunidad de zooplancton en la ciénaga de Balboa.

	P2_699596	P3_699597
Taxa_S	2	7
Individuals	3	31
Dominance_D	0,556	0,186
Shannon_H	0,637	1,781
Margalef	0,910	1,747
Equitability_J	0,918	0,915

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 97 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.1.3 Perifiton

La comunidad de Perifiton es una biopelícula que se forma en sustratos sumergidos y constituye una de las comunidades más importantes en los sistemas acuáticos (Romaní, 2001; Trbojević, et al., 2018). Particularmente las algas del Perifiton desempeñan un papel fundamental en la dinámica del sistema: en el ciclo de nutrientes, el flujo de la energía y la productividad primaria., además, de ser indicadores de la calidad del agua, ya que pueden desarrollarse adheridos a diferentes sustratos y muestran los cambios ocurridos por alteraciones físicas, químicas y biológicas (Pérez, et al., 2007; Steinman, et al., 2016).

Para la ciénaga de Balboa, se tuvo una densidad total de 10036,778 Ind/cm² y una abundancia absoluta de 618 individuos, distribuidos en seis (6) morfoespecies, cinco (5) familias, cuatro (4) órdenes, tres (3) clases y tres (3) Phyla (**Tabla 45**). En cuanto a el Phylum o división más representativa fue Heterokontophyta con el 66,7% seguidos por Cyanobacteria y Ochrophyta cada una con el 16,67% de la composición de morfoespecies (**Figura 20**).

Tabla 45. Taxonomía de la comunidad Perifítica hallada en la Ciénaga de Balboa, Atlántico, Colombia

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphiprora sp.</i>
			Naviculaceae	<i>Gyrosigma sp.</i>
				<i>Navicula sp.</i>
Ochrophyta	Xanthophyceae	Mischococcales	Centrtractaceae	<i>Centrtractus sp.</i>

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

De las dos divisiones presentes el Phylum Heterokontophyta se caracterizada por estar relacionadas con condiciones de eutrofia, pH alcalino son reconocidas por ser indicadoras de cambios en condiciones ambientales asociadas a elevadas concentraciones de fosfatos y amonio, y altas temperaturas (Smith & Smith, 2001; Paerl & Huisman, 2009) Por otra parte, las Cianobacterias quienes fueron el segundo grupo más diverso, suelen proliferar en zonas con alta perturbación e intensidad lumínica, se les suele encontrar asociadas a ambientes lenticos con alta disponibilidad de luz y nutrientes (Komárek, 2003; Pinilla & Duarte, 2006).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 98 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

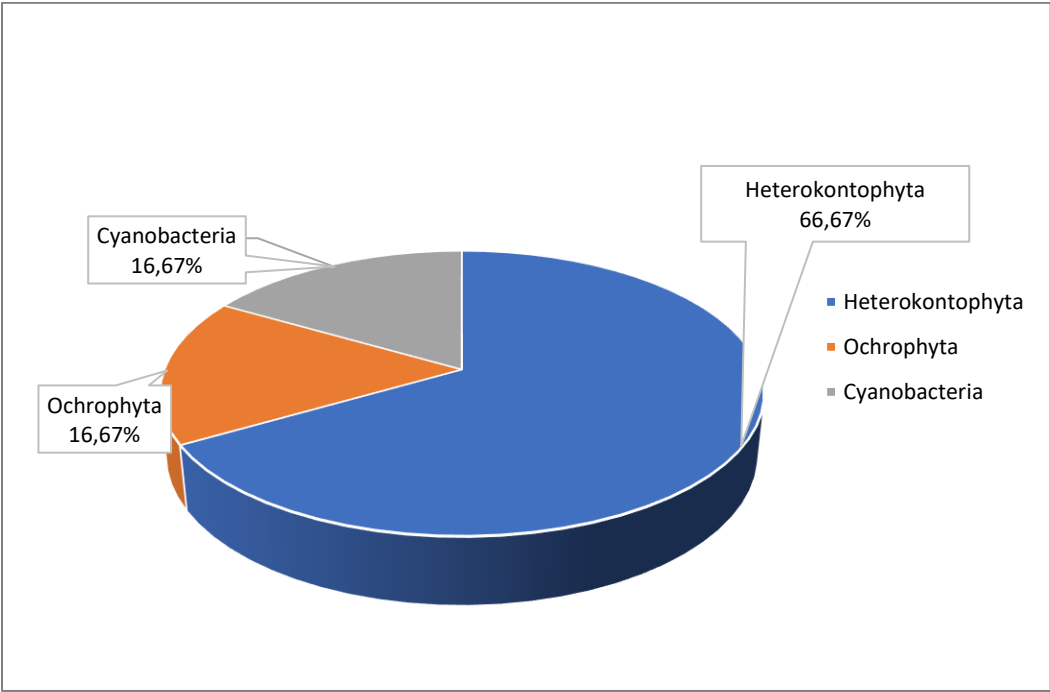


Figura 20. Riqueza del ensamblaje Perifítico a nivel de División en los dos puntos monitoreados registrado en la Ciénaga de Balboa, Atlántico, Colombia. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

Analizando la composición y abundancia por punto de monitoreo, se evidenció que el punto P2_699596 registró la mayor abundancia con una densidad absoluta de 9155,556 Ind/cm² y la menor riqueza con dos (2) taxones. En cuanto a el punto P3_699597 presentó la mayor riqueza seis (6) morfoespecies y una baja densidad con un valor de 881,222 Ind/cm² (**Tabla 46**).

Tabla 46. Densidad y abundancia del ensamblaje Perifítico registrado en la Ciénaga de Balboa, Atlántico, Colombia. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).

MORFOESPECIE	P2_699596			P3_699597		
	No. Ind	Ind/cm ²	AR	No. Ind	Ind/cm ²	AR
<i>Oscillatoria sp.</i>	34	604,444	6,60	4	34,222	3,88
<i>Nitzschia sp.</i>	481	8551,111	93,40	89	761,444	86,41
<i>Amphiprora sp.</i>				3	25,667	2,91
<i>Gyrosigma sp.</i>				2	17,111	1,94
<i>Navicula sp.</i>				3	25,667	2,91
<i>Centritractus sp.</i>				2	17,111	1,94
Riqueza (S)		2			6	

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 99 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

MORFOESPECIE	P2_699596			P3_699597		
	No. Ind	Ind/cm ²	AR	No. Ind	Ind/cm ²	AR
Abundancia (No.Ind)	515			103		
Densidad (Ind/cm²)	9155,556			881,222		

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

Las morfoespecies más abundantes durante el monitoreo fueron: *Nitzschia* sp. (Heterokontophyta) con una densidad total de 9312,556 ind/cm². Los organismos asociados al género *Nitzschia* son comunes en sistemas meso a eutróficos, tolerante a contenidos de sedimentos ya que se asocia a aguas turbulentas, con altos niveles de materia orgánica y en procesos de mezcla (Bellinger & Sigeo, 2010), seguido de *Oscillatoria* sp.(cyanobacteria) con un valor de 638,667 ind/cm² (**Figura 21**). Se destaca que estas morfoespecies estuvieron presentes solo en P-2699596.

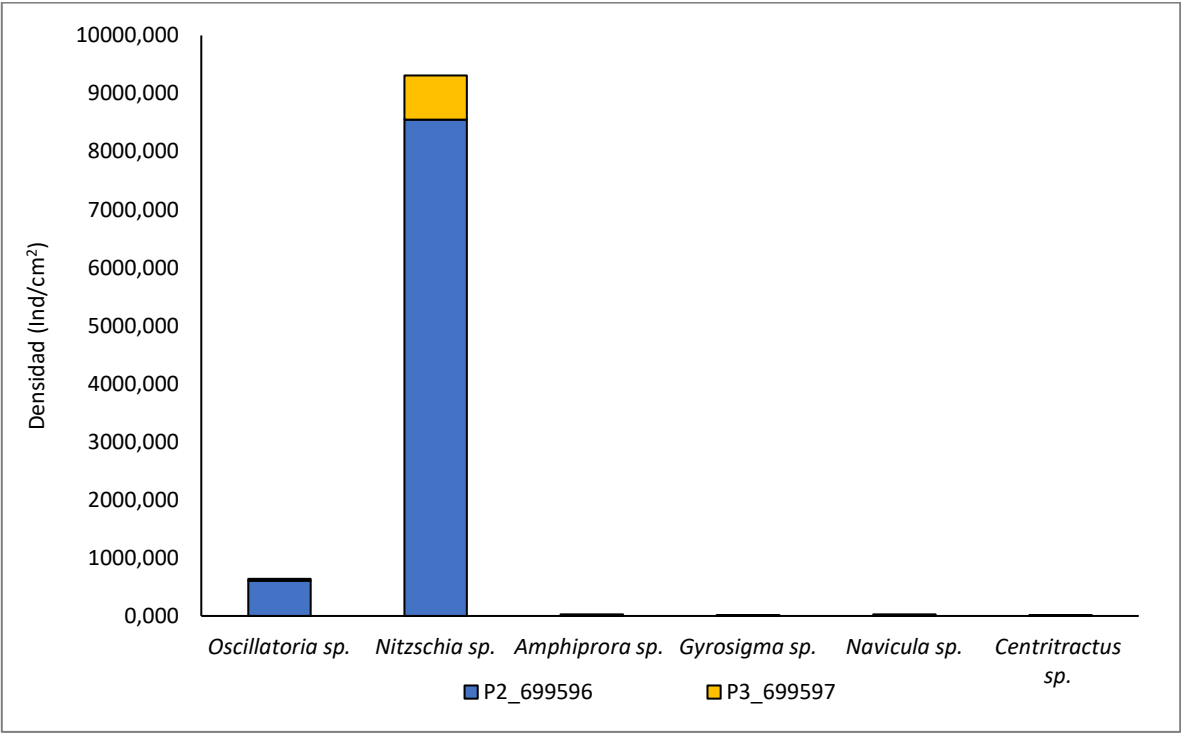


Figura 21. Densidad total de las morfoespecies del Perifiton en registrado en la Ciénaga de Balboa, Atlántico, Colombia. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 100 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

1.1.1.1.1. Índices ecológicos

En la Tabla 47 se presentan los índices ecológicos calculados para el ensamblaje perifítico. Se evidencio que el punto P3_699597 tuvo un mejor ensamblaje caracterizado por tener un mayor número de especies (S:6) y menor número de individuos, el índice de Shannon obtuvo una diversidad alta, con un valor de 0,636 bits/Ind. Este resultado contrasta con el índice de Margalef utilizado para evaluar la riqueza de especies, quien registró valor inferior a dos; según Margalef (1995) valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad y valores inferiores a 2,0 son relacionados con zonas de baja diversidad.

En cuanto al índice de Pielou (J') tuvo un comportamiento similar para cada uno de los puntos, se registró valor más bajo 0,341 indicando una distribución más equitativa lo que significa que sus especies están distribuidas de manera más uniforme dentro del ensamblaje, el punto P2_699596 tuvo un valor de 0,351, en cuanto a la dominancia el valor fue bajo en el monitoreo con 0,748, en cuanto a P2_699596 el valor fue de 0,876 valores estuvieron relacionados por la alta densidad en los puntos de muestreo aportado por la morfoespecies *Nitzschia* sp que aportan más del 86% de la densidad total en cada punto de muestreo (Tabla 47).

Tabla 47. Índices de diversidad de la comunidad Perifítica registrada en la Ciénaga de Balboa, Atlántico.

	P2_699596	P3_699597
Taxa_S	2	6
Individuals	515	103
Dominance_D	0,876	0,748
Shannon_H	0,244	0,636
Margalef	0,160	1,079
Equitability_J	0,351	0,341

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 101 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.1.4 Macroinvertebrados Bentónicos

Para el ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos se registró una densidad total de 230,000 Ind/m² y abundancia de 23 individuos, distribuidos en cinco (5) morfoespecies, cuatro (4) familias, cuatro (4) órdenes, dos (2) clases y dos (2) Phyla (**Tabla 48**). El phylum Arthropoda fue el más representativo, con el 60,00% de las morfoespecies registradas, seguido por Mollusca, el cual aportó el 40,00% restante (**Figura 22**).

Tabla 48. Taxonomía del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la c. de Balboa.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	Corixidae Mf (Adulto)
				Corixidae Mf (Ninfa)
		Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae Mf (Larva)
Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Cochliopidae	Cochliopidae Mf 1
		Littorinida	Hydrobiidae	Hydrobiidae Mf

Fuente: Labormar S.A.S., 2025.

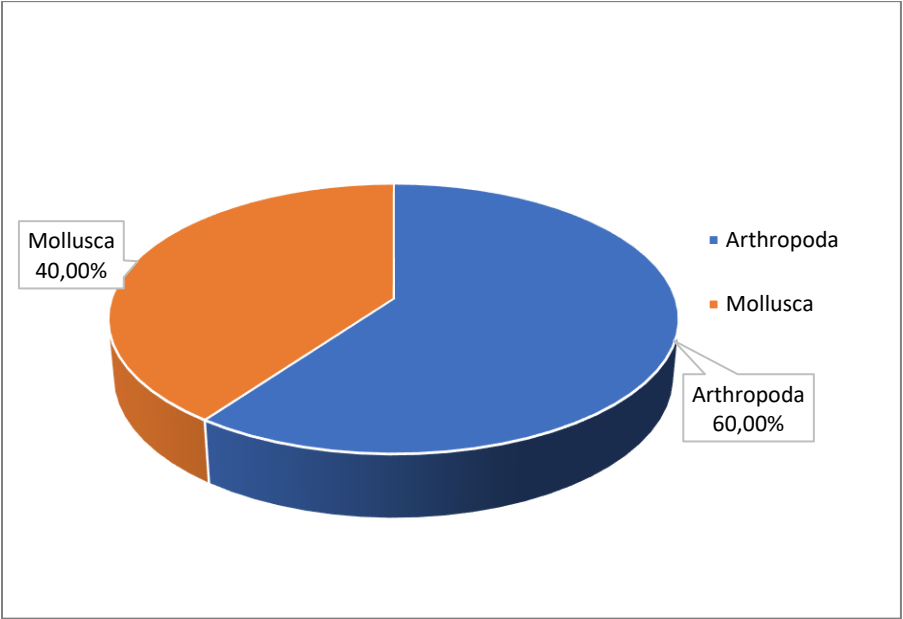


Figura 22. Riqueza del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos a nivel de phylum en la c. de Balboa.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 102 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 49. Densidad y abundancia del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la c. de Balboa.

MORFOESPECIE	P2_699596			P3_699597		
	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR
Corixidae Mf (Adulto)	10	100,000	58,82			
Corixidae Mf (Ninfa)	7	70,000	41,18	1	10,000	16,67
Ceratopogonidae Mf (Larva)				1	10,000	16,67
Cochliopidae Mf 1				2	20,000	33,33
Hydrobiidae Mf				2	20,000	33,33
Riqueza (S)		2			4	
Abundancia (No.Ind)		17			6	
Densidad (Ind/m²)		170,000			60,000	

Fuente: LABORMAR S.A.S., 2025.

El análisis de la densidad de las morfoespecies en los puntos de monitoreo se evidenció que Corixidae Mf (adulto) y Corixidae Mf (ninfa) fueron las más abundantes en el área de estudio, con densidades totales de 100,000 Ind/m² y 80,000 Ind/m², respectivamente. En contraste, las menores densidades se registraron para Ceratopogonidae Mf (larva), presentes únicamente en el punto P2, con un valor de 10,000 Ind/m² (**Figura 23**).

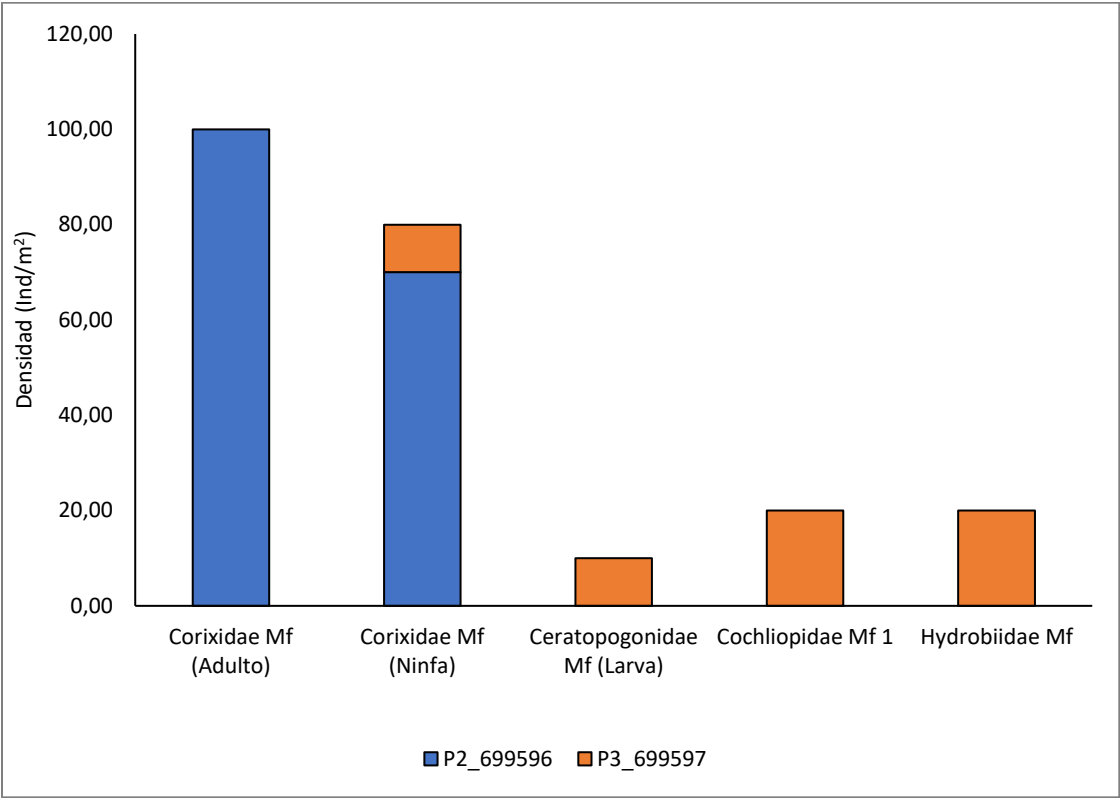


Figura 23. Densidad total de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en la c. de Balboa.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

5.2.1.4.1 Índices ecológicos

Los índices de Shannon-H y Margalef reflejaron una diversidad baja en el área de estudio, con valores inferiores a 2 bits/Ind, lo que indica una riqueza de especies limitada en la comunidad bentónica. Esta baja diversidad puede estar asociada a factores ambientales adversos o perturbaciones que afectan la capacidad de las especies para establecerse y prosperar en el ecosistema (**Tabla 50**).

En términos de equidad, el índice de Pielou mostró valores elevados en ambos puntos de monitoreo ($J' = 0,977$ en P1 y $0,959$ en P2), lo que indica una distribución uniforme de los individuos entre las especies presentes. Por su parte, el índice de Simpson reflejó niveles bajos a moderados de dominancia, sugiriendo que, a pesar de la baja diversidad observada, ninguna especie predomina de manera extrema sobre las demás, permitiendo una distribución relativamente equilibrada en la comunidad bentónica.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 104 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 50. Índices ecológicos del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en la c. de Balboa.

	P2_699596	P3_699597
Taxa_S	2	4
Individuals	17	6
Dominance_D	0,516	0,278
Shannon_H	0,678	1,330
Margalef	0,353	1,674
Equitability_J	0,977	0,959

Fuente: LABORMAR S.A.S.,2025.

5.2.1.4.2 Índice BMWP (Col).

El índice BMWP/Col (Roldán, 2003) aplicado en la ciénaga de Balboa evidenció un alto nivel de contaminación en los puntos monitoreados. El punto P2 presentó aguas fuertemente contaminadas, mientras que el punto P3 mostró aguas muy contaminadas, lo que indica una condición ambiental crítica en ambos sitios. Estos resultados reflejan un impacto significativo en la calidad del agua, lo que puede afectar la biodiversidad acuática y el equilibrio ecológico del ecosistema (**Tabla 51**).

Tabla 51. Índice BMWP (Col) del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en la c. de Balboa.

Puntos de Muestreo	P2_699596	Puntaje	P3_699597	Puntaje
Familias	Corixidae	7	Ceratopogonidae	3
			Corixidae	7
			Hydrobiidae	8
BMWP	7		18	
Calidad	Muy Critica		Critica	
Clase	V		IV	
Significado	Aguas Fuertemente Contaminadas		Aguas Muy Contaminadas	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 105 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.1.5 Peces

No se registraron especies ícticas en los puntos de monitoreo durante el período evaluado.

5.2.1.6 Macrófitas acuáticas

No se registraron morfoespecies de Macrófitas acuáticas en este cuerpo de agua. Lo que se puede explicar por ser una laguna costera, lo que dificulta el establecimiento de este tipo de vegetación acuática, las cuales no suelen colonizar ambientes con alta salinidad e influencia marina.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 106 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.2 Ciénaga de Mallorcaín

5.2.2.1 Fitoplancton

Para la comunidad fitoplanctónica en la ciénaga de Mallorcaín se identificó una abundancia total de 150 individuos y una densidad de 1,349 Ind/ml, agrupados 21 morfoespecies, 15 familias, 13 órdenes, cinco (5) clases y tres (3) Phyla (**Tabla 52**). La división Heterokontophyta (también conocida como Ochrophyta) fue la más rica en el ensamblaje fitoplanctónico, representando el 90,48 % de las taxa identificadas (**Figura 24**). Este grupo incluye principalmente a las diatomeas (clase Bacillariophyceae), que fueron el componente más abundante y diverso del fitoplancton. Las diatomeas poseen pigmentos como fucoxantina y flagelos heterocontos, atributos que les permiten capturar eficazmente la energía lumínica y fijar carbono, contribuyendo significativamente a la productividad primaria de estos sistemas (Guamán & González, 2016; Day et al., 2013).

Tabla 52. Taxonomía del Fitoplancton registrado en la ciénaga de mallorquín.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>
Dinoflagellata	Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium sp.</i>
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
				<i>Pseudo-Nitzschia sp.</i>
		Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Licmophora sp.</i>
			Amphipleuraceae	<i>Amphiprora sp.</i>
				<i>Gyrosigma sp.</i>
				<i>Gyrosigma sp. 1</i>
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae			<i>Navicula sp. 1</i>
				<i>Navicula sp. 2</i>
				<i>Pleurosigma sp.</i>
		Rhaphoneidales	Asterionellopsidaceae	<i>Asterionellopsis sp.</i>
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella sp.</i>
		Thalassionematales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema sp.</i>
			Catenulaceae	<i>Amphora sp.</i>
		Triceratiales	Triceratiaceae	<i>Odontella sp.</i>
	Coscinodiscophyceae	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia sp.</i>

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 107 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
		<i>Chaetocerotales</i>	<i>Chaetocerotaceae</i>	<i>Chaetoceros sp.</i>
	<i>Mediophyceae</i>	<i>Stephanodiscales</i>	<i>Stephanodiscaceae</i>	<i>Cyclotella sp.</i>
		Thalassiosirales	Skeletonemataceae	<i>Skeletonema sp.</i>

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025 Abreviaturas utilizadas: ND: no determinado.

Las divisiones Dinoflagellata y Cyanobacteria con una taxa cada una constituyeron el 4,76% de la riqueza. Los dinoflagelados representan uno de los grupos eucariotas acuáticos de mayor diversidad y abundancia, situándose como el segundo grupo más relevante del fitoplancton marino después de las diatomeas (Maciel-Baltazar & Hernández-Becerril, 2013). Con más de 2500 especies conocidas y predominancia en ambientes marinos (alrededor del 90%), estos organismos juegan un papel fundamental en la producción primaria y en el sostén de las redes tróficas (Taylor *et al.*, 2008; Bravo & Figueroa, 2014). Los integrantes de este phylum pueden producir toxinas peligrosas, lo que, junto con la proliferación de especies en floración, plantea riesgos significativos para la salud humana y la integridad de los ecosistemas acuáticos (Taylor *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2011).

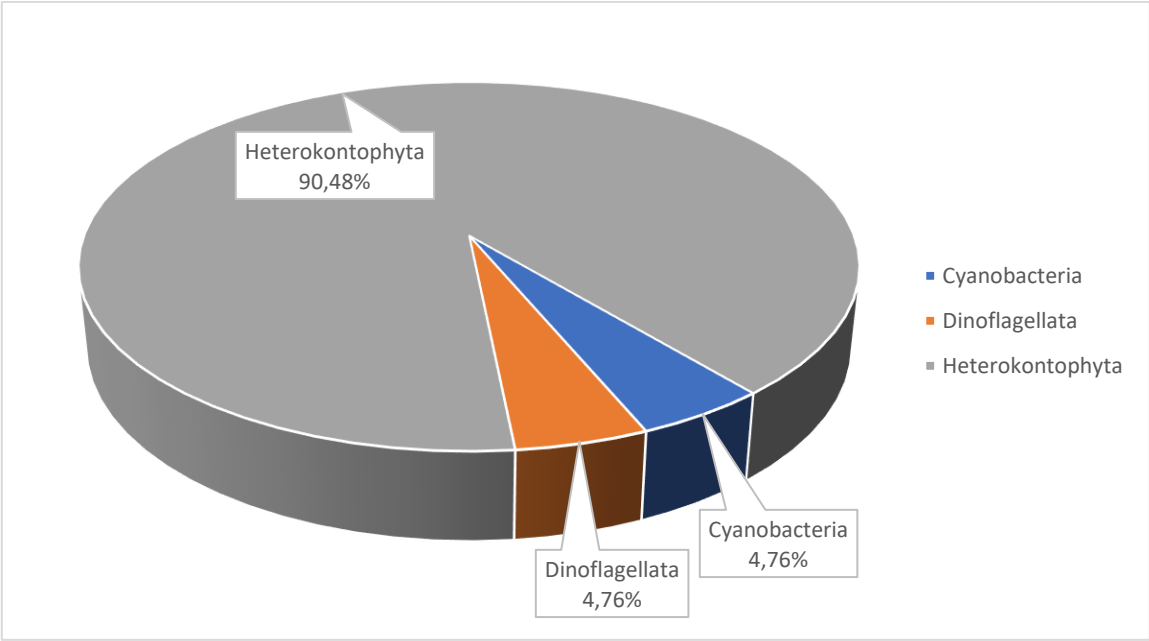


Figura 24. Riqueza de la comunidad de Fitoplancton a nivel de División en la ciénaga de Mallorquín.
Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 108 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Por otra parte, las Cyanobacteria. son clave en la estructura del fitoplancton dulceacuícola y estuarino por su habilidad para sobrevivir y proliferar en condiciones variables de salinidad, nutrientes y estabilidad física. Además, esta división incluye especies capaces de producir cianotoxinas como microcistinas, las cuales pueden afectar la calidad del agua y tener implicaciones para la salud pública especialmente aquellas que son capaces de formar florecimientos algales nocivos o FAN (De la Hoz, 2004; Herrera Cristancho, 2023)

La **Tabla 53** muestra la riqueza específica, abundancia y densidad total por punto de muestreo, detallando la contribución de cada morfoespecie. La riqueza resultó más baja en los puntos P2_699599 y P6_699603, donde se registraron solo 4 y 5 taxa, respectivamente. En contraste, los puntos P4_699601 y P7_699594. presentaron la mayor riqueza con 11 y 10 taxa, respectivamente. Por su parte, la densidad osciló desde 0,066 ind/ml en P4_699601 hasta 0,403 ind/ml en P7_699604.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 109 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 53. Densidad y abundancia del ensamblaje fitoplanctónico registrado en la ciénaga de Mallorcaín.

MORFOESPECIE	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
<i>Oscillatoria sp.</i>	6	0,074	22,22	4	0,048	40,00	2	0,006	8,33
<i>Nitzschia sp.</i>				2	0,024	20,00			
<i>Amphiprora sp.</i>							1	0,003	4,17
<i>Gyrosigma sp.</i>							11	0,033	45,83
<i>Navicula sp. 1</i>	1	0,012	3,70						
<i>Pleurosigma sp.</i>							2	0,006	8,33
<i>Asterionellopsis sp.</i>	3	0,037	11,11	1	0,012	10,00			
<i>Thalassionema sp.</i>							1	0,003	4,17
<i>Amphora sp.</i>	2	0,025	7,41	3	0,036	30,00			
<i>Odontella sp.</i>							3	0,009	12,50
<i>Rhizosolenia sp.</i>	9	0,110	33,33				1	0,003	4,17
<i>Chaetoceros sp.</i>	1	0,012	3,70						
<i>Skeletonema sp.</i>	5	0,061	18,52				3	0,009	12,50
Riqueza (S)		7			4			8	
Abundancia (No.Ind)		27,000			10,000			24,000	
Densidad (Ind/ml)		0,331			0,120			0,072	

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 110 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

	P4_699601			P5_699602			P6_699603			P7_699604		
MORFOESPECIE	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
<i>Oscillatoria sp.</i>	3	0,009	13,64	4	0,034	19,05	3,00	0,04	21,43	4	0,050	12,50
<i>Peridinium sp.</i>	1	0,003	4,55									
<i>Nitzschia sp.</i>	1	0,003	4,55				3,00	0,04	21,43	2	0,025	6,25
<i>Pseudo-Nitzschia sp.</i>							2,00	0,03	14,29			
<i>Licmophora sp.</i>										4	0,050	12,50
<i>Amphiprora sp.</i>	1	0,003	4,55							6	0,0756	18,75
<i>Gyrosigma sp.</i>	2	0,006	9,09							4	0,0504	12,5
<i>Gyrosigma sp. 1</i>				3	0,0255	14,29						
<i>Navicula sp.</i>	1	0,003	4,55	1	0,009	4,76						
<i>Navicula sp. 2</i>										2	0,025	6,25
<i>Pleurosigma sp.</i>	1	0,003	4,55									
<i>Asterionellopsis sp.</i>	3	0,009	13,64	2	0,017	9,52				2	0,025	6,25
<i>Surirella sp.</i>	1	0,003	4,55	2	0,017	9,52	1,00	0,01	7,14			
<i>Odontella sp.</i>				1	0,009	4,76				3	0,038	9,38
<i>Rhizosolenia sp.</i>				1	0,009	4,76				4	0,050	12,50
<i>Cyclotella sp.</i>	1	0,003	4,55									
<i>Skeletonema sp.</i>	7	0,021	31,82	7	0,060	33,33	5,00	0,06	35,71	1	0,013	3,13
Riqueza (S)	11			8			5			10		
Abundancia (No.Ind)	22,000			21,000			14,000			32,000		
Densidad (Ind/ml)	0,066			0,179			0,179			0,403		

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 111 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

En el ensamblaje fitoplanctónico Las morfoespecies más abundantes fueron *Oscillatoria* sp. (0,259 ind/ml) frecuente en todos los puntos muestreados, y especialmente predominante en P2_699599, donde representó el 40 % del total (**Figura 25**). *Oscillatoria* es mayoritariamente de agua dulce, pero algunas especies toleran condiciones salobres y marinas; muchas tienen hábito bentónico mientras otras sobreviven en forma planctónica (Reyes Motavita, Diaz Barrios y Hernandez Castillo, 2023) y exhiben alta resistencia durante períodos secos o con elevada turbidez (*Oscillatoria* spp. muestran estrategias de flotación estacionales que favorecen su dominancia temporal) (Vidal, 2010)

n segundo lugar en importancia numérica se ubicó *Skeletonema* sp. (0,227 ind/ml en total) predominante P4_699601, P5_699602 y P6_699603 con contribuciones del 31,82%, 33,33% y y 35,71% de la abundancia total respectivamente. *Skeletonema* género cosmopolita de diatomeas estuarinas y costeras, muy tolerante a amplios rangos de salinidad, temperatura y altos nutrientes (Hernández-Becerril et al., 2013; Sarno et al., 2005). Las especies de *Skeletonema* pueden generar impactos negativos en la fauna acuática debido a su capacidad para perforar las branquias de los peces y contribuir a eventos de hipoxia durante floraciones masivas (López et al., 2011).

El tercer taxón más abundante fue *Rhizosolenia* sp. (0,172 ind/ml), con mayor aporte en P1_699598, donde representó el 33,33 % de los individuos. Este género de diatomeas planctónicas de gran tamaño prospera en ambientes costeros con alta disponibilidad de nitratos y silicatos, frecuentemente asociado a surgencias o mezcla de agua dulce y marina (Guzmán, et al., 2021; Villareal, T. A., & Reid, F. M. H. 2001).

Por último, *Gyrosigma* sp. Con una densidad total de 0,089 Ind/ml, aporta el 45,83% de la abundancia en P3_699600., Las especies de este género son altamente tolerantes a elevados niveles de materia orgánica y turbidez, lo que las convierte en bioindicadoras de eutrofización moderada y posible hipoxia local (Stevenson et al., 2010).

En contraste, *Cyclotella* sp., *Thalassionema* sp. y *Aulacoseira* sp. registradas en densidades muy bajas (0,003 ind/ml) representan comunidades más estables o indicadoras de fases mesotróficas menos perturbadas.

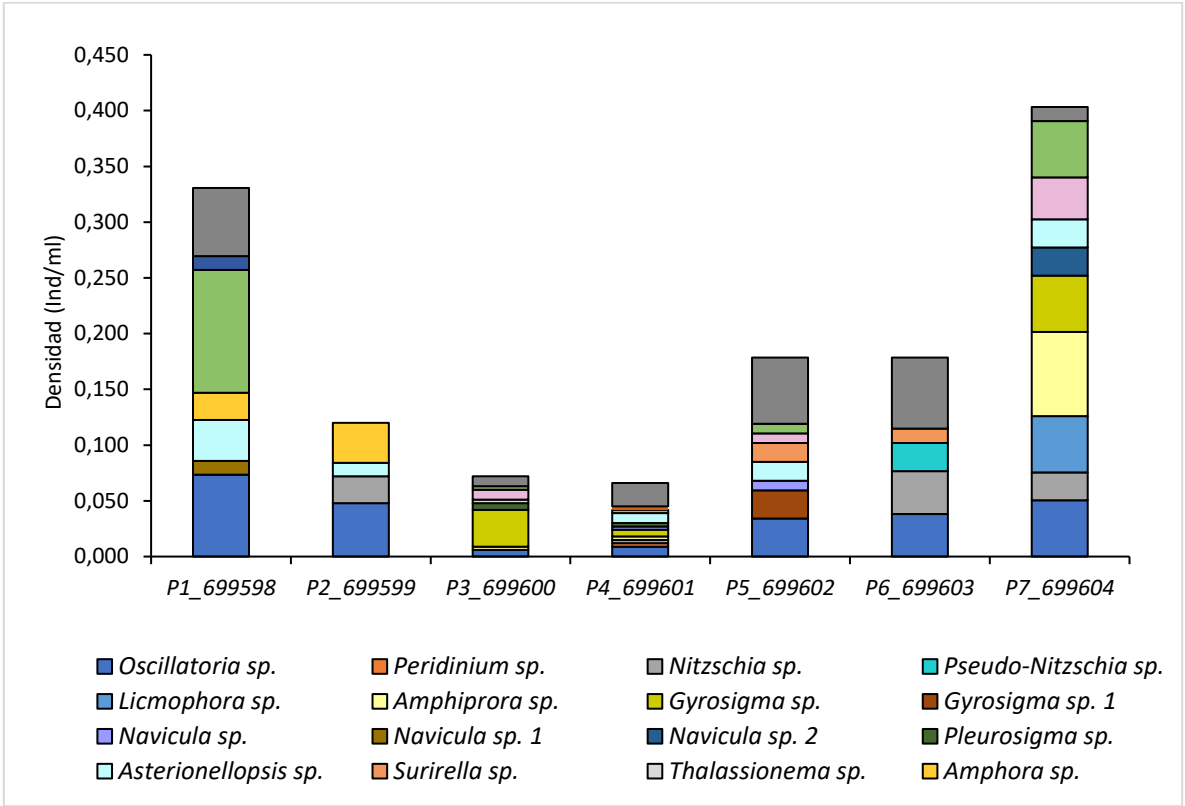


Figura 25. Densidad total de las morfoespecies de Fitoplancton en la ciénaga de Mallorquín.
Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

1.1.1.1.1. Índices ecológicos

Los resultados obtenidos a partir de los índices de diversidad (Shannon y Margalef), equidad (Pielou) y dominancia (Simpson) proporcionan una visión integral sobre la estructura de la comunidad fitoplanctónica en los puntos muestreados.

El índice de Margalef, que ajusta la riqueza específica por el tamaño de muestra, mostró valores reducidos (< 2) en puntos como P6_699603 y P2_699599, reflejando un número limitado de taxa presentes. Por contraste, en P4 y P7, donde se documentó una mayor riqueza (≥10 taxa), el índice fue sensiblemente más alto, lo cual sugiere condiciones más heterogéneas y propicias para el desarrollo de diversas morfoespecies. (Tabla 54).

Los valores del índice de diversidad Shannon en la mayoría de los puntos por debajo de 2 bits/individuo, relacionada principalmente con riqueza y dominancia de pocas

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 113 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

morfoespecies. Sin embargo, en los puntos P4_699601 y P7_699604, ambos índices alcanzaron valores moderados (Shannon $\approx$ 2,337–2,344 bits/ind), evidenciando mayor número de taxa y una distribución más equilibrada de abundancias

El índice de Pielou (J) superó consistentemente el umbral de 0,8 en la mayoría de los sitios, lo que indica una distribución relativamente homogénea de los individuos entre las especies. Paralelamente, el índice de Simpson (D) se mantuvo por debajo de 0,33, evidenciando baja dominancia y coexistencia equilibrada. Estos patrones se hicieron más marcados en P4 y P7, donde la alta equidad ($J > 0,80$) y dominancia baja confirman estructuras comunitarias más balanceadas.

Tabla 54. Índices de diversidad para la comunidad de Fitoplancton en la ciénaga de Mallorquín.

	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Shannon_H	Margalef	Equitability_J
P1_699598	7	27	0,185	1,805	1,82	0,8704
P2_699599	4	10	0,222	1,43	1,303	0,9232
P3_699600	8	24	0,2283	1,835	2,203	0,8122
P4_699601	11	22	0,1212	2,337	3,235	0,8796
P5_699602	8	21	0,1524	2,01	2,299	0,8862
P6_699603	5	14	0,1868	1,637	1,516	0,9285
P7_699604	10	32	0,09073	2,344	2,597	0,957

Fuente: LABORMAR S.A.S. 2025

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 114 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.2.2 Zooplancton

La comunidad zooplanctónica en la ciénaga de Mallorquín estuvo constituida por 157 individuos con una densidad total de 0,637 Ind/ml, agrupados en siete (7) morfoespecies, siete (7) familias de las cuales cinco (5) fueron no determinados (ND); siete (7) órdenes, incluidos tres (3) no determinados, cinco (5) clases y cinco (5) phyla (**Tabla 55**).

El phylum más representativo fue Arthropoda, con el 42,86% de las morfoespecies reportadas. En contraste, los grupos Ciliophora, Annelida, Mollusca, y Protozoa, arrojaron los valores más bajos, cada uno con el 14,29 % (**Figura 26**).

Tabla 55. Taxonomía del zooplancton registrado en la ciénaga de Mallorquín.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Annelida	Polychaeta	ND	ND	Polychaeta (Larva)
		Calanoida	ND	Calanoida Mf
		Cyclopoida	ND	Cyclopoida Mf
Arthropoda	Maxillopoda	ND	ND	Larva nauplio
		Oligotrichida	Codonellidae	<i>Tintinnopsis</i> sp.
Ciliophora	Ciliatea	ND	ND	Gastropoda (Larva Veligera)
Mollusca	Gastropoda	Arcellinida	Diffugiidae	<i>Diffugia</i> sp.
Protozoa	Lobosa			

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025. Abreviaturas utilizadas: ND: no determinado.

El phylum Arthropoda es un grupo altamente diverso y adaptado, con representantes en casi todos los ecosistemas acuáticos y terrestres. Su éxito ecológico se debe a características como la segmentación del cuerpo, la presencia de un exoesqueleto de quitina y su capacidad para ocupar distintos nichos ecológicos (Barros *et al.*, 2002).

Por otro lado, el phylum Ciliophora abarca organismos con una amplia variedad de estrategias alimenticias y una notable diversidad de nichos ecológicos. Estos protozoos forman parte fundamental de la cadena trófica y están presentes en ambientes dulceacuícolas, tanto en sistemas lénticos (lagos, estanques) como lóticos (ríos, arroyos), así como en ecosistemas salobres, marinos e incluso terrestres (Lynn, 2008 en Mayén-Estrada *et al.*, 2014).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 115 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

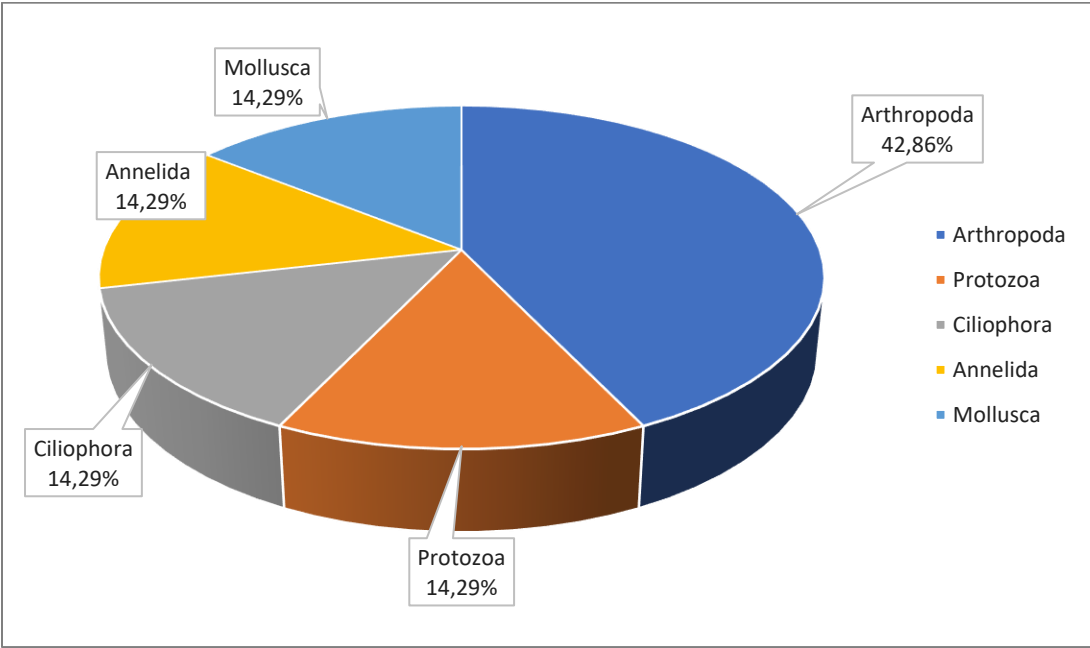


Figura 26. Riqueza de la comunidad de zooplancton a nivel de División en la ciénaga de Mallorquín.
Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

En el análisis de riqueza del ensamblaje en los diferentes puntos de monitoreo, se observó que el punto P4_699601 y P7_699604, con cinco (5) morfoespecies, seguido del punto P6_699603 con 4 morfoespecies. En contraste, los puntos P1_699598 y P1_699598 registraron los valores más bajos, con solo dos (2) morfoespecies cada uno. Esto sugiere que las condiciones en estos puntos pueden ser menos favorables para el desarrollo de una mayor variedad de especies. En cuanto a la densidad, los puntos P6_699603 y P7_699604, arrojaron los valores más altos, con 0,203 ind/ml y 0,129 ind/ml, respectivamente (**Tabla 56**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 116 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 56. Densidad y abundancia del ensamblaje zooplanctónico registrado en la ciénaga de Mallorcaín.

MORFOESPECIE	P1_699598			P2_699599			P3_699600			P4_699601		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
Polychaeta (Larva)												
Calanoida Mf				4	0,015	16,67				4	0,013	21,05
Cyclopoida Mf				1	0,004	4,17	2	0,007	22,22	4	0,013	21,05
Larva nauplio	10	0,037	90,91	19	0,070	79,17	7	0,026	77,78	9	0,029	47,37
<i>Tintinnopsis</i> sp.										1	0,003	5,26
Gastropoda (Larva Veligera)												
<i>Diffugia</i> sp.	1	0,004	9,09							1	0,003	5,26
Riqueza (S)	2			3			2			5		
Abundancia (No.Ind)	11			24			9			19		
Densidad (Ind/ml)	0,040			0,088			0,033			0,060		

MORFOESPECIE	P5_699602			P6_699603			P7_699604		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
Polychaeta (Larva)									
Calanoida Mf				2	0,011	5,26			
Cyclopoida Mf	2	0,007	8,70	5	0,027	13,16	2	0,008	6,06
Larva nauplio	20	0,073	86,96	19	0,101	50,00	17	0,066	51,52
<i>Tintinnopsis</i> sp.									
Gastropoda (Larva Veligera)									
<i>Diffugia</i> sp.				12	0,064	31,58	5	0,020	15,15

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 117 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

MORFOESPECIE	P5_699602			P6_699603			P7_699604		
	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR	No. Ind	Ind/ml	AR
Riqueza (S)		3			4			5	
Abundancia (No.Ind)		23			38			33	
Densidad (Ind/ml)		0,084			0,203			0,129	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 118 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

A nivel de morfoespecies, se observó que Larva nauplio, *Diffugia* sp. y Cyclopoida Mf fueron los taxones que registraron las densidades más altas en términos generales, con valores de 0,401 Ind/ml, 0,090 ind/ml y 0,065 ind/ml, respectivamente. En contraste, las menores densidades fueron registradas por las morfoespecies Polychaeta (Larva) y *Tintinnopsis* sp., con valores de 0,011 ind/ml y 0,003 ind/ml, respectivamente (**Figura 27**).

Los copépodos del orden Cyclopoida son pequeños crustáceos que se encuentran ampliamente distribuidos en ecosistemas acuáticos de agua dulce (Damborenea *et al.*, 2020). Estos organismos desempeñan un papel esencial en los ecosistemas acuáticos, ya que actúan como el principal eslabón entre los productores primarios y los organismos superiores, sirviendo de alimento para estadios larvarios de invertebrados, vertebrados y peces (Boxshall & Defaye, 2008).

Su alta tolerancia a condiciones ambientales adversas, como la baja disponibilidad de oxígeno, la presencia de toxinas algales y diversos contaminantes, les confiere una ventaja competitiva sobre otros microcrustáceos ((Perbiche-Neves *et al.*, 2016), favoreciendo su dominancia en entornos perturbados (Santos-Wisniewsky & Rocha, 2007). Además, su plasticidad ecológica y capacidad de adaptación a diferentes condiciones tróficas los convierte en organismos indicados para evaluar la calidad del agua (Yağci, 2016). La mayor abundancia de copépodos en ambientes eutróficos y su sensibilidad a cambios en la estructura del ecosistema refuerzan su utilidad como bioindicadores en estudios de monitoreo ambiental y conservación de cuerpos de agua dulce (Gannon & Stemberger 1978; Makino & Ban 1998).

Por otra parte, la alta densidad de larvas nauplio en comparación con otras morfoespecies sugiere la ocurrencia de un pico reproductivo, lo que indica que el ecosistema proporciona condiciones físicas y biológicas favorables para su desarrollo. Este fenómeno puede estar asociado a factores ambientales como la disponibilidad de alimento, temperatura óptima y baja presión de depredación (Espinal-García *et al.*, 2012).

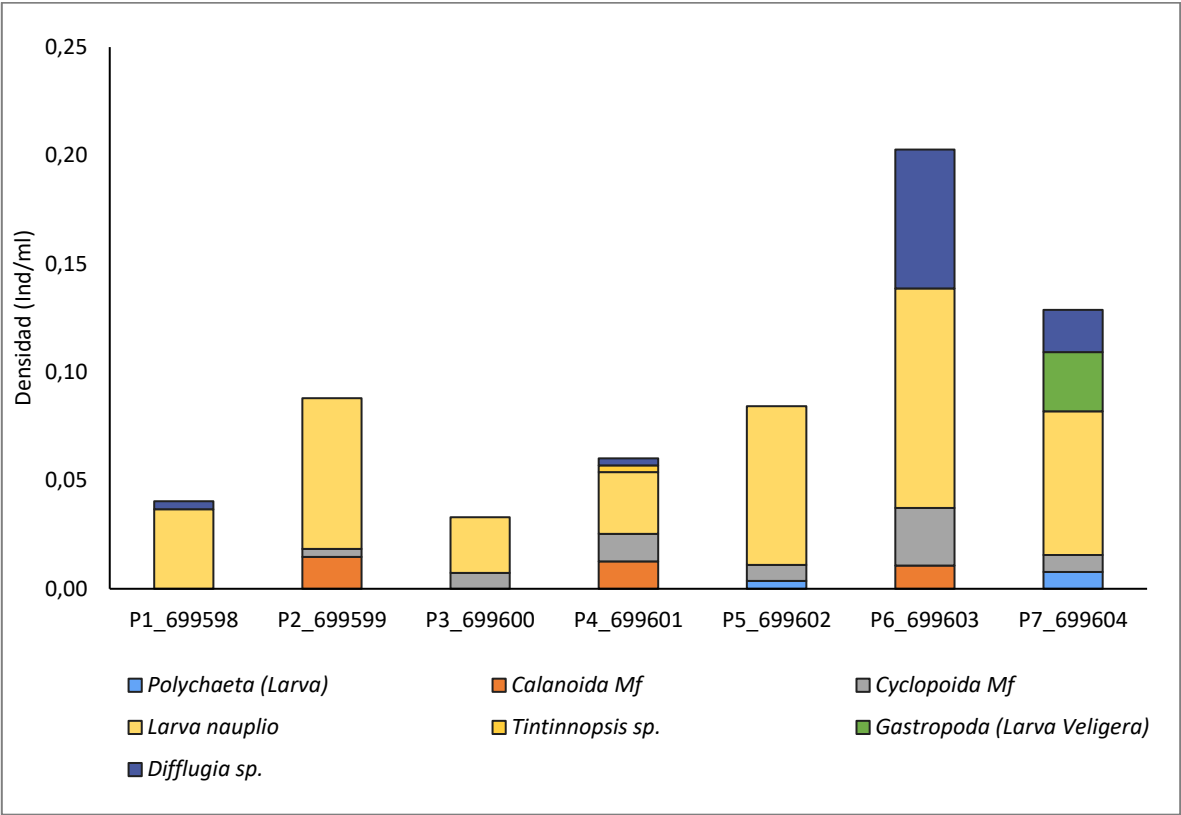


Figura 27. Densidad total de las morfoespecies de zooplancton en la ciénaga de Mallorcaín.

5.2.2.2.1 Índices ecológicos

Los resultados obtenidos a partir de los índices de diversidad (Shannon y Margalef), equidad (Pielou) y dominancia (Simpson) proporcionan una visión integral sobre la estructura de la comunidad zooplanctónica en los puntos muestreados. Los índices de Shannon y Margalef revelaron una diversidad baja en los puntos monitoreados, con valores inferiores a 2 bits/individuo, lo que indica una baja variedad de especies en la comunidad zooplanctónica en general.

El índice de Pielou mostró variabilidad en la equidad de la distribución de los individuos entre las especies. En los puntos P3_699600, P4_699601, P6_699603 y P7_699604, los valores cercanos a 1 indican una distribución equitativa de los individuos entre las especies, lo que sugiere una mayor igualdad en la abundancia de las especies en estos lugares. En contraste, en los puntos P1_699598, P2_699599 y P5_699602, se observó una equidad

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 120 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

moderada, lo que sugiere que algunas especies podrían dominar ligeramente en estos puntos (**Tabla 57**).

Tabla 57. Índices de diversidad para la comunidad de zooplancton en la ciénaga de Mallorcaín.

	Taxa_S	Individuals	Dominance_D	Shannon_H	Margalef	Equitability_J
P1_699598	2	11	0,835	0,305	0,417	0,440
P2_699599	3	24	0,656	0,616	0,629	0,561
P3_699600	2	9	0,654	0,530	0,455	0,764
P4_699601	5	19	0,319	1,320	1,358	0,820
P5_699602	3	23	0,766	0,470	0,638	0,428
P6_699603	4	38	0,370	1,132	0,825	0,817
P7_699604	5	33	0,341	1,296	1,144	0,806

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 121 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.2.3 Perifiton

La comunidad de Perifiton de la ciénaga de mallorquín, tuvo una densidad total de 116,833 Ind/cm² y una abundancia absoluta de 194 individuos, distribuidos en siete (7) morfoespecies, siete (7) familias, cinco (5) órdenes, dos (2) clases y dos (2) Phyla (**Tabla 58**). La división más representativa fue Heterokontophyta (anteriormente conocida como Bacillariophyta), la cual contribuyó con el 57,14% de las morfoespecies descritas. En cuanto a las cianobacterias ocuparon el segundo lugar con el 42,86% (**Figura 28**).

Tabla 58. Taxonomía de la comunidad Perifítica hallada en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Merismopediaceae	<i>Merismopedia sp.</i>
			Microcystaceae	<i>Microcystis sp.</i>
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella sp.</i>
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>
			Stauroneidaceae	<i>Craticula sp.</i>

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

De las dos divisiones presentes el Phylum Heterokontophyta (antes Bacillariophyta) suele ser común y abundante en diferentes tipos de ecosistemas, dado a sus capacidades de ocupar rápidamente sustratos, poseer estructuras especializadas que le generan ventajas frente a los competidores, tales como fijarse al sustrato con mayor facilidad, además de soportar cambios de temperaturas y altos niveles de perturbación (Ramírez & Viña, 1998). Por otra parte, las Cianobacterias quienes fueron el segundo grupo más diverso, suelen proliferar en zonas con alta perturbación e intensidad lumínica, se les suele encontrar asociadas a ambientes lenticos con alta disponibilidad de luz y nutrientes (Komárek, 2003; Pinilla y Duarte, 2006).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 122 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

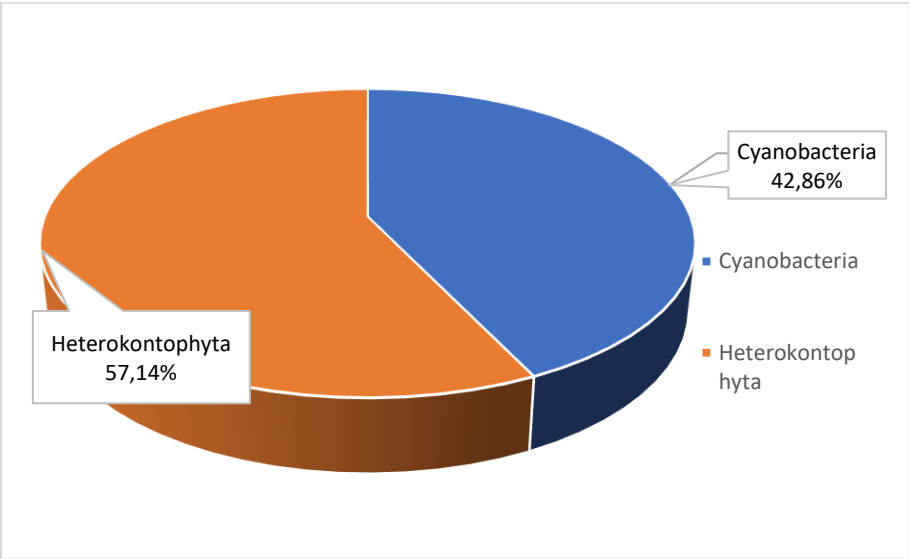


Figura 28. Riqueza del ensamblaje Perifítico a nivel de División en los puntos monitoreados registrado en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

De acuerdo con la composición y abundancia por punto de monitoreo, se evidenció que el punto P4_699601 registró la mayor abundancia con una densidad absoluta de 52,50 ind/cm² y una baja riqueza con tres (3) taxones, seguido del punto P1_699598 con una densidad de 46,667 ind/cm² aquí se reportó la mayor riqueza con cinco (5) taxones. El punto P3-699559 tuvo baja riqueza con tres (3) y una densidad de 11 Ind/cm² para el punto P3-699600 se registró la menor riqueza con dos (2) taxones y la densidad más baja con 6,667 ind/cm² (**Tabla 59**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 123 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 59. Densidad y abundancia del ensamblaje Perifítico registrado en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia. Abreviaturas: Abundancia relativa (AR).

MORFOESPECIE	P1_699598			P2_699599			P3_699600			P4_699601		
	No. Ind	Ind/cm²	AR	No. Ind	Ind/cm²	AR	No. Ind	Ind/cm²	AR	No. Ind	Ind/cm²	AR
<i>Merismopedia sp.</i>	7	5,833	12,50									
<i>Microcystis sp.</i>										38	19,000	36,19
<i>Oscillatoria sp.</i>				5	3,056	27,78	2	0,889	13,33	1	0,500	0,95
<i>Nitzschia sp.</i>	36	30,000	64,29	11	6,722	61,11	13	5,778	86,67	66	33,000	62,86
<i>Cymbella sp.</i>	3	2,500	5,36									
<i>Navicula sp.</i>	8	6,667	14,29	2	1,222	11,11						
<i>Craticula sp.</i>	2	1,667	3,57									
Riqueza (S)	5			3			2			3		
Abundancia (No.Ind)	56			18			15			105		
Densidad (Ind/cm²)	46,667			11,000			6,667			52,500		

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 124 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

las morfoespecies identificadas con la mayor abundancia en el monitoreo fueron la diatomea *Nitzschia* sp. con una densidad total de 75,50 ind/cm², estando presente solo en todos los puntos de monitoreo. Los organismos asociados al género *Nitzschia* son comunes en sistemas meso a eutróficos, tolerante a contenidos de sedimentos ya que se asocia a aguas turbulentas, con altos niveles de materia orgánica y en procesos de mezcla (Bellinger & Sigeo, 2010), seguido de *Microcystis* sp. (Cianobacteria) con un valor de 19,00 ind/cm², esta morfoespecie estuvo presente en solo en P4-699601 (**Figura 29**). Los taxones con menor densidad fueron *Cymbella* sp y *Craticula* sp con 2,5 ind/cm² y 1,667 ind/cm² estando presentes solo en P1-699598 (**Figura 29**).

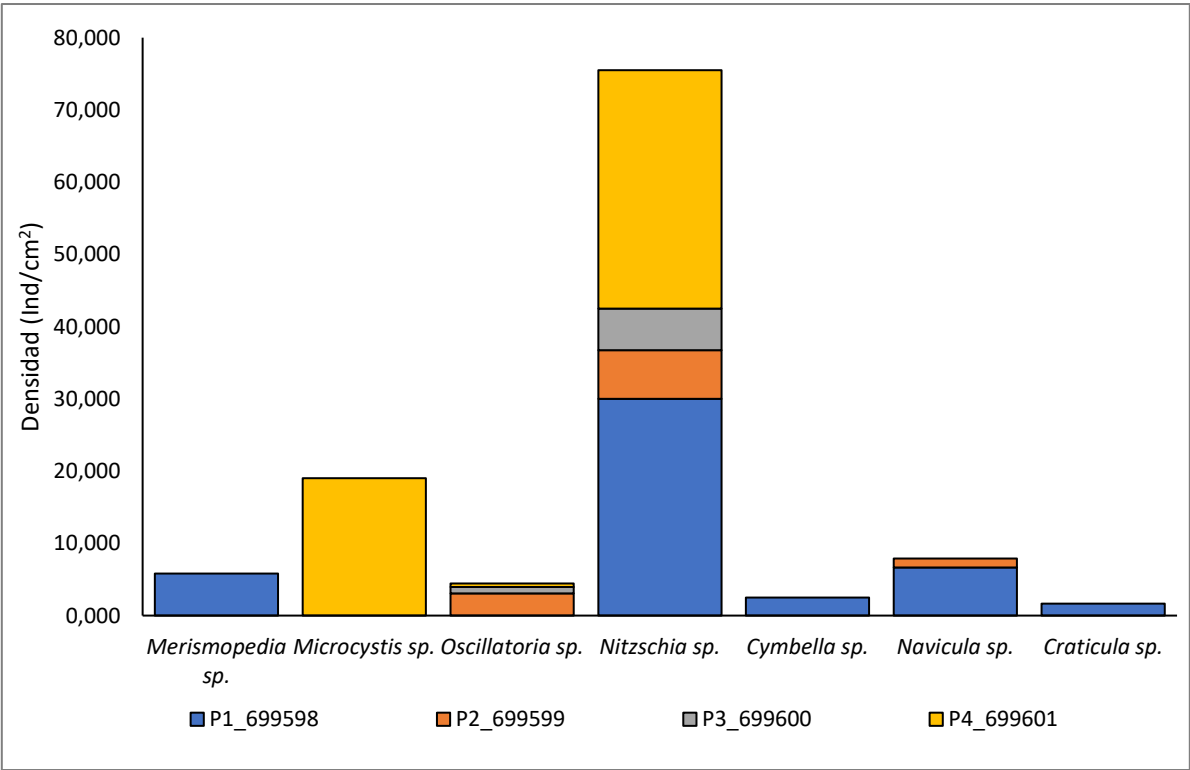


Figura 29. Densidad total de las morfoespecies de Perifítica en registrado en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 125 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

1.1.1.1.1. Índices ecológicos

En la **Tabla 60** se presentan los índices ecológicos calculados para el ensamblaje perifítico, muestran que la riqueza específica (S) vario entre los cuatro (4) puntos estudiados, Se evidencio que el punto P1_699598 tuvo un mayor número de individuo (S:5) y el menor valor de riqueza se presentó en P3-6999600 con (S:2), En general la comunidad se caracterizó por tener una diversidad de Shannon -H baja donde P1-699598 obtuvo el mayor valor del monitoreo con 1,098 bits/Ind. Estos resultados concuerdan con el índice de Margalef utilizado para evaluar la riqueza de especies, quien registró valores inferiores a dos para los puntos, valores que son considerados como indicativos de una biodiversidad baja.

En cuanto al índice de Pielou (J') registró valores que oscilaron entre $J'=0,5665$ P3_699600 siendo el más bajo del monitoreo el cual indica que la distribución de las abundancias de las morfoespecies no son equitativas el cual es corroborado por los valores de dominancia que registra el mayor valor del muestreo con D: 0,7689 donde una sola morfoespecie (*Nitzschia* sp) aporta más del 94% de la densidad total, muy contrario ocurre con P2_699599 presentando el mayor registro de $J'=0,82$, la dominancia presentó menor valor en P1-699598 con D:0,4435 un valor intermedio, es importante destacar que el la morfoespecie *Nitzschia* sp fue dominante en todos los puntos de muestreo aportando en cada uno de ellos la mayor densidad (**Tabla 60**).

Tabla 60. Índices de diversidad de la comunidad Perifítica registrada en la Ciénaga de Mallorquín, Atlántico, Colombia.

	P1_699598	P2_699599	P3_699600	P4_699601
Taxa_S	5	3	2	3
Individuals	46,67	11,00	6,67	52,50
Dominance_D	0.4435	0,463	0,7689	0,5262
Shannon_H	1,098	0,9009	0,3927	0,704
Margalef	1,057	0,8686	0,6213	0,5062
Equitability_J	0.6821	0.82	0.5665	0.6408

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 126 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.2.4 Macroinvertebrados Bentónicos

Para el ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos se obtuvo una densidad total de 2690,000 Ind/m² y una abundancia de 2690 individuos, distribuidos en 17 morfoespecies, 13 familias (una no determinada), 12 órdenes, 4 clases y 3 phyla (**Tabla 61**).

Tabla 61. Taxonomía del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en los puntos de monitoreo en la C. de Mallorca.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE
Annelida	Polychaeta	Terebellida	Cirratulidae	Cirratulidae Mf
		Phyllodocida	Glyceridae	Glyceridae Mf
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	ND	Caridea Mf
		Cardiida	Tellinidae	<i>Tellina</i> sp.
		Myida	Corbulidae	<i>Corbula</i> sp.
	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	<i>Lithophaga</i> sp.
				Mytilidae Mf
				Mytilidae Mf 1
		Venerida	Ungulinidae	<i>Diplodonta</i> sp.
			Veneridae	<i>Leukoma</i> sp.
		Basommatophora	Physidae	Physidae Mf
		Cephalaspidea	Bullidae	<i>Bulla</i> sp.
Mollusca	Gastropoda	Cycloneritida	Neritidae	<i>Neritina</i> sp.
		Neogastropoda	Olividae	<i>Olivella</i> sp.
				<i>Olivella</i> sp. 1
			Nassariidae	Nassariidae Mf
		Trochida	Calliostomatidae	Calliostomatidae Mf

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

El phylum Mollusca fue el de mayor representatividad, constituyendo el 82,35% de las morfoespecies reportadas. Este phylum agrupa una gran diversidad de organismos que desempeñan múltiples roles ecológicos mediante complejas relaciones tróficas. Además, los moluscos contribuyen significativamente a la bioacumulación de sustancias tóxicas, lo que los convierte en excelentes indicadores biológicos de contaminación ambiental (Regoli & Giuliani, 2014).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 127 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Las morfoespecies que presentaron las mayores densidades en los puntos de monitoreo fueron Cirratulidae Mf y *Corbula* sp., con valores de 1200,000 y 960,000 Ind/m², respectivamente (**Figura 31**).

El género *Corbula* sp., es ampliamente utilizados en estudios de bioacumulación de contaminantes y metales pesados (Nascimento *et al.*, 2016). Estos bivalvos, pueden tolerar fluctuaciones de salinidad, lo que les permite habitar en ecosistemas costeros como estuarios y lagunas (Dame, 2016). Su rol en los ecosistemas es variado, desde filtradores, hasta ser parte importante de la red trófica (Gollasch & Leppäkoski, 2007). Su uso en estudios ambientales es variado, ya que la disminución de su población se relaciona a alteraciones en la calidad del agua como la acidificación de la misma, así como las anomalías en su calcificación pueden relacionarse con los niveles de carbonato en el agua, además al variar el oxígeno disuelto su lugar en el ecosistema empieza a ser reemplazado por espacios con mayores rangos de tolerancia (Gazeau *et al.*, 2007).

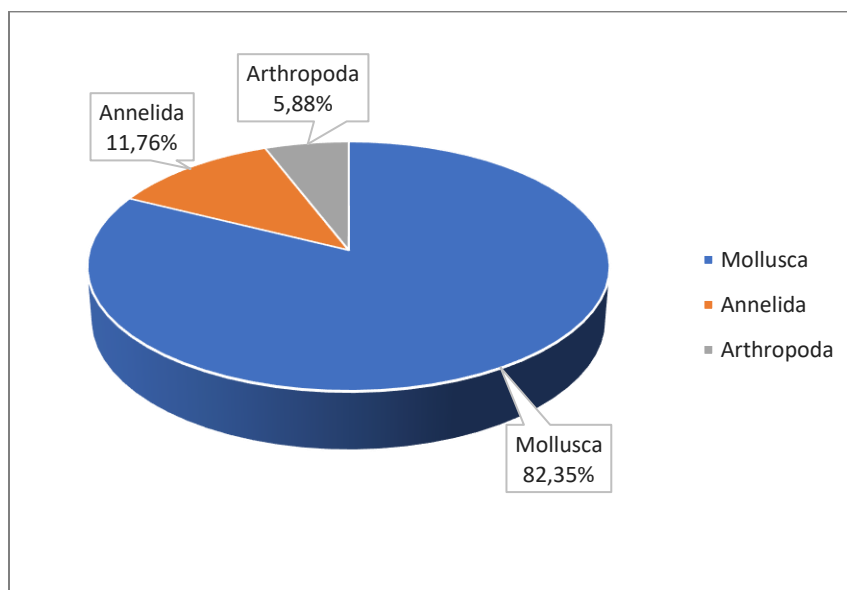


Figura 30. Riqueza del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos a nivel de phylum en la c. de Mallorquín.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 128 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

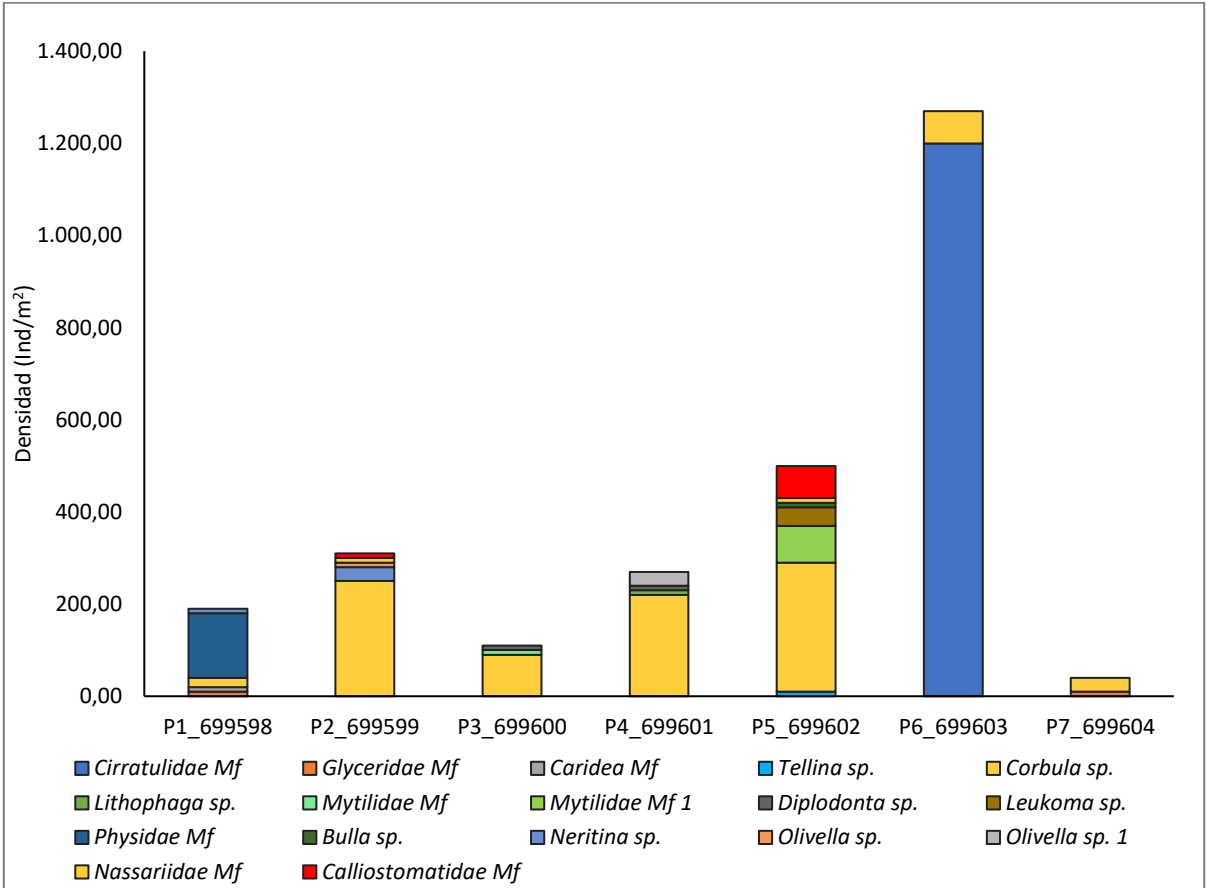


Figura 31. Densidad total de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de monitoreo. Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 130 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

	P4_699601			P5_699602			P6_699603			P7_699604		
MORFOESPECIE	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR	No. Ind	Ind/m ²	AR
Mytilidae Mf 1				8	80,000	16,00						
<i>Diplodonta</i> sp.	1	10,000	3,70									
<i>Leukoma</i> sp.				4	40,000	8,00						
<i>Bulla</i> sp.				1	10,000	2,00						
<i>Olivella</i> sp. 1	3	30,000	11,11									
Nassariidae Mf				1	10,000	2,00						
Calliostomatidae Mf				7	70,000	14,00						
Riqueza (S)	4			7			2			2		
Abundancia (No.Ind)	27			50			127			4		
Densidad (Ind/m2)	270,000			500,000			1270,000			40,000		

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 131 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

5.2.2.4.1 Índices ecológicos.

Los índices de Shannon-H y Margalef reflejaron una diversidad baja en el área de estudio, con valores inferiores a 2 bits/Ind, lo que indica una riqueza de especies limitada en la comunidad bentónica. Esta baja diversidad puede estar asociada a factores ambientales adversos o perturbaciones que afectan la capacidad de las especies para establecerse y prosperar en el ecosistema (**Tabla 63**).

Por otro lado, el índice de Pielou indicó una equitatividad moderada en los puntos P1_699598, P2_699599, P3_699600, P4_699601 y P5_699602, mientras que en el punto P7_699604 se observó una equitatividad alta, lo que sugiere una distribución más uniforme de los individuos entre las morfoespecies. En contraste, el punto P6_699603 presentó una equitatividad baja, acompañada de una alta dominancia según el índice de Simpson, lo que refleja un ensamblaje fuertemente dominado por una o pocas morfoespecies.

Tabla 63. Índices ecológicos del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de monitoreo.

	P1_699598	P2_699599	P3_699600	P4_699601	P5_699602	P6_699603	P7_699604
Taxa_S	5	5	3	4	7	2	2
Individuals	19	31	11	27	50	127	4
Dominance_D	0,562	0,663	0,686	0,679	0,366	0,896	0,625
Shannon_H	0,927	0,732	0,600	0,655	1,330	0,213	0,562
Margalef	1,358	1,165	0,834	0,910	1,534	0,206	0,721
Equitability_J	0,576	0,455	0,546	0,473	0,684	0,308	0,811

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

5.2.2.4.2 Índice BMWP (Col).

El punto P1_699598 fue clasificado como agua fuertemente contaminada de calidad muy crítica, según el índice BMWP/Col, con el registro de una única familia: Physidae. Para el resto de los puntos de monitoreo no fue posible calcular el índice BMWP/Col, ya que varias de las familias registradas no se encuentran contempladas en la lista de puntuación del índice, lo que limita su aplicabilidad en estos casos (**Tabla 64**).

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 132 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

Tabla 64. Índice BMWP (Col) del ensamblaje de macroinvertebrados bentónicos registrado en los puntos de monitoreo.

Puntos de Muestreo	P1_699598	Puntaje
Familias	Physidae	3
BMWP	3	
Calidad	Muy Critica	
Clase	V	
Significado	Aguas Fuertemente Contaminadas	

Fuente LABORMAR S.A.S. 2025.

5.2.2.5 Peces

No se registraron especies ícticas en los puntos de monitoreo durante el período evaluado.

5.2.2.6 Macrófitas acuáticas

No se registraron morfoespecies de Macrófitas acuáticas en este cuerpo de agua. Lo que se puede explicar por ser una laguna costera, lo que dificulta el establecimiento de este tipo de vegetación acuática, las cuales no suelen colonizar ambientes con alta salinidad e influencia marina.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 133 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

7. CONCLUSIONES

7.1 Cuenca Rio Magdalena

7.1.1 Ciénaga de Malambo

La comunidad **fitoplanctónica** de la ciénaga de Malambo con 15 morfoespecies y de 4632.25 Ind/ml en total es dominada casi exclusivamente por cianobacterias, principalmente *Arthrospira* sp. Está marcada dominancia indica una baja diversidad, asociada a condiciones eutróficas posiblemente intensificadas por la sequía. A nivel espacial, solo los puntos P1_699590 y P3_699592 presentan una comunidad relativamente más estable, con un menor predominio de *Arthrospira* sp., lo que sugiere una leve heterogeneidad ambiental en estos sitios.

La ciénaga de Malambo presenta una comunidad **zooplanctónica** integrada por 17 morfoespecies, integrada en su mayoría por organismos de los Phyla Rotifera, con una menor proporción de especies del phylum Arthropoda. Dicha comunidad presentó características estructurales de diversidad baja en todos los puntos monitoreados según ambos índices de diversidad (Shannon y Margalef), excepto en el P2_699591 y P3_699592, donde se presenta diversidad media según el índice de Shannon; además, con tendencia a la equidad y baja dominancia de especies, lo que puede indicar la heterogeneidad espacial de las especies y abundancias de la ciénaga de malambo.

La composición del **perifiton** en la cienaga estuvo representado por un mayor aporte de las Heterokontophyta agrupando el 66,67% de la riqueza total, seguida de la división Cyanobacteria con un 20%, las Chlorophyta presentaron la menor riqueza agrupando el 13,33% de las morfoespecies. La densidad promedio del perifiton fue de 2479,11 Ind/cm² y la mayor densidad se registró en P6 con 8986,66 Ind/cm² En cuanto a las morfoespecies reportadas, *Nitzschia* sp y *Artrospira* sp presentaron las mayores con 5006,223 Ind/cm² y 4042,444 Ind/cm² respectivamente, seguido de *Oscillatoria* sp. sp. (1059,222 Ind/cm²) sp y *Gomphonema* sp (1059,556 Ind/cm²). los índices de diversidad mostraron que la comunidad perifítica presenta una estructura inestable representado por baja riqueza y densidad así como los índices de Shannon_H y Margalef.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 134 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

El ensamblaje de **macroinvertebrados bentónicos** en la ciénaga de Malambo presentó baja diversidad taxonómica, dominado por morfoespecies del phylum Mollusca, particularmente *Pyrgophorus* sp., una especie potencialmente invasora. Aunque la riqueza fue limitada y los índices de diversidad fueron bajos, la equitatividad fue alta, indicando una distribución relativamente uniforme de los individuos.

La **fauna íctica** de la ciénaga de Malambo estuvo compuesta por una morfoespecie, pertenecientes a las familias Cichlidae. La especie identificada fue *Oreochromis niloticus*, capturada únicamente en el punto P3_699592, sin registros en los demás puntos de muestreo. Estos resultados pueden estar asociados a distintos factores que interfieren en la dinámica de la ciénaga como la descarga de aguas sin tratar o con tratamiento inadecuado, lo cual introduce materia orgánica, nutrientes (nitrógeno y fósforo), metales pesados y otras sustancias tóxicas deteriorando la calidad del agua; el aporte de sedimentos provenientes de la erosión en la cuenca alta y media del río Magdalena pueden colmatar la ciénaga, reduciendo su profundidad y afectando los hábitats de los peces. Sumado a esto, la deforestación de las orillas y la desaparición de plantas acuáticas eliminan zonas de refugio, alimentación y reproducción para los peces, junto con las modificaciones en los patrones de inundación y sequía y los cambios en el uso del suelo, pueden afectar los ciclos de vida de las especies y la disponibilidad de hábitats adecuados.

La riqueza de **macrófitas acuáticas** en el punto de monitoreo fue baja, dominada por *Pontederia crassipes*., especie con alta capacidad de adaptación y expansión. Aunque algunas se consideran malezas por su impacto ecológico y en las actividades humanas, también poseen un potencial significativo para usos industriales y ambientales.

7.1.2 Ciénaga Convento

El ensamblaje **fitoplanctónico** de la ciénaga de Convento, compuesto por cinco morfoespecies y con una densidad total de 0,582 ind/ml, evidencia una estructura típica de ambientes eutróficos: baja riqueza específica y fuerte dominancia de taxones adaptados a condiciones de alta carga orgánica y nutrientes, como la cianofita filamentosa *Planktothrix* sp.

En términos de estructura comunitaria, la diversidad es baja, reflejo de la predominancia generalizada de *Planktothrix* sp. No obstante, en el punto P1_699588 se observa una mayor participación relativa de otras morfoespecies, lo cual sugiere condiciones algo menos

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 135 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

extremas o más heterogéneas en cuanto a la disponibilidad de recursos, en comparación con el punto P2_699589, donde la equidad es menor y la comunidad está aún más concentrada en este taxón dominante.

La comunidad **zooplanctónica** estuvo integrada por 7 morfoespecies, en su mayoría por organismos de los Phyla Arthropoda y Rotifera propia de ecosistemas lénticos eutrofizados. Desde el punto de vista estructural, la comunidad presentó baja diversidad, escasa equitatividad y una dominancia poco marcada, lo que podría reflejar condiciones de homogeneidad espacial en el sistema.

El ensamblaje de **macroinvertebrados bentónicos** en la ciénaga El Convento evidenció baja diversidad taxonómica y dominancia del phylum Mollusca, con altas densidades de *Melanoides* sp. 1 y *Pyrgophorus* sp., especies asociadas a ambientes eutrofizados y perturbados. A pesar de la baja riqueza, se registró una equitativa distribución de los individuos entre las especies. La aplicación del índice BMWP/Col reveló condiciones de aguas muy contaminadas a fuertemente contaminadas, lo que indica un ecosistema afectado por alta carga orgánica y alteración de sus condiciones naturales.

No se registraron capturas de peces en los puntos objeto de estudio, a pesar del esfuerzo de muestreo con atarraya. Sin embargo, esto no debe interpretarse como una ausencia total de peces en el cuerpo de agua. La presencia de vegetación densa, suelos fangosos o coberturas flotantes dificulta el uso de redes y embarcaciones. Por otro lado, métodos como redes de arrastre o trampas de caída pueden no capturar adecuadamente especies más pequeñas o evasivas, generando sesgos en la representación de la comunidad, la presencia de microhábitats muy diferenciados como áreas abiertas, vegetación densa, márgenes fangosos, entre otros, requiere de técnicas variadas para representar toda la comunidad. Además, los cuerpos someros son muy dinámicos, es decir, que experimentan cambios rápidos de nivel de agua, temperatura, oxígeno, afectando la distribución temporal de las especies.

El cuerpo de agua presentó una baja riqueza de macrófitas, registrándose tres morfoespecies de las cuales *Pontederia crassipes*, ocupó el 48,0% de la cobertura acuática. Esta ausencia de diversidad sugiere un ecosistema acuático dominado por una sola especie, lo que podría ser indicativo de condiciones ambientales limitantes o de un proceso de invasión.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 136 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

7.2 Cuenca Litoral

7.2.1 Ciénaga de Balboa

La comunidad **fitoplanctónica** de la ciénaga de Balboa se caracteriza por una baja diversidad taxonómica, dominada principalmente por organismos del phylum Heterokontophyta, especialmente *Centritractus* sp., que presentó una alta abundancia relativa. Esta estructura comunitaria refleja un ecosistema con condiciones ambientales favorables para la proliferación de unas pocas morfoespecies, posiblemente asociadas a procesos de eutrofización, alta carga de nutrientes y estabilidad en ciertos parámetros fisicoquímicos.

A nivel espacial, se observaron diferencias notables en la equitatividad y dominancia de las especies entre los puntos muestreados. Mientras que en P2_699596 se registró una mayor equitatividad y diversidad, en P3_699660 se evidenció una fuerte dominancia de *Centritractus* sp., lo que sugiere variabilidad local en la disponibilidad de recursos, condiciones de mezcla y tolerancia diferencial a factores como la turbidez, salinidad o concentración de materia orgánica

La comunidad **zooplanctónica** de la Ciénaga de Balboa estuvo predominantemente representada por lo phylum Arthropoda y Rotifera. Esto se puede atribuir a que las condiciones ambientales del hábitat, como la disponibilidad de recursos alimenticios, la estabilidad del entorno y la baja presencia de depredadores, favorecen la proliferación de estos grupos. Destacándose las morfoespecies Ostracoda Mf, *Euchlanis* sp. y *Brachionus* sp. Lo cual, sienta muy buenas bases en el flujo de energía entre los productores primarios y niveles tróficos superiores.

La composición del **perifiton** en la ciénaga estuvo representado en gran proporción por la división Heterokontophyta con el 66,67% seguida por las Cyanobacteria y Ochrophytas ambas con el 16,67% en total se registraron seis (6) morfoespecies que estuvieron representadas en P3, mientras que P2 reportó dos (2) morfoespecies. La densidad promedio del perifiton fue 5018,389 ind/cm², P2 registró la mayor densidad con 9155,556 ind/cm². las morfoespecies más abundantes en la ciénaga fueron la diatomea *Nitzschia* sp y la Cyanobacteria *Oscillatoria* sp con un total de 9312,556,111 ind/cm² y 638,667 ind/cm². En términos de diversidad, Se evidencio que la ciénaga presenta valores bajos de diversidad representados por valores bajos de riqueza y altas densidades, además los valores de

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 137 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

equidad son bajos reflejados por altos valores de dominancia aportados principalmente por la morfoespecie *Nitzschia sp* que realizó aportes superiores al 90% de la densidad total.

El ensamblaje de **macroinvertebrados bentónicos** presentó baja diversidad y riqueza taxonómica, dominado por morfoespecies del phylum Arthropoda, especialmente Corixidae. A pesar de esta baja diversidad, se observó una equitativa distribución de los individuos entre las especies. Los resultados del índice BMWP/Col evidenciaron un alto nivel de contaminación orgánica, clasificando las aguas como fuertemente a muy contaminadas, lo que indica un ecosistema acuático en condición ambiental crítica, con posible afectación a la biodiversidad y funcionalidad ecológica.

En la ciénaga de Balboa no se registraron capturas de **peces** en los puntos objeto de estudio; sin embargo, no debe interpretarse como una ausencia total de especies ícticas en el sistema. Factores como la turbidez del agua y la limitada eficacia de los métodos de muestreo empleados podrían haber influido en la no detección de individuos. Además, las especies ícticas suelen presentar patrones de distribución espacial y temporal que dificultan su captura.

No se registraron morfoespecies de **macrófitas acuáticas** en este cuerpo de agua, lo cual puede explicarse por su carácter de laguna costera. Este tipo de ambiente, influenciado por la salinidad y la dinámica marina, dificulta el establecimiento de vegetación acuática, ya que las macrófitas suelen tener una baja tolerancia a condiciones salinas.

7.2.2 Ciénaga de Mallorcaín

El ensamblaje **fitoplanctónico** de la Ciénaga de Mallorcaín con alta riqueza específica (21 morfoespecies) y densidades bajas, exhibe una dominancia estructural de Heterokontophyta y de la cianaobacteria *Oscillatoria sp*.

La distribución espacial de las morfoespecies dominantes (*Oscillatoria*, *Skeletonema*, *Rhizosolenia* y *Gyrosigma*) evidencia una heterogeneidad ecológica significativa en la ciénaga de Mallorcaín. Cada género alcanzó su máxima abundancia en un punto específico (*Oscillatoria* en P2; *Skeletonema* en P4–P6; *Rhizosolenia* en P1; *Gyrosigma* en P3), lo que sugiere una interacción compleja entre aportes continentales, influencia marina y procesos internos como eutrofización y mezcla hídrica. Esta estructura se intensifica durante la época seca, cuando la menor renovación de agua produce efectos acumulativos en nutrientes y materia orgánica, favoreciendo especies adaptadas a condiciones escalonadas de salinidad

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 138 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

El estudio de la comunidad zooplanctónica en la ciénaga de Mallorquín evidenció una baja riqueza de especies, con predominio de organismos del phylum Arthropoda, en especial copépodos y larvas nauplio, lo que indica una fuerte presencia de especies adaptadas a condiciones ambientales variables o incluso perturbadas. La alta densidad de ciertas especies en puntos específicos puede reflejar una heterogeneidad en las condiciones ecológicas de la ciénaga, posiblemente relacionadas con factores como la calidad del agua, la disponibilidad de recursos y la presión ecológica.

El **perifiton** estuvo caracterizado por tener dominancia en la riqueza y densidad por las Heterokontophyta contribuyendo con el 57,14% de las morfoespecies descritas seguida por las Cianobacterias con el 42,86%. Las morfoespecies más abundantes en los puntos de muestreo estuvieron representadas principalmente por la diatomea *Nitzschia* sp. Aportando más del 64,6% de la densidad total con 75,5 individuos, también se destaca un aporte significativo de las morfoespecies *Microcystis* y *Merismopedia* sp (Cyanobacteria) registrándose solo en los puntos P1 y P4. El ensamblaje del perifiton se caracterizó por tener una estructura inestable con valores bajos de riqueza, diversidad de Shannon -H, valores altos de dominancia (D) y altas densidades en los puntos de muestreo y dominancia de la morfoespecie *Nitzschia* sp realizando los mayores aportes a la densidad superando en algunos puntos más del 70% de la densidad total.

El **ensamblaje bentónico** presentó una estructura dominada por Mollusca, especialmente Cirratulidae Mf y Corbula sp., especies con alto valor como bioindicadores. A pesar de una abundancia elevada, los índices de Shannon-H y Margalef evidenciaron baja diversidad, lo que sugiere condiciones ambientales adversas. La equitatividad varió entre puntos, destacándose una alta dominancia en P6_699603. El índice BMWP/Col clasificó el punto P1_699598 como agua fuertemente contaminada, mientras que su aplicación fue limitada en otros puntos.

En la ciénaga de Mallorquín no se registraron capturas de **peces** en los puntos objeto de estudio; sin embargo, esta ausencia no debe interpretarse como una ausencia total de especies ícticas en el sistema. Factores como la alta turbidez del agua y la eficacia limitada de los métodos de muestreo utilizados podrían haber influido en la no detección de individuos. Adicionalmente, muchas especies ícticas presentan patrones de distribución espacial y temporal variables, así como comportamientos evasivos, que pueden dificultar su captura mediante técnicas convencionales.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 139 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

No se registraron morfoespecies de **macrófitas acuáticas** en este cuerpo de agua, lo cual puede explicarse por su carácter de laguna costera. Este tipo de ambiente, influenciado por la salinidad y la dinámica marina, dificulta el establecimiento de vegetación acuática, ya que las macrófitas suelen tener una baja tolerancia a condiciones salinas.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 140 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

8. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade-Sossa, C., Camacho-Reyes, C., & Ruíz-Sepúlveda, C. (2023). Zooplankton studies in Colombian fresh and brackish water ecosystems: A review and future perspectives. *Limnologica*, 100, 126081.
- APHA, AWWA, & WEF (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association. (ISBN: 978-0-87553-335-0)
- Ávila-Parga, G. (1973). Variación y frecuencia de algunas especies de Rotíferos provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). Agris/Invemar.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. & Stribling, J.B. (1999) *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. 2nd Edition, Report EPA 841-B-99-002, US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington DC.
- Bellinger, C.G. & Sigeo, D.C. (2010). *Freshwater algae: Identification and use as bioindicators*. Wiley-Blackwell. London, UK.
- Bicudo, D. C., Tremarin, P. I., Almeida, P. D., Zorzal-Almeida, S., Wengrat, S., Faustino, S. B., Costa, L. F., Bartozek, E. C. R., Rocha, A. C. R., Bicudo, C. E. M., & Morales, E. A. (2016). Ecology and distribution of Aulacoseira species (Bacillariophyta) in tropical reservoirs from Brazil. *Diatom Research*, 31(3), 199–215. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2016.1227376>
- Bravo, I., & Figueroa, R. I. (2014). Towards an ecological understanding of dinoflagellate cyst functions. *Microorganisms*, 2(1), 11-32.
- Caraballo, P., Castaño, L., & González, J. M. (2019). Composición y estructura del zooplancton en humedales del norte de Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 23(2), 182–192.
- Clayton, W. D. & S. A. Renvoize. (1986). *Genera Graminum. Grasses of the World*. Her Majesty's Stationary Office. London, UK. 389 pp.
- Colé, A., Linares, H., & Vera, L. (2018). Funciones y servicios biogeoquímicos y ecológicos de cinco humedales urbanos en el Caribe colombiano. *Humedales de Ciudad*, 12(2), 45–57.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico -CRA. (2020). *Informe de monitoreo hidrobiológico en los sistemas acuáticos del departamento del Atlántico – Año 2020*. Barranquilla, Colombia.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico -CRA. (2021). *Informe de monitoreo hidrobiológico en los sistemas acuáticos del departamento del Atlántico – Año 2021*. Barranquilla, Colombia.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 141 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

- Corporación Autónoma Regional del Atlántico -CRA. (2022). *Informe de monitoreo hidrobiológico en los sistemas acuáticos del departamento del Atlántico – Año 2022*. Barranquilla, Colombia.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico -CRA. (2023). *Informe de monitoreo hidrobiológico en los sistemas acuáticos del departamento del Atlántico – Año 2023*. Barranquilla, Colombia.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico. (2007). Documentación del estado de las cuencas hidrográficas en el departamento del Atlántico. <https://doi.org/https://crautonomia.gov.co/documentos/Normas%20Ambiental/Normas-CRAatlantico/Documentacion%20Cuerpos%20de%20Agua%20Atlantico.pdf>
- Da Silva, M. R. O. B., et al. (2021). Bioactive Compounds of *Arthrospira* spp. (Spirulina) with Potential Anticancer Activities: A Systematic Review. *ACS Chemical Biology*, 16(11), 2057-2067. <https://doi.org/10.1021/acscchembio.1c00568>
- Damborenea, C., Rogers, D. C., & Thorp, J. H. (Eds.). (2020). Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Volume 5: Keys to Neotropical and Antarctic Fauna. Academic Press.
- De La Hoz Aristizábal, María Virginia. (2004). DINÁMICA DEL FITOPLANCTON DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 33 (1), 159-179. Recuperado el 28 de julio de 2025 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612004000100009&lng=en&tlng=es.
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Fundación miguel lillo, tucumán, argentina, 656.
- Dorado-Ruiz O, Dorado O, De Jesús-Almonte JM, Arias DM, López-Díaz K, Pascual M, Flores-Castorena A, Martínez-Alvarez D. 2016. Flora ilustrada del trópico Seco de Morelos. Convolvulaceae del trópico seco. Fascículo 1. 1a edit. Ediciones Trópico Seco. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Dray, & Center, (2002). Chapter 5: Waterlettuce. In: *Biological Control of invasive Plants in the Eastern United States*, USDA Forest Service Publication FHTET2002-04, 65-78.
- Dundee, D. S., & Paine, A. (1977). Ecology of the snail, *Melanoides tuberculata* (Muller), intermediate host of the human liver fluke (*Opisthorchis sinensis*) in New Orleans, Louisiana.
- Eschmeyer, W., (2010). CAS–Ichthyology–Catalog of Fishes, California academy of sciences, San Francisco, CA, USA. Disponible en la página: <http://www.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatsearch.html>.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 142 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

- Espinal-García, P., A. Giraldo, M. Londoño-Mesa y L. M. Mejía-Ladino. (2012). Variabilidad en la abundancia de larvas de crustáceos y poliquetos en bahía Málaga, Pacífico colombiano (enero-junio de 2010). *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 41(2): 355-373.
- Fernández, H., & Domínguez, E. (2001). Guía para la determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M Lillo, 282 pp.
- Gakwavu, R. J., Sekemo, B. C., & Nhapi, I. (2012). Zinc and chromium removal mechanisms from industrial wastewater by using water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (mart.) Solms. *Applied Ecology and Environmental Research*, 10(4), 493–502.
- Gamarra, Y., Restrepo, R., & Cajigas, A. (2012). Guía de campo de los macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Menzuly – Santander – Colombia. Primera edición. Ediciones Universidad Industrial de Santander. 154.
- Gannon, J. E., & Stemberger, R. S. (1978). Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Transactions of the American Microscopical Society*, 16-35.
- Gazeau, F., Parker, L. M., Comeau, S., Gattuso, J. P., O'Connor, W. A., & Martin, S. (2007). Impact of Ocean Acidification on Marine Bivalve Calcification. *Geophysical Research Letters*, 34(7), L07603.
- Gollasch, S., & Leppäkoski, E. (2007). Risk Assessment and Management of Invasive Species in Aquatic Environments. Springer.
- Gómez, N.; Licursi, M. & J. Cocheró. (2009). Seasonal and spatial distribution of the microbenthic communities of the Rio de la Plata estuary (Argentina) and possible environmental controls. *Marine Pollution Bulletin*. 58: 878-887.
- Gómez, S. C., & de Corral, A. Q. (2011). Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Gómez-Ramírez, E., Fuentes-Restrepo, J., & Rengifo-Ortíz, C. (2020). Evaluación ecológica rápida de lagunas costeras del Caribe colombiano: implicaciones para la conservación del zooplancton. *Acta Biológica Colombiana*, 25(3), 405–415.
- Gutiérrez, M. R., Gallo, A. A., & Castaño, L. M. (2017). Dinámica del fitoplancton y zooplancton en relación con variables fisicoquímicas en una ciénaga tropical. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 99–111.
- Gutiérrez, Y., & Díaz, L. (2015). Ephemeroptera (insecta) de Caldas-Colombia, claves taxonómicas para los géneros y notas sobre su distribución. *Papéis avulsos de Zoología*, 55(2):13-46.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 143 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

- Heard, T. A., & Winterton, S. L. (2000). Interactions between nutrient status and weevil herbivory in the biological control of water hyacinth. *Journal of Applied Ecology*, 37, 117–127.
- Hellmann, J. J., Byers, J. E., Bierwagen, B. G., & Dukes, J. S. (2008). Five potencial consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology*, 22(3), 534–543.
- Hernández-Becerril, D. U., Barón-Campis, S. A., Salazar-Paredes, J., & Alonso-Rodríguez, R. (2013). Species of the planktonic diatom genus *Skeletonema* (Bacillariophyta) from the Mexican Pacific Ocean. *Cryptogamie, Algologie*, 34(2), 77-87.
- Herrera Cristancho, K. G. (2023). Monitoreo y análisis de microalgas potencialmente nocivas en el departamento del Magdalena, Caribe Colombiano.
- IUCN 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. <<https://www.iucnredlist.org>>
- Jacome-Pilco, C., Ballesteros, C., Rea, E., & Cayambe, L. M. R. (2021). Microalgas en el tratamiento de aguas residuales generadas en industrias de curtiembres. *Ciencia y Tecnología*, 14(2), 47-55
- Johansen, J. R., & Komárek, J. (2015). Coccoid Cyanobacteria. In J. D. Wehr, R. G. Sheath & J. P. Kociolek (Eds.), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification* (2nd ed., pp. 91–95). Elsevier.
- Komárek, J. (2003). Coccoid and colonial cyanobacteria. In *Freshwater Algae of North America* (pp. 59-116). Academic press.
- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.
- Linares, E. L. Lasso, C. A. Ardila, M. Morales, M.A. (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, D. C., Colombia. 326 pp.
- López Osorio, R., Cañón Páez, M. L., & Gracia Escobar, M. F. (2011). Catálogo de fitoplancton de la Bahía de Cartagena, Bahía Portete y agua de lastre.
- López-Muñoz, M. T., De Mattos-Bicudo, C. E., Echenique, R. O., Ramírez-Restrepo, J. J., & Palacio, J. A. (2017). Charophyta, Chlorophyta y Cryptophyta del embalse Riogrande II (Antioquia, Colombia). *Biota Colombiana*, 18(1), 50–67. DOI: 10.21068/c2017.v18n01a4
- Lowe, R. & G. D. Laliberte. (1996). Benthic stream algae: distribution and structure. In: Hauer, R.; Lamberti, G. A. (Eds.). *Stream Ecology*. Academic Press, California. 669 pp.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 144 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

- Maciel-Baltazar, E., & Hernández-Becerril, D. U. (2013). Especies de dinoflagelados atecados (Dinophyta) de la costa de Chiapas, sur del Pacífico mexicano. *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(2), 245-259.
- Magalhães, A. A. de J., da Luz, L. D., & de Aguiar Júnior, T. R. (2019). Environmental factors driving the dominance of harmful bloom-forming cyanobacteria *Microcystis* and *Aphanocapsa* in a tropical water supply reservoir. *Water Environment Research*, 91(11), 1466–1478. <https://doi.org/10.1002/wer.1141>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Makino, W., & Ban, S. (1998). Diel changes in vertical overlap between *Cyclops strenuus* (Copepoda; Cyclopoida) and its prey in oligotrophic Lake Toya, Hokkaido, Japan. *Journal of marine systems*, 15(1-4), 139-148.
- Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environment International*, 33(1), 122–138.
- Martens, K., Horne, D. J., & Griffiths, H. I. (2008). *Ostracods in British Fresh and Brackish Waters*. FSC Publications.
- Mayén-Estrada, R., Reyes-Santos, M., & Aguilar-Aguilar, R. (2014). Biodiversidad de Ciliophora en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, S34-S43.
- McAlice, Bernard J., (1971), *Phytoplankton Sampling With The Sedgwick-Rafter Cell*, *Limnology and Oceanography*, 16
- Meisch, C. (2000). *Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Mogollón, J. V., & Mancera-Pineda, J. E. (2014). Variaciones espacio-temporales del zooplancton en la Ciénaga de Mallorquín (Caribe colombiano). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(1), 131–142.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Nascimento, I. A., Oliveira, P. R., & Silva, C. M. (2016). Bioaccumulation and Biotransformation of Contaminants in Marine Bivalves: Implications for Environmental Monitoring and Human Health. *Environmental Science & Technology*, 50(1), 123-135.
- Nava, M., Severeyn, H., & Machado, N. (2011). Distribución y taxonomía de *Pyrgophorus platyrachis* (Caenogastropoda: Hydrobiidae), en el Sistema de Maracaibo, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 59(3), 1165-1172.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 145 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

- Ng, T. H., Liew, J. H., Song, J. Z., & Yeo, D. C. (2016). First record of the cryptic invader *Pyrgophorus platyrachis* Thompson, 1968 (Gastropoda: Truncatelloidea: Cochliopidae) outside the Americas. *BioInvasions Record*, 5(2)
- Núñez, Mónica, & Hurtado, Jasmin. (2005). Bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Daphniidae) desarrollada en medio de cultivo modificado. *Revista Peruana de Biología*, 12(1), 165-170. Recuperado el 02 de marzo de 2025, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332005000100018&lng=es&tlng=es.
- Ooms-Wilms, A., et al. (1993). In situ grazing rates... *Limnology studies*. (paráfrasis)
- Paerl, H. W., & Otten, T. G. (2013). Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. *Microbial ecology*, 65, 995-1010.
- Patel, S. (2012). reats, management and envisaged utilizations of aquatic weed *Eichhornia crassipes*: an overview. *Reviews Environment Science of Biotechnology*, 11, 249–259.
- Peet R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285-307.
- Pennak, R. W. (1978). *Freshwater Invertebrates of the United States* (2nd ed.). Wiley.
- Perbiche-Neves, G., Saito, V. S., Previattelli, D., Da Rocha, C. E., & Nogueira, M. G. (2016). Cyclopoid copepods as bioindicators of eutrophication in reservoirs: Do patterns hold for large spatial extents?. *Ecological indicators*, 70, 340-347.
- Peterson, P. M. & R. J. Soreng. (2007). Systematics of California grasses (Poaceae), en M. R. Stromberg, J. D. Corbin & C. M. D'Antonio (eds.), *California grasslands: ecology and management*, pp. 7-20. Berkeley: University of California Press.
- Pinilla, G. & Duarte, J. (2006). La importancia ecológica de las ciénagas del Canal del Dique y la determinación de su estado limnológico. *Cormagdalena – Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá. 97 p.
- Pinilla, G. (2000). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. *Compilación bibliográfica*. Centro de Investigaciones Científicas, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 67 pp. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Pourriot, R. (1977). Food and feeding habits of Rotifera. *Archiv für Hydrobiologie, Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 8, 243–260.
- Quirós-Rodríguez, J. A., Yepes-Escobar, J., & Santafé-Patiño, G. (2018). The invasive snail *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)(Gastropoda, Thiaridae) in the lower basin of the Sinú River, Córdoba, Colombian Caribbean. *Check List*, 14(6), 1089-1094.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 146 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

- Rahel, F. J., & Olden, J. D. (2008). Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology*, 22(3), 521–533.
- Ramírez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá: BP-Exploration, Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1-191.
- Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios*. Medellín. Universidad de Antioquia.
- Regoli, F., & Giuliani, M. E. (2014). Oxidative Pathways of Chemical Toxicity and Biomarker Responses in Marine Organisms. *Marine Environmental Research*, 99, 3-10.
- Reyes Motavita, M. C., Díaz Barrios, M. C. y Hernández Castillo, B. E. (2023). Microalgas y cianobacterias. Fichas de morfoespecies. Biodiversidad acuática del Sitio Demostrativo de Ecohidrología PHI- UNESCO, DRMI-Sitio Ramsar Complejo Cenagoso Zapatosa, 2. Fundación Natura, Ideam.
- Reynolds, C. S., et al. (2020). Photosynthesis, carbon acquisition and primary productivity of phytoplankton: a review dedicated to Colin Reynolds. *Hydrobiologia*, 848, 77–94.
- Ribera, I. & Foster, G. (1997). El uso de los artrópodos como indicadores biológicos. *Bol. S.E.A N° 20*: 265-276.
- Rodríguez-Gallego, L. R., Mazzeo, N., Gorga, J., Meerhoff, M., Clemente, J., Kruk, C., Scasso, F., Lacerot, G., García, J., & Quintans, F. (2004). effects of an artificial wetland dominated by free-floating plants on the restoration of a subtropical, hypertrophic lake. *Lakes & Reservoirs*, 9, 203–215.
- Rodríguez-Lara, J. W. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión. *Agron. Mesoam*.
- Roldan, G & J. Ramírez. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª edición. Colección ciencia y tecnología Universidad de Antioquia. Editorial Universidad de Antioquia. p. 440.
- Roldán, G. (2003). *La bioindicación de la Calidad del agua en Colombia*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 170p.
- Round, F. E., Crawford, R. M., & Mann, D. G. (1990). *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press.
- Sala, Jordi; García-de-Lomas, Juan y Alonso, Miguel. (2015). Clase Branchiopoda, Orden Anomopoda. *Revista IDE@-SEA*, nº 66 (30-06-2015): 1-11. ISSN 2386-7183 Recuperado el 02 de marzo de 2025 http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_66.pdf
- Santos, R. R. dos, Chaloub, R. M., & de Medeiros, J. L. (2019). Enlightening the dark side of *Arthrospira maxima* cultivation: evaluation of carbon supply modes and

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 147 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

- performance at optimal growth conditions. *Journal of Applied Phycology*, 31, 9-19.
<https://doi.org/10.1007/s10811-018-1578-z>
- Sarno, D., Kooistra, W. H., Medlin, L. K., Percopo, I., & Zingone, A. (2005). Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). II. An assessment of the taxonomy of *S. costatum*-like species with the description of four new species 1. *Journal of phycology*, 41(1), 151-176.
- Saros, J. E., & Anderson, N. J. (2015). The ecology of the planktonic diatom *Cyclotella* and its implications for global environmental change studies. *Biological Reviews*, 90(2), 522–541. <https://doi.org/10.1111/brv.12120>
- Schön, I., Martínez Arbizu, P., & Karanovic, I. (2012). The taxonomic and ecological importance of Ostracoda in freshwater environments. *International Journal of Limnology*, 48(4), 273–287.
- Segers, H. (2007). Rotifera. Volume 6: The Lecanidae. In *Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world*. Backhuys Publishers.
- Segers, H., & De Smet, W. H. (2008). Diversity and endemism in Rotifera: a review, and a new classification of rotifer genera. *Zootaxa*, 1564(1), 1–104.
- Sládeček, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100(1), 169–201.
- Snell, T. W., & Janssen, C. R. (1995). Rotifers in ecotoxicology: a review. *Hydrobiologia*, 313/314, 231–247.
- Spaulding et al. 2021. Diatoms.org: supporting taxonomists, connecting communities. *Diatom Research* 36(4): 291-304. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2021.2006790>
- Stepanek, JG, y Kociolek, JP (2012). Varias especies nuevas de *Amphora* y *Halamphora* del oeste de EE. UU. *Diatom Research* , 28 (1), 61–76
- Stevenson, R. J., Pan, Y., & Van Dam, H. (2010). Assessment of environmental conditions in rivers and streams with diatoms. En J. P. Smol & E. F. Stoermer (Eds.), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences* (pp. 57–85). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511763175.005>
- Taylor, F. J. R., Hoppenrath, M., & Saldarriaga, J. F. (2008). Dinoflagellate diversity and distribution. *Biodiversity and conservation*, 17, 407-418.
- Ten Hagen, K., Hiroshi, N., Tiemeyer, M., & Esko, J. (2022). Arthropoda. In: Varki A, Cummings RD. *Essentials of Glycobiology* [Internet] 4th edition. Cold Spring Harbor (NY): COLD Spring Harbor Laboratory Press, Chapter 26.
- Triplehorn, A., & Johnson, F. (2005). Borror and DeLong's *Introduction to the Study of Insects*. 7th edition, Thomson brooks/cole. United States of America, 263-267.
- Universidad de los Andes. (2016). *Zooplankton de sistemas acuáticos artificiales y naturales de Colombia* [Dataset]. DataCite Commons

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 148 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

- Vidal Velásquez, L. A. (2010). Manual del fitoplancton hallado en la Ciénaga Grande de Santa Marta y cuerpos de agua aledaños. Editorial Tadeo Lozano.
- Viejo-Montesinos, J. L. (2011). Biodiversidad aproximación a la diversidad botánica y zoológica de España.
- Vigo, W. M. R (2019). Importancia de las Cyanophytas.
- Villareal, T. A., & Reid, F. M. H. (2001). Formation of diatom mats in eutrophic tropical upwelling regions. *Marine Ecology Progress Series*, 218, 1–12
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(3): 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.
- Wallace, R. L., & Snell, T. W. (2010). Rotifera. In J. H. Thorp & A. P. Covich (Eds.), *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates* (3rd ed., pp. 173–235). Academic Press.
- Wallace, R. L., Snell, T. W., Ricci, C., & Nogrady, T. (2006). Rotifera: Volume 1. Biology, Ecology and Systematics. In H. Dumont (Ed.), *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World* (Vol. 23). Backhuys Publishers.
- Watson, L. & M. J. Dallwitz. (1992). *The grass genera of the world*. CAB International, Wallingford. Oxfordshire, UK. 1028 pp.
- Wehr, J. D., & Sheath, R. G. (2015). *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. California: (2nd ed.). Academic Press.
- Wenjie, L., Binxia, L., Cuijuan, N. (2019). Effects of temperatura on life history strategy of the rotifer *Euchlanis dilatata*. *Zoological Sciences*, 36, 52-57.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 149 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

9. EQUIPO DE TRABAJO

Para el logro de este servicio y la entrega del presente informe, el Laboratorio Microbiológico Ortiz Martínez SAS, contó con personal idóneo y altamente capacitado:

Gerente General

Dra. Lucy Martínez de Ortiz

Dirección Técnica y Científica

Dr. Carolina Ortiz Martínez

Jefe de Área fisicoquímica

Efraín Cárcamo

jefe de Área Hidrobiología

Waldir Ruiz Pérez

Analista(s)

Melissa Oliveros

Diana Díaz

Orneis Ospino

**LABORATORIO MICROBIOLOGICO ORTIZ –
MARTINEZ S.A.S.**

Oficina principal y laboratorios:

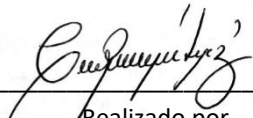
Cra. 42 No. 76-157

Barranquilla – Colombia

Tel/fax: 605 3688930

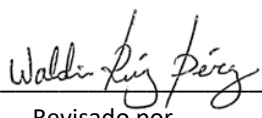
605 3686744

www.labormar.com


Realizado por

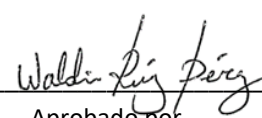
Nombre: Carina Rodríguez L

Cargo: Biólogo de informes


Revisado por

Nombre: Waldir Ruiz

Cargo: jefe de Área Hidrobiología


Aprobado por

Nombre: Waldir Ruiz

Cargo: jefe de Área Hidrobiología

FIN DEL REPORTE

Nota. Este informe contiene 150 páginas sin incluir anexos.

	INFORME DE RESULTADOS Y ANÁLISIS EN MUESTRAS HIDROBIOLÓGICAS	FIMIC02-03A
		Versión: 04
		2024-01-15
		Página 150 de 150
Informe N° HB 0408	Caracterización Hidrobiológica	Febrero - marzo 2025

10. ANEXOS

ANEXO 1. PLANILLAS DE CAMPO.

ANEXO 2. REPORTES DE ENSAYOS DEL LABORATORIO HIDROBIOLÓGICO.

ANEXO 2.1. COMPLEMENTO FOTOGRAFICO DE REPORTES DE ENSAYOS DEL LABORATORIO HIDROBIOLÓGICO

ANEXO 3. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN ANTE EL IDEAM.

ANEXO 3. 1. EXTIENDE LA VIGENCIA - RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN - ANTE EL IDEAM