



**TGI**  
Grupo Energía Bogotá

## AMBIENTAL

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA, MEDIO BIÓTICO

#### 3.3.2. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

## TABLA DE CONTENIDO

3.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	1
3.3	Medio biótico .....	1
3.3.2	ECOSISTEMAS ACUÁTICOS .....	1
3.3.2.1	Área de estudio .....	2
3.3.2.1.1	Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo .....	4
3.3.2.2	Análisis de resultados .....	9
3.3.2.2.1	Fitoplancton .....	9
3.3.2.2.1.1	Época seca .....	9
	• Composición y estructura .....	9
	• Análisis de diversidad .....	15
	◇ Diversidad alfa .....	15
	◇ Diversidad beta .....	15
	• Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) .....	16
3.3.2.2.1.2	Época lluvias .....	17
	• Composición y estructura .....	17
	• Análisis de diversidad .....	20
3.3.2.2.2	Zooplancton .....	21
3.3.2.2.2.1	Época seca .....	21
	• Composición y estructura .....	21
	• Análisis de diversidad .....	25
	◇ Diversidad alfa .....	25
	◇ Diversidad beta .....	26
	• Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) .....	26
3.3.2.2.2.2	Época lluvias .....	27
	• Composición y estructura .....	27
	• Análisis de diversidad .....	31
	◇ Diversidad alfa .....	31
	◇ Diversidad beta .....	31
	• Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) .....	32
3.3.2.2.3	Perifiton .....	33
3.3.2.2.3.1	Época seca .....	34
	• Composición y estructura .....	34
	• Análisis de diversidad .....	38
	◇ Diversidad alfa .....	38
	◇ Diversidad beta .....	39
	• Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) .....	40
3.3.2.2.3.2	Época lluvias .....	41
	• Composición y estructura .....	41
	• Índices de diversidad .....	45
	◇ Diversidad alfa .....	45
	◇ Diversidad beta .....	46
	• Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) .....	47
3.3.2.2.4	Macroinvertebrados bentónicos .....	48
3.3.2.2.4.1	Época seca .....	49
	• Composición y estructura .....	49
	• Índices de Diversidad .....	51
3.3.2.2.4.2	Época lluvias .....	51
	• Composición y estructura .....	51
	• Análisis de diversidad .....	55

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	I

◇	Diversidad alfa .....	55
◇	Diversidad beta .....	56
•	Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) .....	57
3.3.2.2.5	Macroinvertebrados asociados a macrófitas .....	59
3.3.2.2.5.1	Época seca .....	59
3.3.2.2.5.2	Época lluvias .....	59
3.3.2.2.6	Macrófitas .....	60
3.3.2.2.6.1	Época seca .....	60
3.3.2.2.6.2	Época lluvias .....	61
3.3.2.2.7	Ictiofauna .....	63
<b>3.3.2.2.7.1</b>	<b>Especies potenciales</b> .....	65
3.3.2.2.7.2	Época seca .....	71
3.3.2.2.7.3	Época lluvias .....	71
3.3.2.2.8	Análisis multitemporal .....	72
3.3.2.2.8.1	Fitoplancton .....	72
3.3.2.2.8.2	Zooplancton .....	74
3.3.2.2.8.3	Perifiton .....	75
3.3.2.2.8.4	Macroinvertebrados bentónicos .....	76
3.3.2.2.8.5	Macroinvertebrados asociados a macrófitas .....	77
3.3.2.2.8.6	Macrófitas .....	77
3.3.2.2.8.7	Ictiofauna .....	78
<b>3.3.2.2.9</b>	<b>Relación de resultados entre parámetros fisicoquímicos y la comunidad hidrobiológica</b> 78	
CONCLUSIONES	.....	81
BIBLIOGRAFÍA	.....	85

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1	Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo .....	5
Figura 3-2	Densidad general de la comunidad fitoplanctónica - Época seca .....	10
Figura 3-3	Densidad y riqueza de la comunidad fitoplanctónica por punto monitoreado - Época seca .....	11
Figura 3-4	Abundancia relativa de la comunidad fitoplanctónica - Época seca .....	12
Figura 3-5	Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para el fitoplancton - Época seca .....	16
Figura 3-6	Correspondencia canónica del fitoplancton - Época seca .....	17
Figura 3-7	Densidad y riqueza de la comunidad fitoplanctónica en los puntos monitoreados – Época lluvias .....	19
Figura 3-8	Densidad general de la comunidad zooplanctónica – Época seca .....	22
Figura 3-9	Densidad y riqueza de la comunidad zooplanctónica en los puntos monitoreados – Época seca .....	23
Figura 3-10	Abundancia relativa de la comunidad zooplanctónica – Época seca .....	24
Figura 3-11	Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para el zooplancton – Época seca .....	26
Figura 3-12	Correspondencia canónica del zooplancton – Época seca .....	27
Figura 3-13	Densidad general de la comunidad zooplanctónica – Época lluvia .....	28

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	II

Figura 3-14 Densidad y riqueza de la comunidad zooplanctónica en los puntos monitoreados – Época Lluvia .....	29
Figura 3-15 Abundancia relativa de la comunidad zooplanctónica – Época Lluvia .....	29
Figura 3-16 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para el zooplancton – Época Lluvia.....	32
Figura 3-17 Correspondencia canónica del zooplancton – Época Lluvia .....	33
Figura 3-18 Densidad general de la comunidad de perifiton – Época seca .....	35
Figura 3-19 Densidad y riqueza de la comunidad de perifiton en los puntos monitoreados – Época seca .....	36
Figura 3-20 Abundancia relativa de la comunidad de perifiton – Época seca .....	37
Figura 3-21 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para perifiton – Época seca.....	40
Figura 3-22 Correspondencia canónica de perifiton – Época seca .....	41
Figura 3-23 Densidad general de la comunidad de perifiton – Época Lluvias .....	42
Figura 3-24 Densidad y riqueza de la comunidad de perifiton en los puntos monitoreados – Época Lluvias.....	43
Figura 3-25 Abundancia relativa de la comunidad de perifiton – Época Lluvias .....	44
Figura 3-26 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para perifiton – Época Lluvias .....	47
Figura 3-27 Correspondencia canónica de perifiton – Época Lluvias.....	48
Figura 3-28 Densidad general de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos – Época Lluvias .....	52
Figura 3-29 Densidad y riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en los puntos monitoreados – Época Lluvias .....	53
Figura 3-30 Abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos – Época Lluvias.....	53
Figura 3-31 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para macroinvertebrados bentónicos – Época Lluvias.....	57
Figura 3-32 Correspondencia canónica de macroinvertebrados bentónicos – Época Lluvias .....	57
Figura 3-33 Análisis multitemporal fitoplancton .....	73
Figura 3-34 Análisis multitemporal zooplancton .....	75
Figura 3-35 Análisis multitemporal perifiton .....	76
Figura 3-36 Análisis multitemporal macroinvertebrados bentónicos .....	77

#### LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1 Información del monitoreo y caracterización de las comunidades hidrobiológicas .....	2
Tabla 3-2 Puntos de monitoreo hidrobiológicos época seca y lluvias .....	6
Tabla 3-3 Descripción de los puntos de monitoreo hidrobiológicos.....	6
Tabla 3-4 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del fitoplancton – Época seca.....	10

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	III

Tabla 3-5 Índices de diversidad calculados para el fitoplancton - Época seca .....	15
Tabla 3-6 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del fitoplancton – Época llluvias .....	18
Tabla 3-7 Índices de diversidad calculados para el fitoplancton.....	20
Tabla 3-8 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del zooplancton – Época seca.....	21
Tabla 3-9 Índices de diversidad calculados para el zooplancton – Época seca.....	25
Tabla 3-10 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del zooplancton – Época llluvia .....	28
Tabla 3-11 Índices de diversidad calculados para el zooplancton – Época llluvia .....	31
Tabla 3-12 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del perifiton – Época seca .....	34
Tabla 3-13 Índices de diversidad calculados para perifiton – Época seca .....	39
Tabla 3-14 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del perifiton – Época llluvias .....	42
Tabla 3-15 Índices de diversidad calculados para perifiton – Época llluvias.....	46
Tabla 3-16 Taxonomía y densidad de los taxones reportados de macroinvertebrados bentónicos – Época seca .....	49
Tabla 3-17 Taxonomía y densidad de los taxones reportados de macroinvertebrados bentónicos – Época llluvias .....	52
Tabla 3-18 Índices de diversidad calculados para macroinvertebrados bentónicos – Época llluvias	56
Tabla 3-19 Porcentajes de cobertura de las macrófitas registradas.....	62
Tabla 3-20 lctiofauna potencial .....	67
Tabla 3-21 Relación entre los parámetros fisicoquímicos y la comunidad hidrobiológica.....	79

### LISTADO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 3-1 Cosmarium morfoespecie 1.....	14
Fotografía 3-2 Cymbella morfoespecie 1 .....	14
Fotografía 3-3 Gomphonema morfoespecie 1 .....	14
Fotografía 3-4 Nitzschia morfoespecie 1 .....	14
Fotografía 3-5 Pinnularia morfoespecie 1 .....	14
Fotografía 3-6 Rhopalodia morfoespecie 1.....	14
Fotografía 3-7 <i>Eunotia</i> morfoespecie 1 .....	19
Fotografía 3-8 <i>Pinnularia</i> morfoespecie 1 .....	19
Fotografía 3-9 Arcella discoides.....	24
Fotografía 3-10 Arcella gibbosa .....	24
Fotografía 3-11 Bdelloidea morfoespecie 1 .....	25
Fotografía 3-12 Centropyxis morfoespecie 1 .....	25
Fotografía 3-13 Nematoda morfoespecie 1 .....	25
Fotografía 3-14 Trinema morfoespecie 1.....	25
Fotografía 3-15 <i>Euglypha</i> morfoespecie 1 .....	30

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	IV

Fotografía 3-16 <i>Trinema</i> morfoespecie 1 .....	30
Fotografía 3-17 <i>Cymbella</i> morfoespecie 1 .....	38
Fotografía 3-18 <i>Eunotia</i> morfoespecie 1 .....	38
Fotografía 3-19 <i>Gomphonema</i> morfoespecie 1 .....	38
Fotografía 3-20 <i>Navicula</i> morfoespecie 1 .....	38
Fotografía 3-21 <i>Pinnularia</i> morfoespecie 1 .....	38
Fotografía 3-22 <i>Ulnaria</i> morfoespecie 1 .....	38
Fotografía 3-23 <i>Closterium</i> morfoespecie 1 .....	45
Fotografía 3-24 <i>Eunotia</i> morfoespecie 1 .....	45
Fotografía 3-25 <i>Pinnularia</i> morfoespecie 1 .....	45
Fotografía 3-26 Subfamilia Chironominae .....	50
Fotografía 3-27 Subfamilia Tanypodinae .....	50
Fotografía 3-28 Subfamilia Orthoclaadiinae .....	50
Fotografía 3-29 Subfamilia Tanypodinae .....	55
Fotografía 3-30 <i>Probezzia</i> morfoespecie 1 .....	55
Fotografía 3-31 <i>Simulium</i> morfoespecie 1 .....	55
Fotografía 3-32 <i>Neelmis</i> morfoespecie 1 .....	55
Fotografía 3-33 <i>Digitaria</i> morfoespecie 1 .....	63
Fotografía 3-34 Poaceae morfoespecie 1 .....	63
Fotografía 3-35 <i>Panicum</i> morfoespecie 1 .....	63
Fotografía 3-36 Esfuerzo de pesca - Red de arrastre - Época seca .....	71
Fotografía 3-37 Esfuerzo de pesca - Atarraya -Época seca .....	71
Fotografía 3-38 Esfuerzo de pesca – Nasa -Época lluvias .....	72

## LISTADO DE ANEXOS

### Anexo J. MONITOREOS

#### 1. Agua Superficial

- Temporada de lluvia
- Temporada Seca

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	V

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

#### 3.3 Medio biótico

##### 3.3.2 Ecosistemas acuáticos

El ecosistema es una unidad ecológica de carácter convencional y disipativo en el que un grupo de organismos interactúan entre sí y el ambiente; los ecosistemas acuáticos presentan un grado de complejidad estructural debido a la cantidad y variedad de organismos que habitan allí; este tipo de ecosistemas se caracterizan en Colombia por ser poco profundos por lo que su tasa de procesamiento y retención de contaminantes es muy baja, no obstante, por la poca mineralización y baja capacidad de amortiguamiento los hace sensibles a la contaminación (Roldán & Ramírez, 2008).

Ahora bien, la distribución de la vida en los ecosistemas acuáticos no es uniforme y existen varias formas o estilos de vida, que depende del hábitat y función (nicho) que en él desempeña (Roldán & Ramírez, 2008), la composición específica o de la estructura de las comunidades acuáticas permite visualizar las condiciones y los cambios ecológicos al interior del medio acuático debido a que actúan como indicadores biológicos constituyéndose como una herramienta fundamental para realizar una evaluación integral de los ecosistemas.

La presencia de diferentes comunidades de organismos en los ecosistemas acuáticos representa una serie de roles importantes, entre los que se encuentra la producción primaria (fitoplancton, algas filamentosas, macrófitas), los consumidores primarios, secundarios y terciarios (zooplancton, peces y zoobentos), y los descomponedores (bacterias, hongos y algunos organismos del zoobentos).

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente capítulo se describen los resultados de monitoreo y caracterización hidrobiológica de las fuentes de agua superficial como parte del Estudio de Impacto Ambiental: modificación de licencia para la construcción de la estación de compresión de Gas Palestina (ECG) en época seca y de lluvia, el cual estuvo a cargo del laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S, debidamente acreditado ante el IDEAM.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	1

La caracterización de las comunidades hidrobiológicas se realizó de forma simultánea con el muestreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, considerando las variaciones en sus atributos comunitarios y sus características como bioindicadores. (Ver Anexos\J. MONITOREOS\1. Agua Superficial\Temporada de Lluvia y Anexos\J. MONITOREOS\1. Agua Superficial\Temporada Seca).

La Tabla 3-1 describe los aspectos generales del muestreo que se llevó a cabo para la caracterización de estas comunidades.

**Tabla 3-1 Información del monitoreo y caracterización de las comunidades hidrobiológicas**

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO	
Razón Social	MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S.
NIT	830.073.450-5
Dirección	Carrera 17 N° 166-72
Ciudad	Bogotá D.C.
Teléfono	6797855
INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A PROYECTO	
Plan de Monitoreo número (periodo de lluvias)	2054
Plan de Monitoreo número (periodo seco)	1081
Matriz que se monitorea	Agua superficial - Hidrobiológicos
Municipio - Departamento	Palestina - Caldas
Número de sitios a monitorear	6
Instructivos y procedimientos de campo	Instructivos I-PMO01-27 (muestreo de agua superficial), IPMO01-09 (medición de parámetros fisicoquímicos in situ), I-PMO01-01 (muestreo de macroinvertebrados bentónicos y asociados a macrófitas), I-PMO01-02 (muestreo de ictiofauna), I-PMO01-06 (muestreo de plancton (fitoplancton y zooplancton continental), IPMO01-03 (muestreo de macrófitas) y I-PMO01-04 (muestreo de perifiton).
Métodos empleados en laboratorio y en campo	Standard methods for the examination of water and wastewater Ed. 23 rd, 2017; SM 1060-A

Fuente MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

### 3.3.2.1 Área de estudio

La quebrada Palmichal, subcuena del Río Campoalegre, presente en el área de influencia, es una fuente hídrica que proporciona diversos servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano y ambiental (Valencia 2017). Esta quebrada provee agua dulce, que se disponen para usos domésticos, agrícolas e industriales. Además, ayuda a la regulación del clima al actuar como fuente y sumidero de gases de efecto invernadero, influyendo en la temperatura, la precipitación y otros procesos climáticos. También purifica el agua,

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	2

eliminando contaminantes, y controla la erosión al retener suelos y sedimentos, ayudando a prevenir inundaciones. En el ámbito cultural, ofrece oportunidades recreativas, valores estéticos y espacios para la educación formal y no formal (Valencia 2017). Asimismo, apoya procesos ecológicos esenciales como la formación de suelos, la acumulación de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes (Cabra-Santos, 2019).

La cuenca alta del río Campoalegre está ubicada en la región oriental del municipio de Santa Rosa de Cabal, en el departamento de Risaralda, a altitudes que varían entre los 2.000 y 4.000 metros sobre el nivel del mar. Su principal curso de agua, el río Campoalegre, tiene su origen en la zona de influencia del Nevado Santa Isabel, a una altitud de 4.700 msnm. Este río recorre 72 kilómetros en dirección suroriente-noroccidente, hasta desembocar en el río Cauca, en el límite entre los municipios de Chinchiná y Palestina, a 870 msnm (Ríos, 1999).

Además de su relevancia biológica, esta región se caracteriza por su abundante riqueza hídrica. Cuenta con numerosos nacimientos de agua que garantizan una oferta suficiente para abastecer de agua potable a más de 700.000 habitantes (Aristizábal & Dossman, 2001).

Esta riqueza hídrica es fundamental para el abastecimiento de agua de poblaciones urbanas y rurales, incluyendo Santa Rosa de Cabal (Risaralda), parte de Dosquebradas (Risaralda), Chinchiná (Caldas) y Palestina (Caldas) (Fernández, 2006).

El régimen climático de la cuenca alta del río Campoalegre sigue un patrón bimodal, con dos períodos de lluvias principales. La cobertura vegetal predominante, como bosques de niebla y páramos, junto con la alta nubosidad y bajas temperaturas, garantiza un balance hídrico positivo y una oferta estable de agua. En el sector de Potreros, estudios muestran un excedente constante de agua, destacando su importancia como zona de reserva y regulación hídrica (Fernández, 2006).

En la región se identifican tres conflictos principales relacionados con el uso sostenible del recurso hídrico. Por un lado, la ganadería en la cuenca alta del río, el vertimiento de aguas

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	3

negras directamente en los ríos y quebradas sin ningún tipo de tratamiento, por último, las estaciones turísticas de aguas termales contribuyen a la contaminación puntual de las fuentes hídricas de la región (Fernández, 2006).

En el municipio de Palestina, el recurso hídrico enfrenta varios problemas significativos. Durante la cosecha cafetera, la carga contaminante en los cuerpos de agua se incrementa, afectando la calidad de las fuentes hídricas. Además, el municipio carece de un suministro suficiente de agua para satisfacer sus necesidades, lo que lo obliga a depender de la producción hídrica de otras regiones.

Palestina no cuenta con áreas protegidas ni procesos establecidos para la conservación de zonas de interés ecológico, lo que agrava la vulnerabilidad de sus recursos naturales .

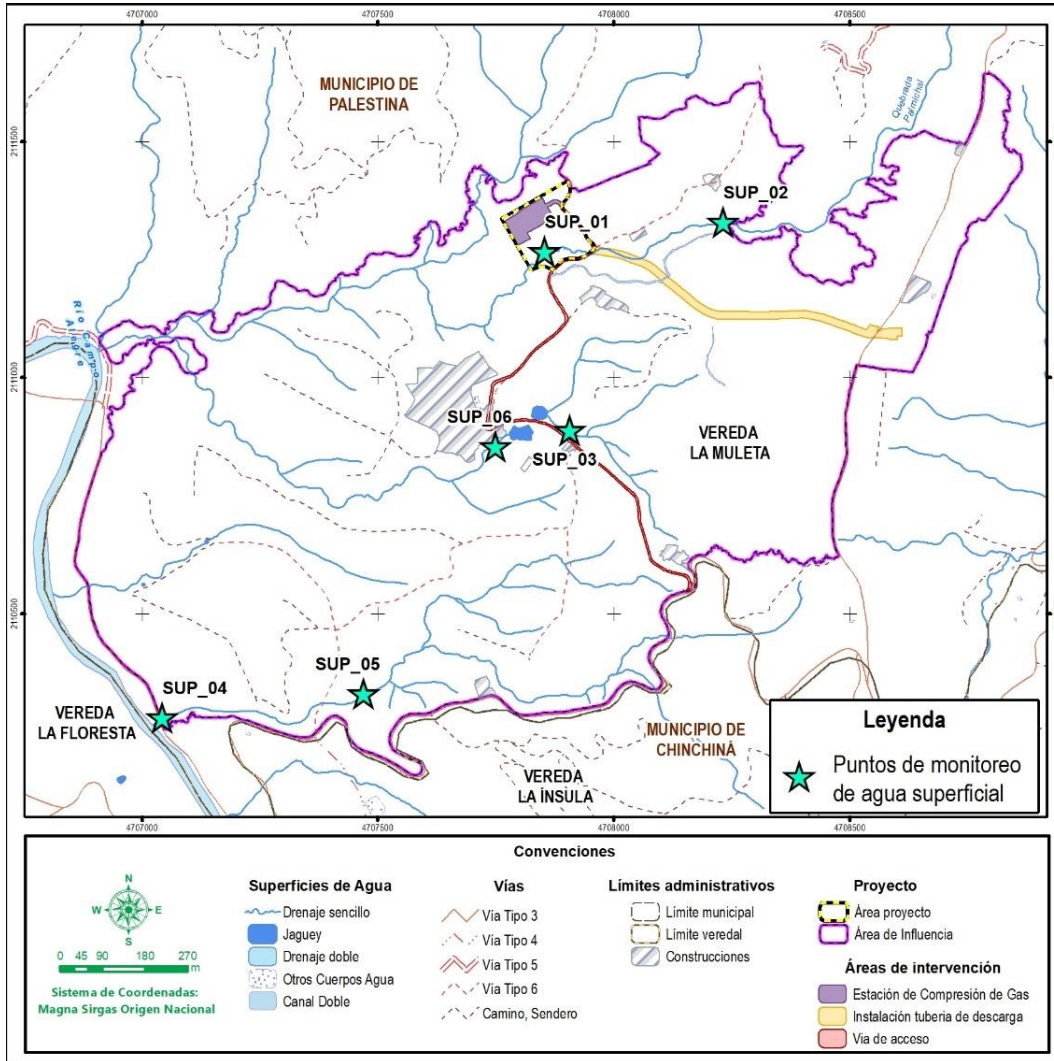
### 3.3.2.1.1 Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo

El trabajo de campo en temporada seca se efectuó el día 16 de junio de 2024 y en temporada de lluvias entre los días del 8 al 10 de octubre de 2024 en los cuerpos de agua superficial de interés, ubicados en el área de influencia de la Estación de Compresión de Gas Palestina (ECG); localizada en jurisdicción del municipio de Palestina en departamento de Caldas. En la Tabla 3-2 se describe la información y en la Figura 3-1 se presenta la ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Así mismo, en la Tabla 3-3 se registran las principales características morfológicas, hidrológicas y biológicas, así como las particularidades observables en los puntos de monitoreo de agua superficial, durante el trabajo de campo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	4

**Figura 3-1 Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	5

**Tabla 3-2 Puntos de monitoreo hidrobiológicos época seca y lluvias**





No. REPORTE	CÓDIGO MCS	IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTURA (m.s.n.m.)
			Este	Norte	Latitud (N)	Longitud (O)	
	25931/45855	SUP_01	4707853,01	2111268,23	5°0' 6,172"	75°38' 7,991"	1324
	25932/45856	SUP_02	4708231,19	2111330,66	5°0' 8,253"	75°37' 55,725"	1353
	25930/45703	SUP_03	4707906,21	2110890,24	4°59' 53,876"	75°38' 6,215"	1333
	25929/45856	SUP_04	4707043,33	2110281,67	4°59' 33,957"	75°38' 34,139"	1238
	25927/45700	SUP_05	4707470,53	2110333,45	4°59' 35,698"	75°38' 20,282"	1290
	25928/45701	SUP_06	4707749,00	2110856,00	4°59' 52,741"	75°38' 11,312"	1327

\*\*Sistema de Referencia: Datum Magna Sirgas – Origen Único Nacional  
 Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

**Tabla 3-3 Descripción de los puntos de monitoreo hidrobiológicos**

NOMBRE	SUP_01		Coordenadas Magna Sirgas; Origen Nacional	
	ESTADO DEL CLIMA:		4707853 E	2111268 N
	ÉPOCA SECA		ÉPOCA LLUVIAS	
Descripción	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con un lecho estable y compuesto por vegetación alóctona. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por arbustos, árboles y hierbas, con un grado de perturbación moderado. El punto se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo en temporada climática seca.			
Registro Fotográfico				

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	6

<b>NOMBRE</b>	<b>SUP_02</b>		<b>Coordenadas Magna Sirgas; Origen Nacional</b>	
			<b>4708231 E</b>	<b>2111331 N</b>
	<b>ESTADO DEL CLIMA:</b>		<b>Soleado</b>	
	<b>ÉPOCA SECA</b>		<b>ÉPOCA LLUVIAS</b>	
Descripción	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con un lecho estable y compuesto por vegetación alóctona. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por arbustos, árboles y hierbas, con un grado de perturbación es muy bajo. El punto se encontraba seco al momento de realizar el monitoreo en época seca.			
Registro Fotográfico				
<b>NOMBRE</b>	<b>SUP_03</b>		<b>Coordenadas Magna Sirgas; Origen Nacional</b>	
			<b>4707906 E</b>	<b>2110890 N</b>
	<b>ESTADO DEL CLIMA:</b>		<b>Nublado</b>	
	<b>ÉPOCA SECA</b>		<b>ÉPOCA LLUVIAS</b>	
Descripción	Cuerpo de agua lóxico tipo caño, con nivel de agua flujo base y tipo de corriente interrumpida. Con un lecho estable y compuesto por arena y arcilla. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por árboles, arbustos y hierbas, con un grado de perturbación bajo. En época seca, el agua presentó una tonalidad clara y sin olor, lecho rocoso, vegetación arbórea y arbustiva.			
Registro Fotográfico				
<b>NOMBRE</b>	<b>SUP_04</b>		<b>Coordenadas Magna Sirgas; Origen Nacional</b>	
			<b>4707043 E</b>	<b>2110282 N</b>
	<b>ESTADO DEL CLIMA:</b>		<b>Nublado</b>	
	<b>ÉPOCA SECA</b>		<b>ÉPOCA LLUVIAS</b>	
Descripción	Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con nivel de agua bajo y con corriente. Lecho con deposición moderada y compuesto por grandes rocas. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por árboles, arbustos y hierbas, con un grado de perturbación bajo. En época de lluvias el agua se encontró contaminada por presencia de grasas, el tono del agua es marrón y el sustrato estuvo formado por rocas y rodeado de abundante vegetación. En época seca el agua se encontró levemente turbia y sin olor.			

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	7

Registro Fotográfico		
	<p><b>NOMBRE</b> SUP_05</p> <p><b>ESTADO DEL CLIMA:</b> ÉPOCA SECA</p> <p><b>ÉPOCA LLUVIAS</b></p>	
<p><b>Coordenadas Magna Sirgas; Origen Nacional</b> 4707471 E 2110333 N</p>		<p><b>Soleado</b></p>
Descripción	<p>Cuerpo de agua lóxico tipo quebrada, con nivel de agua flujo base y con corriente. Lecho con erosión moderada y compuesto por cantos rodados. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por árboles y arbustos, con un grado de perturbación alto. En época seca el agua presentó una tonalidad clara sin olor, vegetación arbórea y arbustiva, sin presencia de macrófitas acuáticas.</p>	
Registro Fotográfico		
	<p><b>NOMBRE</b> SUP_06</p> <p><b>ESTADO DEL CLIMA:</b> ÉPOCA SECA</p> <p><b>ÉPOCA LLUVIAS</b></p>	
<p><b>Coordenadas Magna Sirgas; Origen Nacional</b> 4707749 E 2110856 N</p>		<p><b>Soleado</b></p>
Descripción	<p>Cuerpo de agua lóxico tipo caño, con nivel de agua flujo base y con corriente interrumpida. Lecho estable y compuesto por arena. El uso local del suelo es para actividades de agricultura. La vegetación está compuesta por árboles, arbustos y hierbas, con un grado de perturbación bajo. En época seca el agua se encontró turbia, sin olor, se observan zonas inundables producto de las lluvias.</p>	
Registro Fotográfico		

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	8

### 3.3.2.2 Análisis de resultados

#### 3.3.2.2.1 Fitoplancton

El fitoplancton es un ensamblaje de organismos fotoautótrofos, adaptados a la suspensión en las aguas abiertas (zona limnética) de los ecosistemas lénticos, en la zona pelágica del mar, o en los ecosistemas acuáticos continentales, sometido a movimiento pasivo por el viento y las corrientes, que comúnmente se presentan en la superficie del agua (en la zona fótica), o completan una porción significativa de sus ciclos vitales en dicha zona (Roldán & Ramírez, 2008).

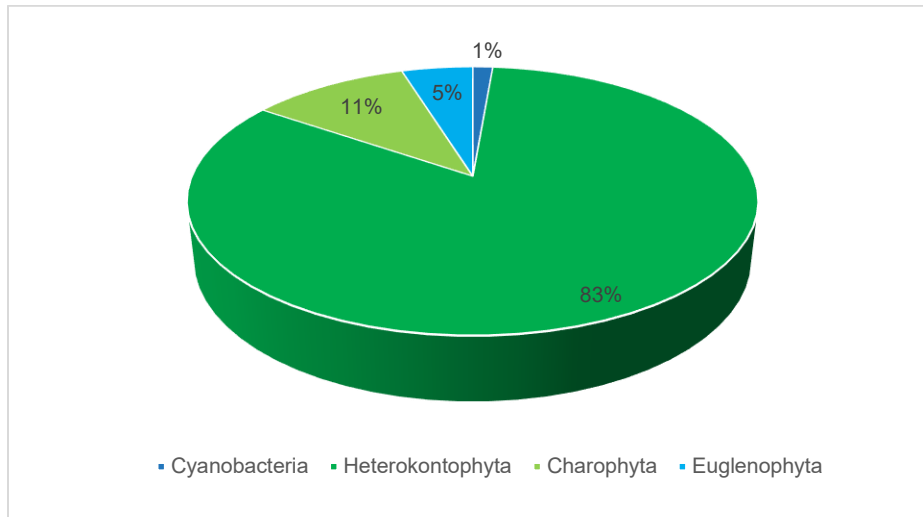
##### 3.3.2.2.1.1 Época seca

- **Composición y estructura**

Esta comunidad estuvo compuesta por 20 taxones, 15 familias y cuatro (4) clases pertenecientes a cuatro (4) phylum, siendo Heterokontophyta con mayor riqueza con 15 taxones, Charophyta y Euglenophyta con dos, seguido de Cyanobacteria con un solo taxón. Por otro lado, Heterokontophyta fue la más abundante con una densidad de 0,865 Ind/mL (83,17%), Charophyta con 0,111 Ind/mL (10,67%), Euglenophyta con 0,05 Ind/mL (4,81%) y Cyanobacteria con 0,014 Ind/mL (1,35%) (Figura 3-2). En la Tabla 3-4 se presenta la taxonomía y densidad total de los taxones reportados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	9

**Figura 3-2 Densidad general de la comunidad fitoplanctónica - Época seca**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

**Tabla 3-4 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del fitoplancton – Época seca**

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Ind/mL	
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia morfoespecie 1</i>	0,092	
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella morfoespecie 1</i>	0,082	
			Gomphonemataceae	<i>Encyonema morfoespecie 1</i>	0,012	
				<i>Gomphonema morfoespecie 1</i>	0,04	
				<i>Gomphonema morfoespecie 2</i>	0,005	
			Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia morfoespecie 1</i>	0,09
				<i>Eunotia morfoespecie 2</i>	0,004	
		Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria morfoespecie 1</i>	0,12	
				<i>Ulnaria morfoespecie 2</i>	0,012	
		Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes morfoespecie 1</i>	0,061	
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula morfoespecie 1</i>	0,108	
				Pinnulariaceae	<i>Pinnularia morfoespecie 1</i>	0,158
					<i>Pinnularia morfoespecie 2</i>	0,004
Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia morfoespecie 1</i>	0,039			
Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella morfoespecie 1</i>	0,038			
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium morfoespecie 1</i>	0,05	
			Gonatozygaceae	<i>Gonatozygon morfoespecie 1</i>	0,061	
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas morfoespecie 1</i>	0,007	
			Phacaceae	<i>Phacus morfoespecie 1</i>	0,043	
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium morfoespecie 1</i>	0,014	

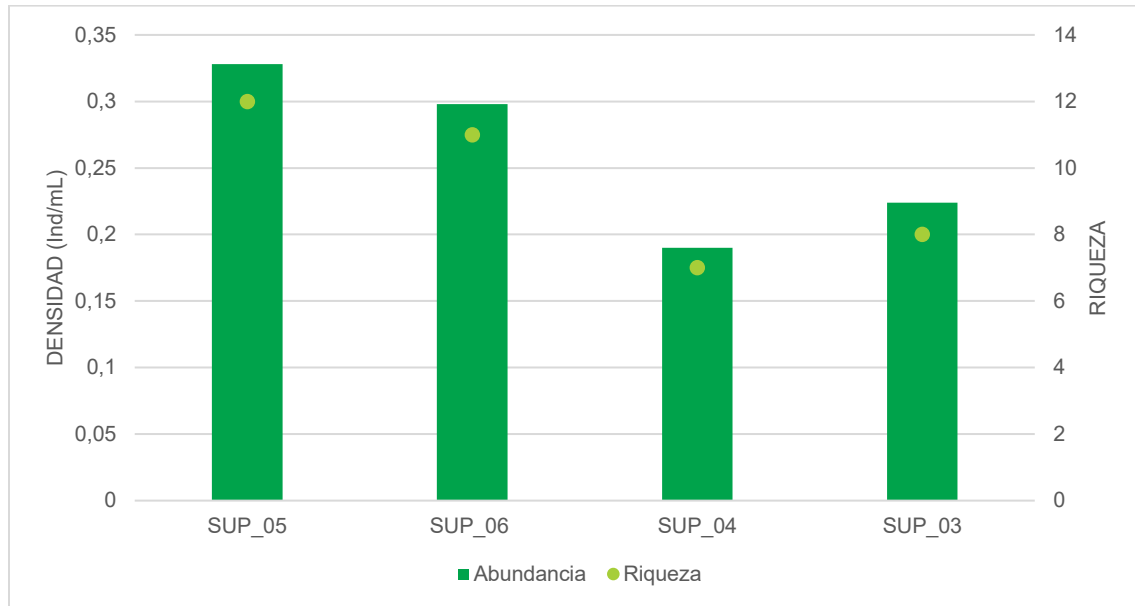
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Por otro lado, la Figura 3-3 muestra la distribución de las densidades y riquezas entre todos los puntos evaluados, señalando los mayores valores en los puntos SUP\_05 y SUP\_06.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	10

Igualmente, la menor densidad y riqueza se halló en el sitio SUP\_04 con 0,19 Ind/mL pertenecientes a siete taxones.

**Figura 3-3 Densidad y riqueza de la comunidad fitoplanctónica por punto monitoreado - Época seca**



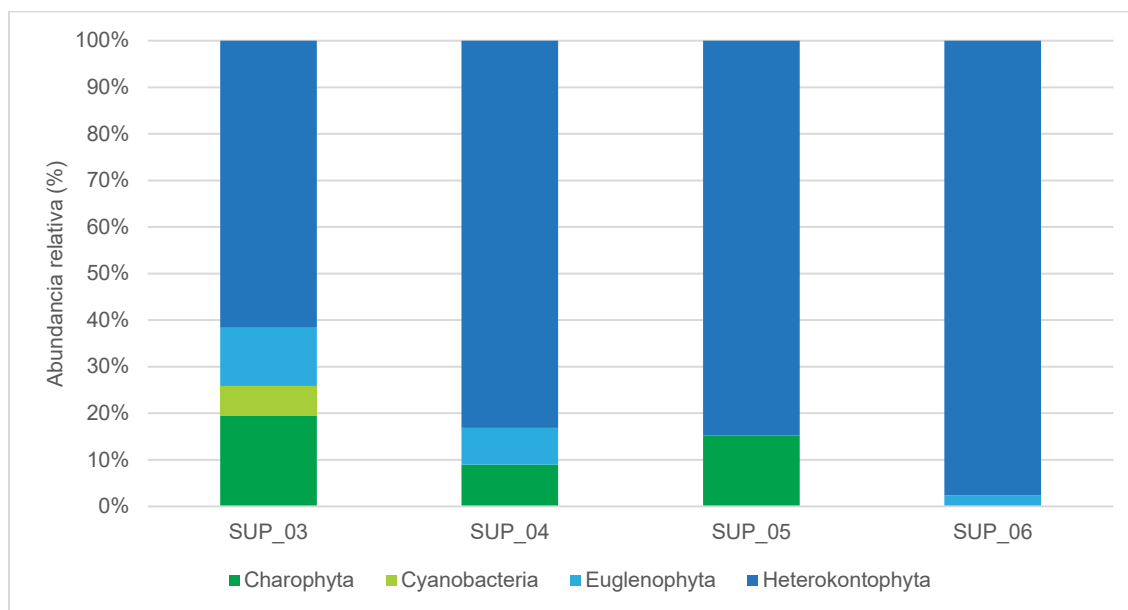
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

El phylum Heterokontophyta estuvo presente en todos los puntos de muestreo efectivos, registrando una riqueza por punto entre cinco (5) y once (11) con porcentajes de abundancia relativa entre 61,607% (SUP\_03) y 97,651% (SUP\_06) (Figura 3-4). Se identificaron 15 taxones, siendo más relevantes: *Pinnularia* morfoespecie 1 (0,158 Ind/mL) registrado en todos los cuerpos de agua. Es un organismo muy común que vive sobre piedras y sedimentos principalmente en agua dulce, a menudo son abundantes especialmente en aguas ácidas. Las células de *Pinnularia* también pueden ser arrastradas hacia el plancton (Van Vuuren 2006), este taxón fue mayormente abundante en los sitios con pH ácido como SUP\_04 y SUP\_03. Seguidamente, *Ulnaria* morfoespecie 1 (0,12 Ind/mL), la cual puede tolerar una amplia gama de condiciones de calidad, incluida la eutrofia y el enriquecimiento orgánico (Van Vuuren 2006).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	11

Por su parte, Charophyta estuvo presente en tres de los puntos efectivos, con riqueza de un taxón en cada sitio y porcentajes de abundancia relativa entre 8,947% (SUP\_04) y 19,643% (SUP\_03; Figura 3-3). Se identificaron dos géneros: *Cosmarium* y *Gonatozygon*, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en ambientes oligotróficos a eutróficos, siendo frecuente en sistemas acuáticos de flujo lento o nulo, con aguas acidas oligotróficas y poco común en aguas alcalinas eutróficas (Van Vuuren 2006).

**Figura 3-4 Abundancia relativa de la comunidad fitoplanctónica - Época seca**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Por otro lado, el phylum Cyanobacteria estuvo presente únicamente en el punto SUP\_03 y porcentaje de abundancia relativa de 6,25% (Figura 3-4). Se identificó un solo género: *Phormidium* grupo de amplia distribución, indicador de aguas mesotróficas, con concentraciones altas de nitratos (Pinilla, 2000).

El phylum Euglenozoa estuvo presente en tres de los puntos de muestreo efectivos y porcentajes de abundancia relativa entre 2,349% (SUP\_06) y 12,5% (SUP\_03; Figura 3-4). Se identificaron dos taxones: *Trachelomonas* y *Phacus*, el primero es extremadamente diverso y, por lo general, es más común en condiciones donde las concentraciones de materia orgánica y las temperaturas son más alta (Van Vuuren 2006); por su parte, *Phacus*

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	12

está muy extendido, común en estanques y aguas tranquilas, especialmente cuando está enriquecido con materia orgánica (Bellinger & Sigee, 2012).

De forma general, la comunidad fitoplanctónica se caracterizó por una baja densidad de organismos, siendo los más comunes los organismos del phylum Heterokontophyta, el cual estuvo presentes en todos los sitios de muestreo. Los organismos reportados son indicadores de aguas con pH ácido y presencia de elevada de nutrientes como *Pinnularia*, *Ulnaria* y *Navicula*. Igualmente, se reportaron algunos taxones indicadores de aguas con carga orgánica como *Trachelomonas* y *Phacus* pertenecientes al phylum Euglenophyta.

A continuación, se muestran algunas de las especies reportadas para la comunidad de fitoplancton.

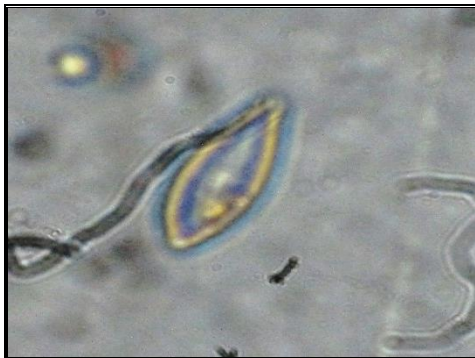
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	13



Fotografía 3-1 *Cosmarium* morfoespecie 1



Fotografía 3-2 *Cymbella* morfoespecie 1



Fotografía 3-3 *Gomphonema* morfoespecie 1



Fotografía 3-4 *Nitzschia* morfoespecie 1



Fotografía 3-5 *Pinnularia* morfoespecie 1



Fotografía 3-6 *Rhopalodia* morfoespecie 1

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	14

- **Análisis de diversidad**

- ◊ **Diversidad alfa**

Por su parte, para el fitoplancton se realizó la estimación de los índices en todos los puntos evaluados, presentando diversidades bajas en los puntos SUP\_04 y SUP\_03, por el contrario, en los sitios SUP\_05, SUP\_06 fue media, rango asociado a las riquezas y abundancias de organismos registradas (Tabla 3-5). Estas diversidades estuvieron acompañadas en la mayoría de los puntos, de valores de uniformidad (Pielou) cercanos a uno, con resultados de dominancia (Simpson) bajos, indicando que la comunidad en dichos puntos presenta una distribución uniforme de las densidades reportadas, sin presión por recursos (Tabla 3-5). En lo que respecta a la diversidad verdadera (números de Hill), se observó que, a partir de la riqueza, el número efectivo de especies muy abundantes (N2) se redujo ligeramente, mostrando riquezas menores (Tabla 3-5), corroborando las diversidades de Shannon halladas.

**Tabla 3-5 Índices de diversidad calculados para el fitoplancton - Época seca**

ÍNDICES	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03
R	12	11	7	8
H'	2,13	2,191	1,6	1,866
J	0,857	0,914	0,822	0,897
D	0,145	0,129	0,246	0,176
N0	12	11	7	8
N1	8,4	8,9	5,0	6,5
N2	6,9	7,8	4,1	5,7

R: Riqueza, H: Diversidad (Shanon-Weiner), J: uniformidad (Pielou), D: Dominancia (Simpson); N0: Riqueza verdadera; N1: Número de taxones abundantes; N2: Número de taxones muy abundantes.

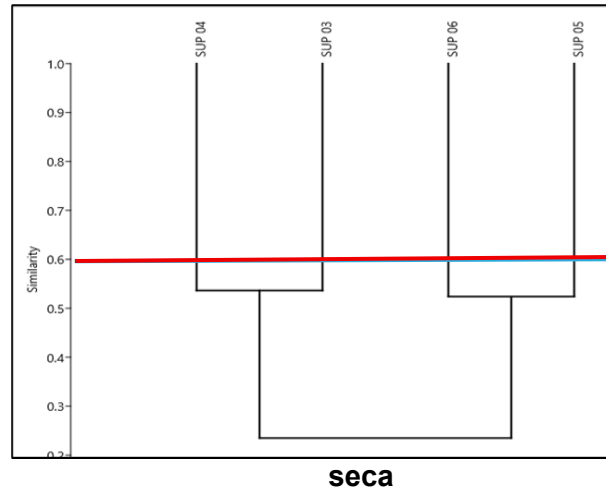
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

- ◊ **Diversidad beta**

Por su parte, el análisis de similitud de Bray Curtis para la comunidad fitoplanctónica evidencia una baja similaridad (menor al 60%), entre las dos agrupaciones formadas (Figura 3-5), indicando que la estructura y composición de la población es disímil entre los sitios y que podría haber factores abióticos propios que estén moldeando a la comunidad.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	15

**Figura 3-5 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para el fitoplancton - Época**



Ind. Coh: 0,897

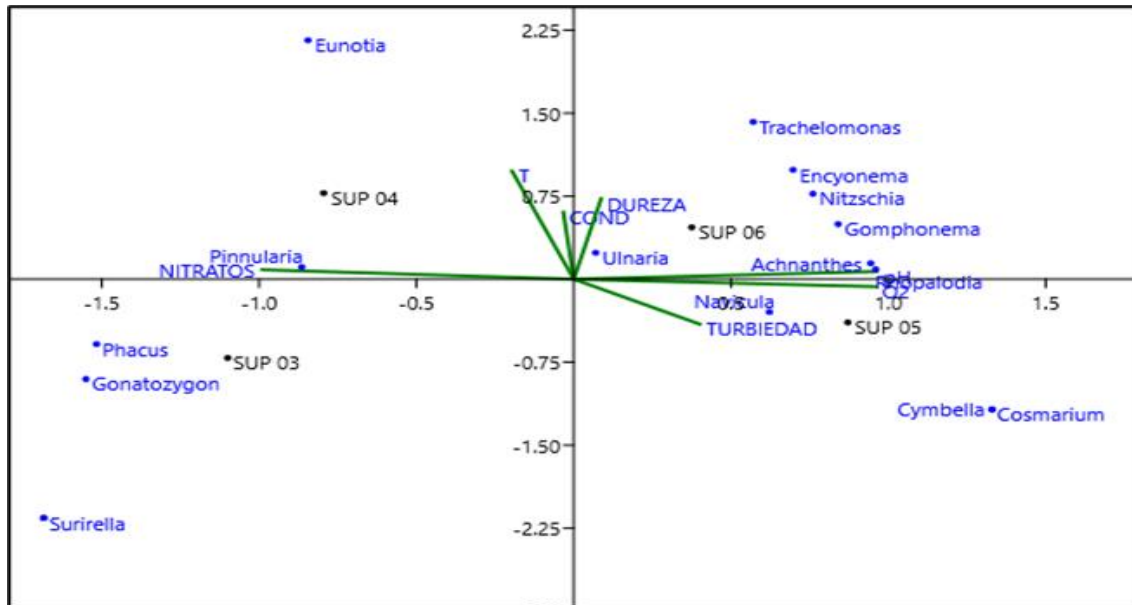
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

- **Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)**

Por su parte, para la comunidad fitoplanctónica los ejes 1 y 2 explican el 80,86% de la variabilidad de datos registrados, donde se observan asociaciones entre: los géneros *Achnanthes*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Ulnaria*, *Encyonema* y *Trachelomonas*, con las variables dureza, conductividad, turbiedad y pH, en los puntos SUP\_06 y SUP\_05. Así como *Pinnularia* y *Phacus* con los nitratos en los sitios SUP\_03 y SUP\_04 (Figura 3-6). Lo anterior, enmarcado en que las abundancias de dichos géneros se ven influenciadas por los parámetros mencionados. Estas relaciones van acordes con la bioindicación teórica hallada para estos géneros, los cuales presentan cierto grado de tolerancia a diversas alteraciones fisicoquímicas en el ambiente.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	16

Figura 3-6 Correspondencia canónica del fitoplancton - Época seca



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

### 3.3.2.2.1.2 Época Lluvias

- Composición y estructura**

Esta comunidad estuvo compuesta por cuatro (4) taxones, tres familias, tres órdenes y una clase perteneciente al phylum Heterokontophyta con una densidad de 0,022 Ind/mL. Dentro de los taxones se destaca *Pinnularia* con una densidad de 0,011 Ind/mL y *Eunotia* con 0,004 Ind/mL. Estos organismos son característicos de aguas con pH ácido y condiciones oligotróficas (Van Vuuren 2006).

Por otro lado, la Figura 3-7 muestra la distribución de las densidades y riquezas entre todos los puntos evaluados, señalando valores semejantes entre los puntos evaluados, relacionado con las condiciones naturales observadas en cada cuerpo de agua. En la Tabla 3-6 se presenta la taxonomía y densidad total de los taxones reportados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	17

**Tabla 3-6 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del fitoplancton – Época  
 lluvias**

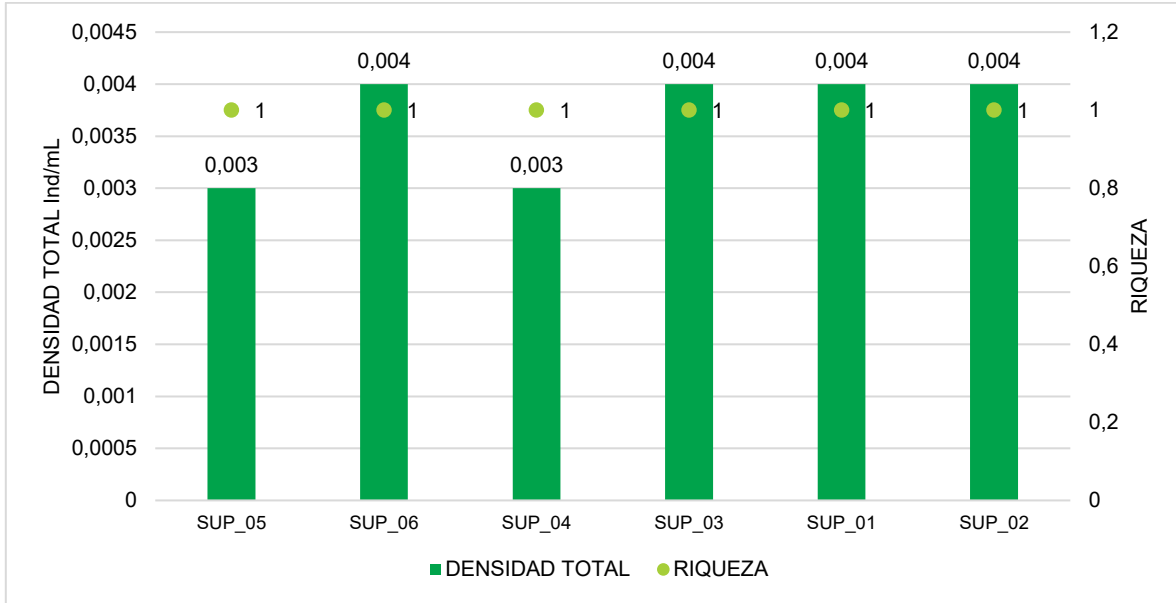
PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	DENSIDAD Ind/mL
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia morfoespecie 1</i>	0,004
		Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria morfoespecie 1</i>	0,003
				<i>Ulnaria morfoespecie 2</i>	0,004
		Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia morfoespecie 1</i>	0,011

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

De forma general, la comunidad fitoplanctónica se caracterizó por una baja densidad y riqueza de organismos, principalmente debido a factores como la corriente del punto, que puede dificultar la permanencia de estas microalgas que viven suspendidas en la columna de agua, además la variedad, abundancia y distribución de estas poblaciones depende de gradientes espaciales y temporales además de variables, como nutrientes, luz, profundidad y sólidos suspendidos (Ramírez & Viña, 1998).

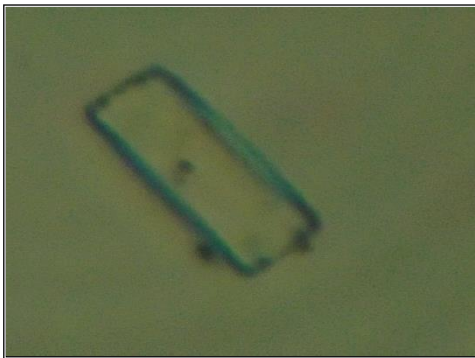
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	18

**Figura 3-7 Densidad y riqueza de la comunidad fitoplanctónica en los puntos monitoreados – Época lluvias**

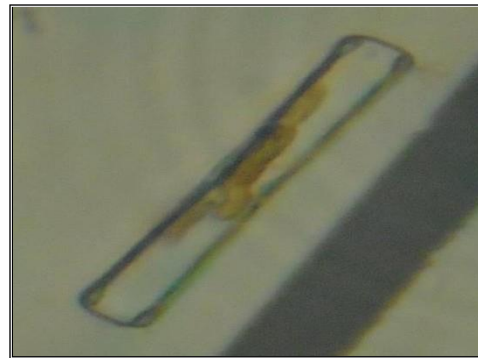


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

A continuación, se presenta el registro fotográfico de algunos individuos reportados durante los monitoreos para esta comunidad.



Fotografía 3-7 *Eunotia* morfoespecie 1



Fotografía 3-8 *Pinnularia* morfoespecie 1

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	19

- **Análisis de diversidad**

En el caso del fitoplancton, no se realizó la estimación de índices ecológicos de diversidad, similaridad ni análisis multivariados, debido a la baja riqueza registrada en los sitios de muestreo (Tabla 3-7). En cada punto evaluado se identificó únicamente una especie, lo que impide aplicar métricas que requieren una mayor variabilidad taxonómica para ser interpretadas de manera significativa. Esta limitada diversidad fitoplanctónica restringe el análisis ecológico.

**Tabla 3-7 Índices de diversidad calculados para el fitoplancton**

INDICES	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03	SUP_01	SUP_02
R	1	1	1	1	1	1
H'						
J						
D						
N0						
N1						
N2						

R: Riqueza, H: Diversidad (Shanon-Weiner), J: uniformidad (Pielou), D: Dominancia (Simpson); N0: Riqueza verdadera; N1: Número de taxones abundantes; N2: Número de taxones muy abundantes.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	20

### 3.3.2.2.2 Zooplancton

Esta comunidad evidenció valores limitados de abundancia y riqueza, condición debida probablemente por las características específicas de este grupo de microorganismos, los cuales se caracterizan por ser poco diversos en ecosistemas de aguas continentales de naturaleza lótica, ya que este tipo de cuerpos de agua presentan un flujo continuo de agua con una velocidad de la corriente específica, característica que dificulta el establecimiento de este tipo de microorganismos debido a que viven suspendidos en la columna de agua (Roman & White, 1991).

#### 3.3.2.2.2.1 Época seca

- **Composición y estructura**

La comunidad zooplanctónica fue representada por siete taxones, cuatro familias, cuatro clases y tres phylum: Protozoa con una densidad de 0,0587 Ind/mL (55,80%), Rotifera con 0,0177 Ind/mL (16,83%) y Nematoda con 0,0288 Ind/mL (27,38%) (Figura 3-8). Por otro lado, el phylum Protozoa reportó la mayor riqueza con cinco taxones, seguido de Rotifera y Nematoda con uno. En la Tabla 3-8 se presenta la taxonomía y densidad total de los taxones reportados.

**Tabla 3-8 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del zooplancton – Época seca**

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Ind/mL	
Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	<i>Euglypha</i> morfoespecie 1	0,0085	
				<i>Trinema</i> morfoespecie 1	0,0179	
	Lobosa	Arcellinida	Centropyxidae	<i>Centropyxis</i> morfoespecie 1	0,0208	
				Arcellidae	<i>Arcella discoides</i>	0,009
				Arcellidae	<i>Arcella gibbosa</i>	0,0025
Rotifera	Eurotatoria	Bdelloidea	Indeterminado	Bdelloidea morfoespecie 1	0,0177	
Nematoda	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	Nematoda morfoespecie 1	0,0288	

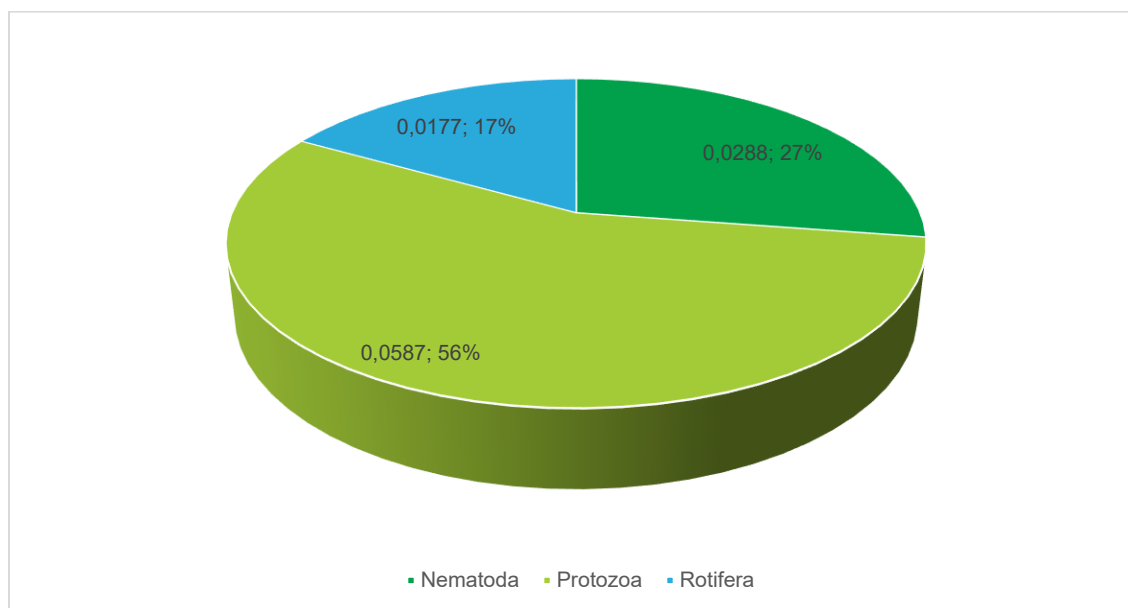
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

Por otro lado, la Figura 3-8 muestra la distribución de las densidades y riquezas entre todos los puntos evaluados, señalando los mayores valores en el punto SUP\_04. La baja

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	21

presencia de organismos se puede relacionar a que el zooplancton es escaso en sistemas lóticos continentales debido a que viven suspendidos en la columna de agua, al igual que dependen de la disposición del fitoplancton que su principal fuente de alimento.

**Figura 3-8 Densidad general de la comunidad zooplanctónica – Época seca**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

El phylum Protozoa fue el grupo más destacado, presente en todos los sitios efectivos y con riquezas de tres y cuatro taxones, con porcentajes de abundancia relativa entre 45,588% (SUP\_06) y 72,807% (SUP\_03) (Figura 3-10). Dentro de este grupo se identificaron cinco taxones, siendo más representativos: *Centropyxis* (0,0208 Ind/mL), que suelen habitar en afluentes con presencia de sedimentos y materia orgánica ya que su principal fuente de alimento son detritos y otros microorganismos (Streble Krauter, 1987); y *Trinema*, organismos ampliamente distribuidos, característicos de aguas estancadas, turberas y aguas poco profundas con concentraciones moderadas de nutrientes (Streble Krauter, 1987).

Por su parte, el phylum Nematoda estuvo presente en todos los sitios, con porcentajes de abundancia relativa entre 22,887% y 36,397% (Figura 3-10). Se identificó un único taxón de este grupo, el cual está asociado con cuerpos de agua con presencia de carga orgánica,

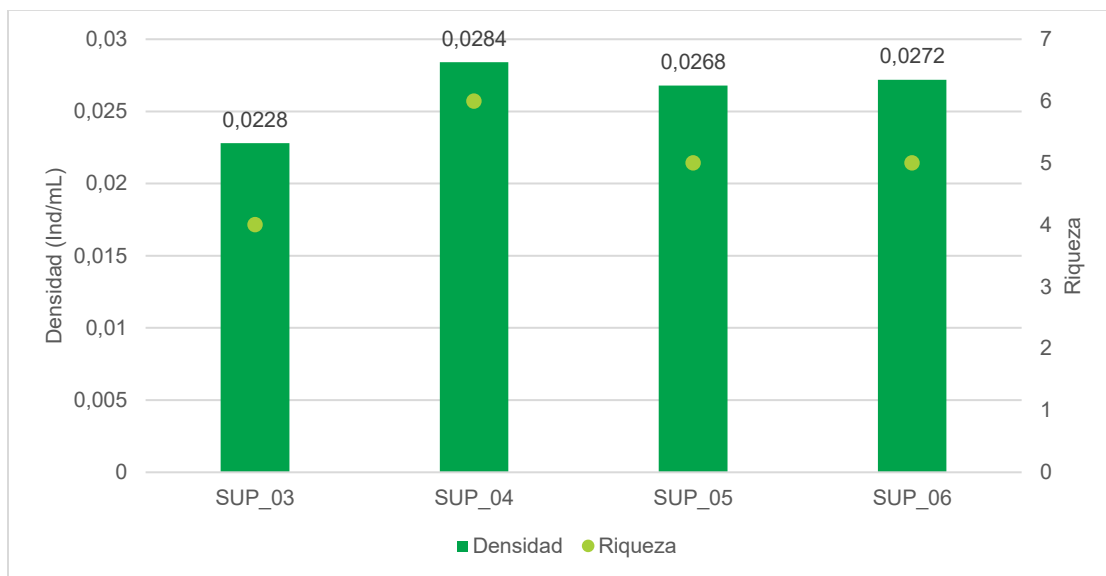
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	22

siendo los taxones de este phylum importantes tanto en el reciclaje de nutrientes, como en el flujo de energía a grupos mayores (Roldán & Ramírez, 2008).

Por último, el phylum Rotifera estuvo presente en tres de los puntos evaluados y porcentajes de abundancia relativa entre 15,299% (SUP\_05) y 30,634% (SUP\_04) (Tabla 3-8) (Figura 3-10). Dentro de este grupo se un taxón perteneciente al orden Bdelloidea, ampliamente distribuidos, característicos de aguas con moderados a altos niveles de nutrientes (Pinilla, 2000). Los rotíferos, cumplen un papel importante en la reducción de partículas en suspensión en sistemas de depuración de aguas residuales, tanto por el consumo de dichas partículas como por el efecto biofloculador que estos microorganismos ejercen (Tunnacliffe & Lapinski, 2003).

La comunidad zooplanctónica estuvo compuesta por organismos generalistas, comunes en aguas mesotróficas a eutróficas, con una baja riqueza y abundancia de organismos lo cual es común de cuerpos de agua loticos donde la inestabilidad de la columna de agua inhibe el asentamiento y desarrollo de organismos de esta comunidad.

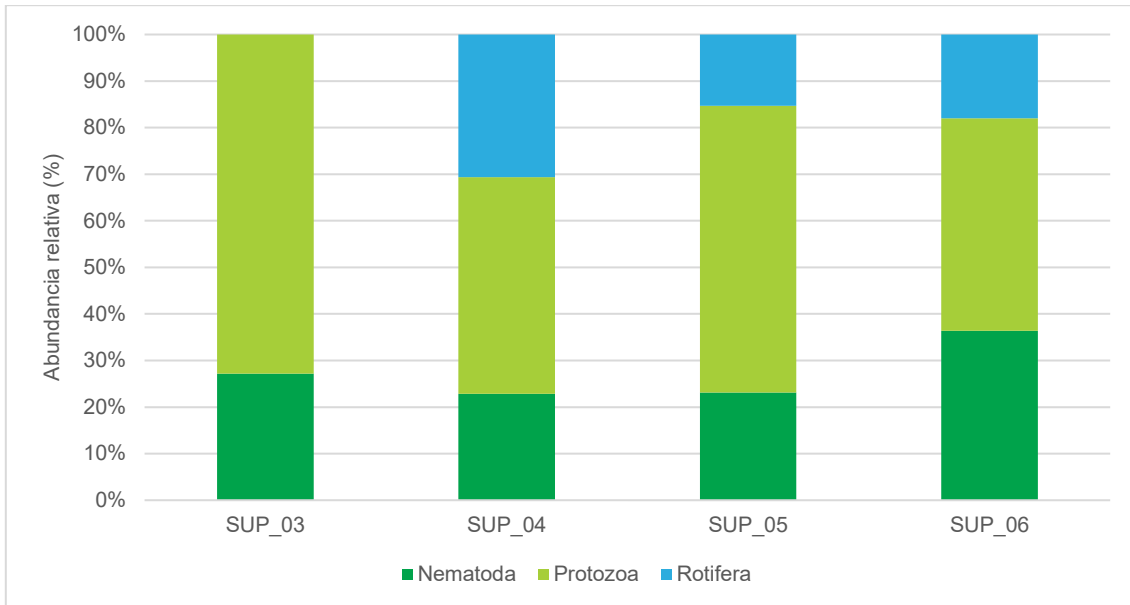
**Figura 3-9 Densidad y riqueza de la comunidad zooplanctónica en los puntos monitoreados – Época seca**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

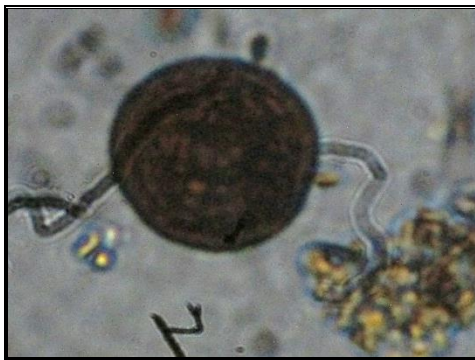
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	23

**Figura 3-10 Abundancia relativa de la comunidad zooplanctónica – Época seca**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

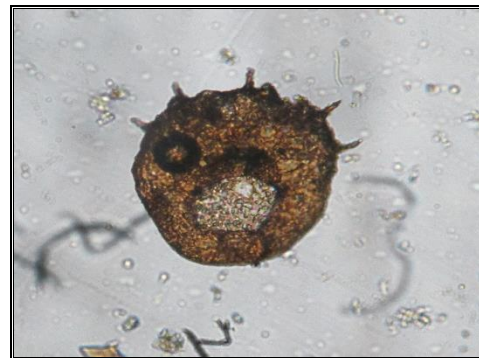
A continuación, se encuentra el registro fotográfico de las morfoespecies registradas en el laboratorio.



Fotografía 3-9 *Arcella discoides*



Fotografía 3-10 *Arcella gibbosa*



Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	24

Fotografía 3-11 *Bdelloidea morfoespecie 1*



Fotografía 3-13 *Nematoda morfoespecie 1*

Fotografía 3-12 *Centropyxis morfoespecie 1*



Fotografía 3-14 *Trinema morfoespecie 1*

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

- **Análisis de diversidad**

- ◊ **Diversidad alfa**

Finalmente, para la comunidad zooplanctónica se realizó la estimación de los índices en todos los puntos, presentando diversidades bajas con valores entre 1,24 y 1,674 resultados asociados a las bajas riquezas y abundancias de organismos registradas (Tabla 3-9). Estas diversidades estuvieron acompañadas de valores de uniformidad (Pielou) cercanos a uno, con resultados de dominancia (Simpson) menores de 0,4 indicando que la comunidad en los puntos evaluados presenta una distribución uniforme de las densidades reportadas, sin presión por recursos. En lo que respecta a la diversidad verdadera (números de Hill), se observó que, a partir de la riqueza, el número efectivo de especies muy abundantes (N2) se redujo ligeramente, mostrando riquezas menores (Tabla 3-9), corroborando las diversidades de Shannon halladas.

**Tabla 3-9 Índices de diversidad calculados para el zooplancton – Época seca**

ÍNDICES	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03
R	5	5	6	4
H'	1,526	1,47	1,674	1,24
J	0,948	0,913	0,934	0,895
D	0,23	0,256	0,206	0,323
N0	5	5	6	4
N1	4,6	4,3	5,3	3,5

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	25

ÍNDICES	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03
N2	4,3	3,9	4,8	3,1

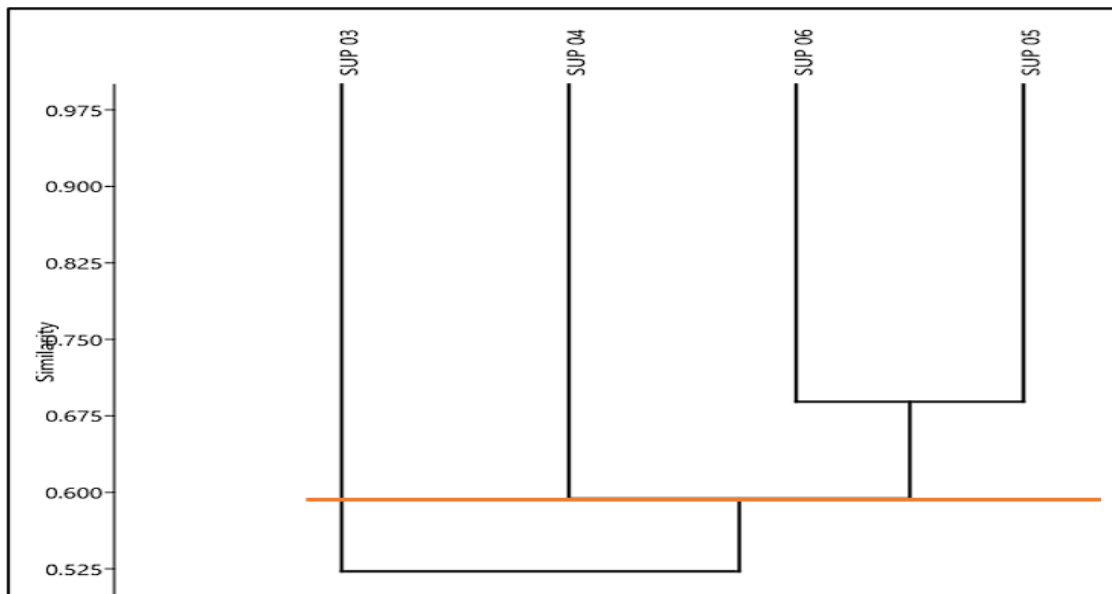
R: Riqueza, H: Diversidad (Shanon-Weiner), J: uniformidad (Pielou), D: Dominancia (Simpson); N0: Riqueza verdadera; N1: Número de taxones abundantes; N2: Número de taxones muy abundantes.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

#### ◇ Diversidad beta

Por su parte, para la comunidad zooplanctónica se observa una alta similaridad (mayor o igual al 60%) entre las agrupaciones: SUP\_04, SUP\_05 y SUP\_06 (Figura 3-11). Lo anterior, debido a taxones frecuentes como *Trinema*, *Arcella discoidea* y *Bdelloidea*, los cuales fueron comunes en estos puntos, señalando la presencia de nutrientes en el agua.

**Figura 3-11 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para el zooplancton – Época seca**



Ind. Coh: 0,964

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

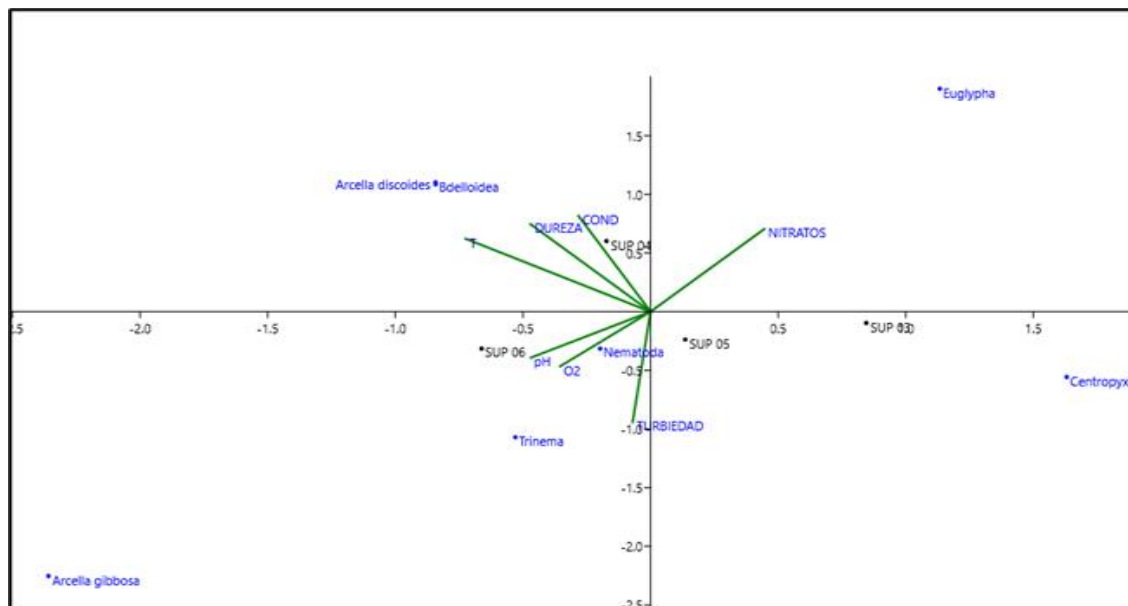
#### • Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

Por otro lado, para el zooplancton los ejes 1 y 2 explican el 89,6% de variabilidad, donde el pH, oxígeno y turbiedad se relaciona con los géneros *Trinema* y el phylum Nematoda en el

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	26

punto SUP\_06. Por su parte, *Arcella discoides* y *Bdelloidea* se asocian con la dureza, conductividad y temperatura en el sitio SUP\_04 (Figura 3-12). Estas relaciones son características de los organismos reportados, ya que estos se asocian con la presencia de nutrientes y turbiedad en el agua de diferentes fuentes.

**Figura 3-12 Correspondencia canónica del zooplancton – Época seca**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

### 3.3.2.2.2 Época Lluvias

- Composición y estructura**

La comunidad zooplanctónica fue representada por cuatro (4) taxones, tres (3) familias, tres (3) clases y dos (2) phylum: Protozoa con una densidad total de 0,0376 Ind/mL (90,17%) y Nematoda con 0,0041 Ind/mL (9,83%) (Figura 3-13). Por otro lado, el phylum Protozoa reportó la mayor riqueza con tres taxones y Nematoda con un taxón. En la Tabla 3-10 se presenta la taxonomía y densidad total de los taxones reportados.

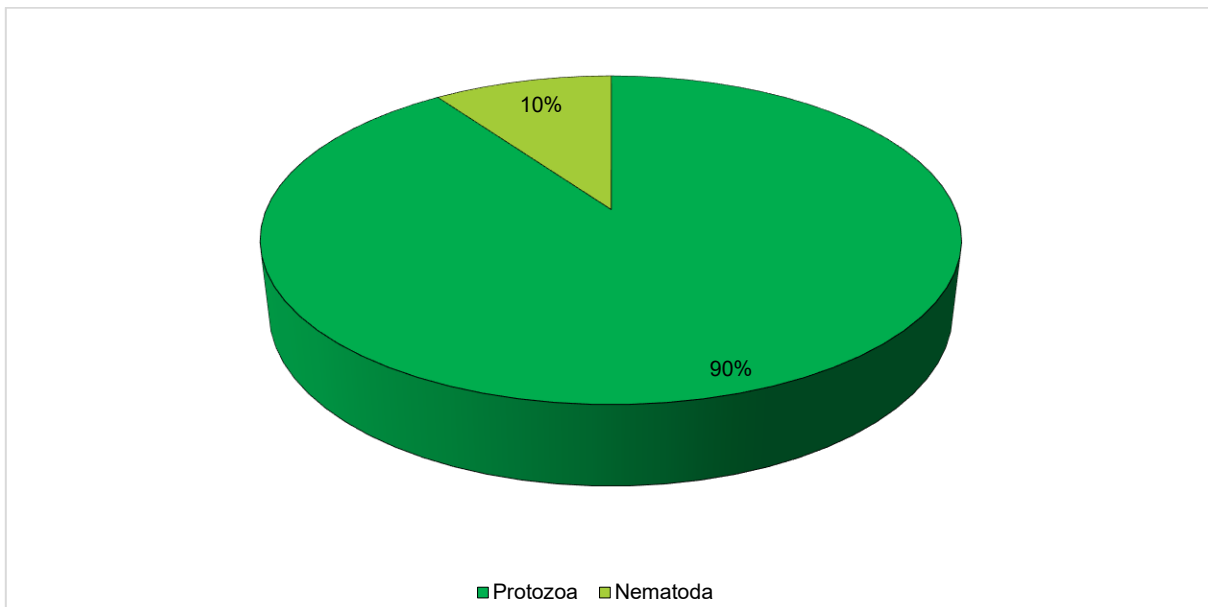
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	27

**Tabla 3-10 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del zooplancton –  
 Época llluvia**

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	DENSIDAD Ind/mL
Nematoda	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	<i>Nematoda morfoespecie 1</i>	0,0041
Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	<i>Euglypha morfoespecie 1</i>	0,0121
				<i>Trinema morfoespecie 1</i>	0,0114
	Lobosa	Arcellinida	Centropyxidae	<i>Centropyxis aculeata</i>	0,0141

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

**Figura 3-13 Densidad general de la comunidad zooplanctónica – Época llluvia**

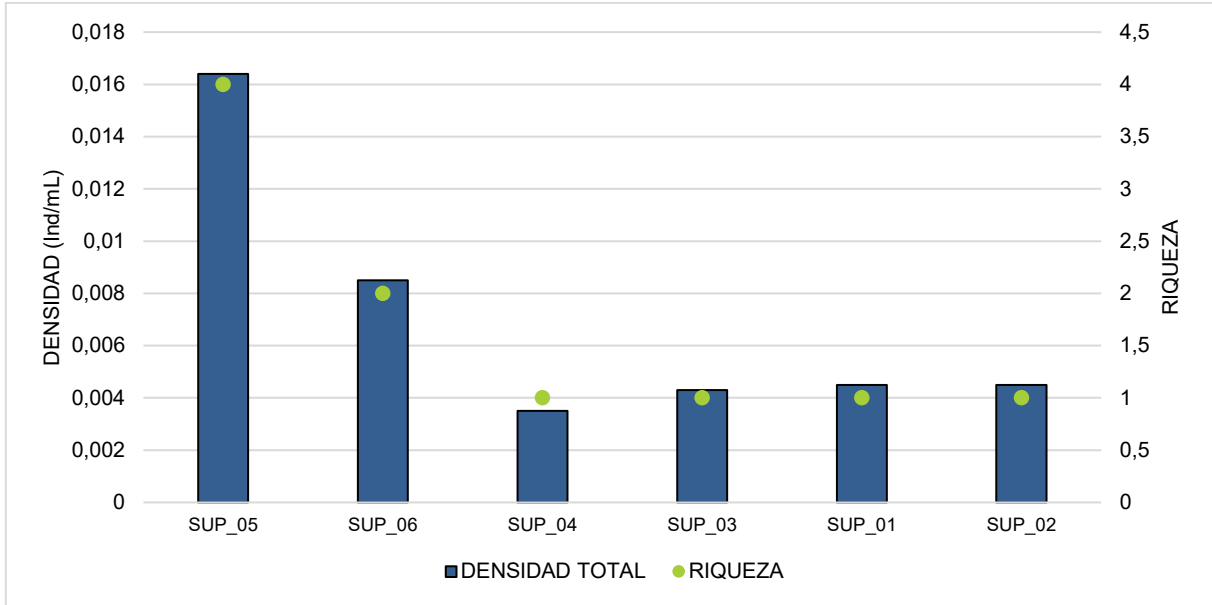


Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Por otro lado, la Figura 3-14 muestra la distribución de las densidades y riquezas entre todos los puntos evaluados, señalando los mayores valores en el punto SUP\_05, con cuatro taxones. Cabe resaltar que en los demás puntos la riqueza fue baja, entre uno y dos taxones. La baja o nula presencia de organismos se puede relacionar a que el zooplancton es escaso en sistemas lóxicos continentales debido a que viven suspendidos en la columna de agua, al igual que dependen de la disposición del fitoplancton que su principal fuente de alimento.

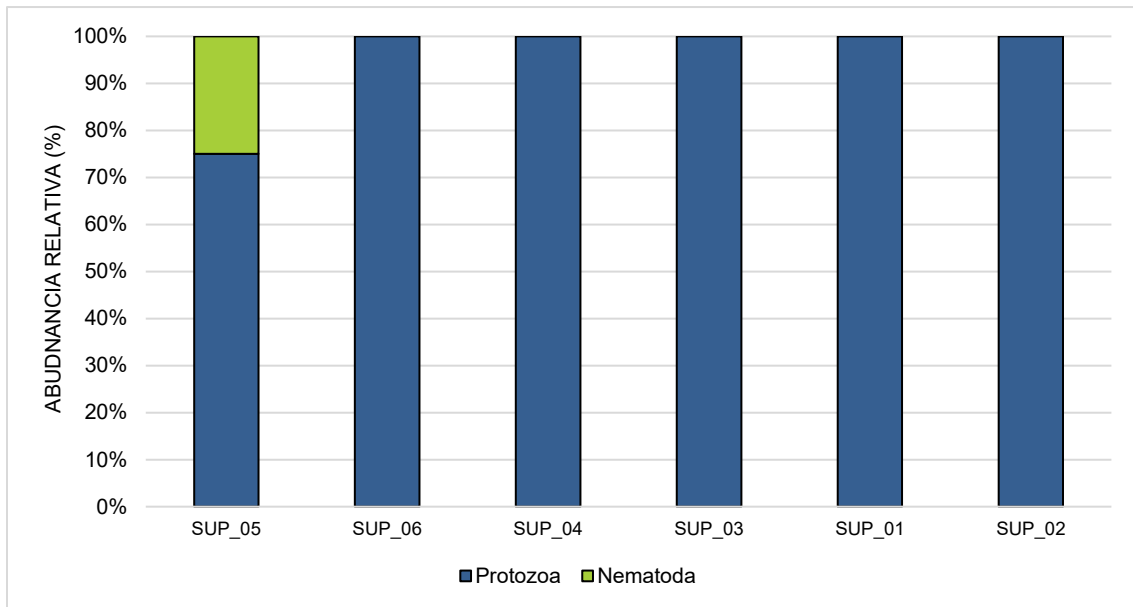
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	28

**Figura 3-14 Densidad y riqueza de la comunidad zooplanctónica en los puntos monitoreados – Época lluviosa**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

**Figura 3-15 Abundancia relativa de la comunidad zooplanctónica – Época lluviosa**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

El phylum Protozoa fue el grupo más destacado, presente en todos los sitios efectivos y con riquezas de uno o dos taxones, y porcentajes de abundancia relativa de 75% y 100%

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	29

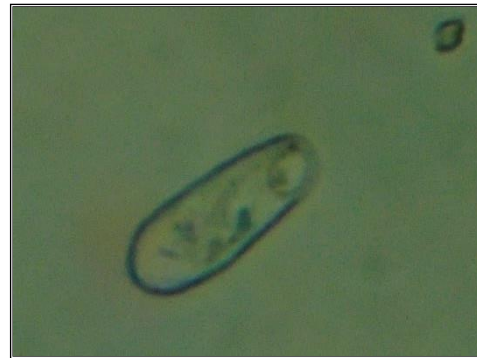
(Figura 3-15). Dentro de este grupo se identificaron tres taxones, siendo el más representativo *Centropyxis aculeata*, organismos ampliamente distribuidos, característicos de aguas estancadas, turberas y aguas poco profundas, encontrándose cuando existe concentraciones moderadas a altas de nutrientes, derivados de materia orgánica presente en el sistema hídrico (Streble & Krauter, 1987).

Finalmente, el phylum Nematoda estuvo presente en uno de los sitios (SUP\_05), con un porcentaje de abundancia relativa de 25% (Figura 3-15). Se identificó un único taxón de este grupo, el cual está asociado con cuerpos de agua con presencia de carga orgánica, siendo los taxones de este phylum importantes tanto en el reciclaje de nutrientes, como en el flujo de energía a grupos mayores (Roldán & Ramírez, 2008).

La comunidad zooplanctónica estuvo compuesta por organismos generalistas, comunes en aguas mesotróficas a eutróficas, con una baja riqueza y abundancia de organismos lo cual es común de cuerpos de agua lóticos donde la inestabilidad de la columna de agua dificulta el asentamiento y desarrollo de organismos de esta comunidad. A continuación, se presenta el registro fotográfico de algunos individuos reportados para esta comunidad.



Fotografía 3-15 *Euglypha* morfoespecie 1



Fotografía 3-16 *Trinema* morfoespecie 1

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	30

- **Análisis de diversidad**

- ◊ **Diversidad alfa**

Finalmente, para la comunidad zooplanctónica se realizó la estimación de los índices solo en el punto SUP\_05, presentando una diversidad baja con valor de 1,386 resultado asociado a la baja riqueza y abundancia de organismos registradas (Tabla 3-11) Estas diversidades estuvieron acompañadas de valores de uniformidad (Pielou) iguales a uno, con resultados de dominancia (Simpson) bajos, indicando que la comunidad en los puntos evaluados presenta una distribución uniforme de las densidades reportadas, sin presión por recursos. En lo que respecta a la diversidad verdadera (números de Hill), se observó que, a partir de la riqueza, el número efectivo de especies muy abundantes (N2) se redujo ligeramente, mostrando riquezas menores (Tabla 3-11) corroborando las diversidades de Shannon halladas.

**Tabla 3-11 Índices de diversidad calculados para el zooplancton – Época lluvia**

ÍNDICES	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03	SUP_01	SUP_02
R	4	2	1	1	1	1
H	1,386294					
D	0,25					
J	1					
N0	4					
N1	4					
N2	4					

R: Riqueza, H: Diversidad (Shanon-Weiner), J: uniformidad (Pielou), D: Dominancia (Simpson); N0: Riqueza verdadera; N1: Número de taxones abundantes; N2: Número de taxones muy abundantes.

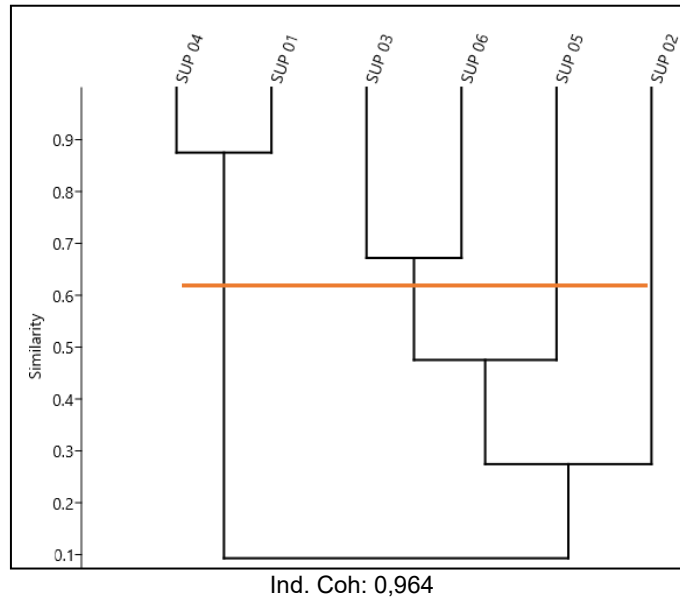
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

- ◊ **Diversidad beta**

Por su parte, para la comunidad zooplanctónica se observa una alta similaridad entre las agrupaciones SUP\_04 y SUP\_01; SUP\_03 y SUP\_06 (Figura 3-16). Lo anterior, debido a taxones frecuentes como *Euglypha* y *Centropyxis aculeata*, los cuales fueron comunes en estos puntos, señalando la presencia de nutrientes en el agua. Sin embargo, la mayor parte de la similaridad está dada por la baja riqueza encontrada en los puntos evaluados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	31

**Figura 3-16 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para el zooplancton – Época  
Lluvia**



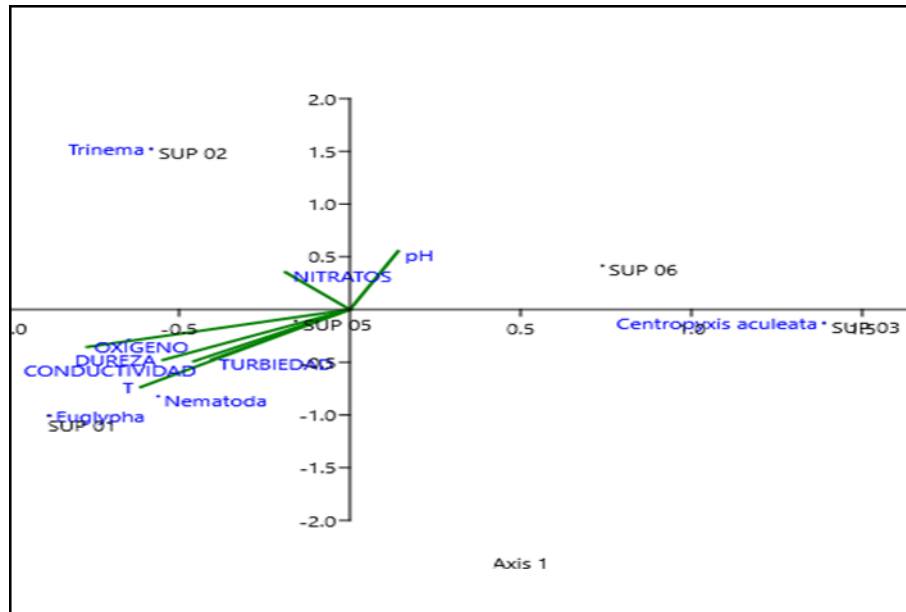
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

- Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)**

Para el zooplancton los ejes 1 y 2 explican el 84,71% de variabilidad, donde la mayoría de las variables se relacionan con la abundancia del phylum Nematoda y el género *Euglypha* en el punto SUP\_01 (Figura 3-17), estas relaciones son características de los organismos reportados, ya que estos se asocian con la presencia de nutrientes y carga orgánica en el agua de diferentes fuentes.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	32

Figura 3-17 Correspondencia canónica del zooplancton – Época Lluvia



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

### 3.3.2.2.3 Perifiton

Estos microorganismos se desarrollan sobre un sustrato sumergido duro como piedras, troncos y raíces, entre otros. Son de gran importancia ya que contribuyen con la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos gracias a su capacidad fotosintética que le permite capturar la energía lumínica y transformarla en compuestos orgánicos (carbohidratos) a partir de los cuales se mantienen los niveles tróficos superiores (Ramírez & Viña, 1998). Son considerados como indicadores de la calidad del agua ya que reflejan las condiciones y los cambios que se presentan en este medio. La clasificación de organismos perifíticos en categorías taxonómicas, es esencial para el conocimiento estructural de la comunidad algal dentro de los sistemas hídricos, es así como la distribución, composición y abundancia pueden variar espacial y temporalmente de acuerdo con las condiciones hidroclimáticas imperantes de la zona, junto con la disponibilidad de nutrientes, el tipo de sustrato y las actividades antrópicas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	33

### 3.3.2.2.3.1 Época seca

- Composición y estructura**

El ensamble perifítico estuvo compuesto por 16 taxones, 11 familias y tres (3) clases pertenecientes a tres phylum. El phyla con mayor número de taxones fue Heterokontophyta con 13, Euglenophyta con dos, seguido de Cyanobacteria con uno. Por otro lado, Heterokontophyta fue la más abundante, con una densidad total de 978,2 Ind/cm<sup>2</sup> (96,01%), Euglenophyta con 38,1 Ind/cm<sup>2</sup> (3,74%) y Cyanobacteria con 2,6 Ind/cm<sup>2</sup> (0,26%) (Figura 3-18). En la Tabla 3-12 se presenta la taxonomía y densidad total de los taxones reportados.

**Tabla 3-12 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del perifiton – Época seca**

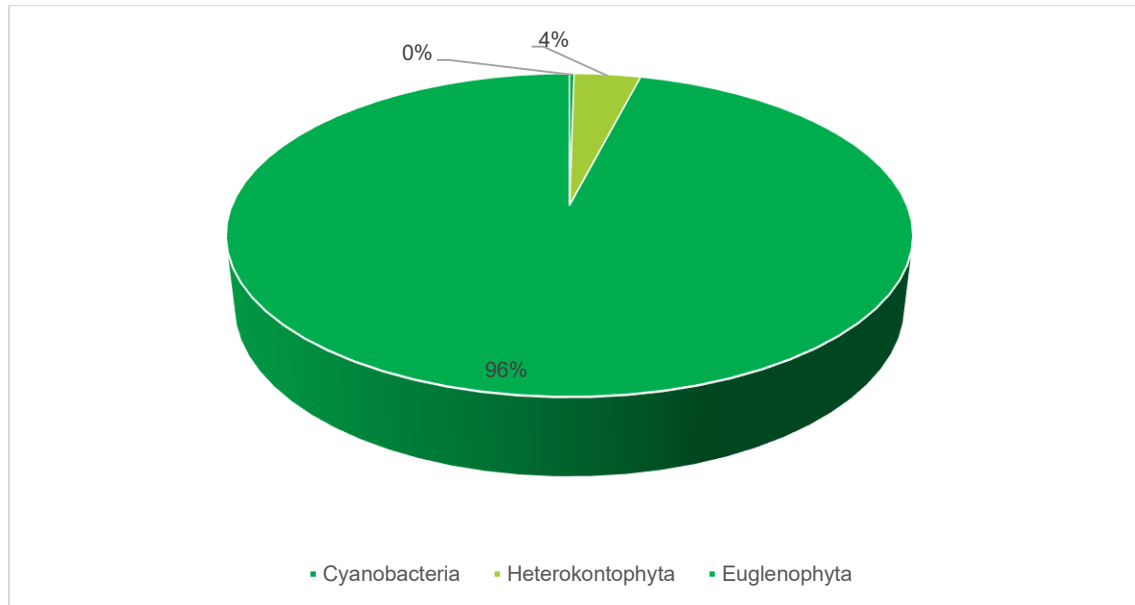
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Ind/cm2
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia</i> morfoespecie 1	81,5
				<i>Nitzschia</i> morfoespecie 1	25,5
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> morfoespecie 1	192,1
				<i>Gomphonema</i> morfoespecie 1	9,1
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> morfoespecie 1	26,7
				<i>Eunotia</i> morfoespecie 1	102,9
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> morfoespecie 2	6,6
				<i>Ulnaria</i> morfoespecie 1	35,2
		Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i> morfoespecie 2	4,4
				<i>Achnanthes</i> morfoespecie 1	2,5
		Mastogloiales	Achnantheaceae	<i>Achnanthes</i> morfoespecie 1	2,5
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> morfoespecie 1	416,9
				<i>Pinnularia</i> morfoespecie 1	70,3
Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> morfoespecie 2		4,5		
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i> morfoespecie 1	17,6
		Euglenales	Phacaceae	<i>Lepocinclis</i> morfoespecie 1	20,5
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium</i> morfoespecie 1	2,6

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Por otro lado, la Figura 3-19 muestra la distribución de las densidades y riquezas entre todos los puntos evaluados, señalando los mayores valores en los puntos SUP\_06 (389,5 Ind/cm<sup>2</sup>), seguido de SUP\_05 (394,1 Ind/cm<sup>2</sup>). Las variaciones entre los cuerpos de agua pueden deberse a factores abióticos como las concentraciones de nutrientes, caudal y luminosidad.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	34

**Figura 3-18 Densidad general de la comunidad de perifiton – Época seca**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Heterokontophyta fue el grupo más abundante y frecuente en cada cuerpo de agua, con riquezas de seis y 10 taxones en los sitios, reportando porcentajes de abundancia relativa desde 90,332% (SUP\_06) hasta 100% (Figura 3-20). Dentro de este grupo se identificaron 13 taxones, siendo los más representativos *Navicula* con una densidad de 416,9 Ind/cm<sup>2</sup> reportada en cuatro de los puntos, seguida de *Cymbella* (192,1 Ind/cm<sup>2</sup>) presentes en dos sitios y *Eunotia* con 81,5 Ind/cm<sup>2</sup> identificado en todos los sitios.

De acuerdo a la bioindicación de los taxones más abundantes, se observa que *Navicula* se presenta en aguas con turbulencia, sedimentos y conductividad media a alta (Streble Krauter, 1987). Por su parte, *Cymbella* suelen asociarse con aguas de buena calidad que tienen bajos niveles de nutrientes y contaminantes orgánicos (Van Vuuren 2006). *Eunotia* se encuentran en todo tipo de aguas predominando en sistemas oligotróficos, pH ácido y pobres en electrolitos (Van Vuuren 2006).

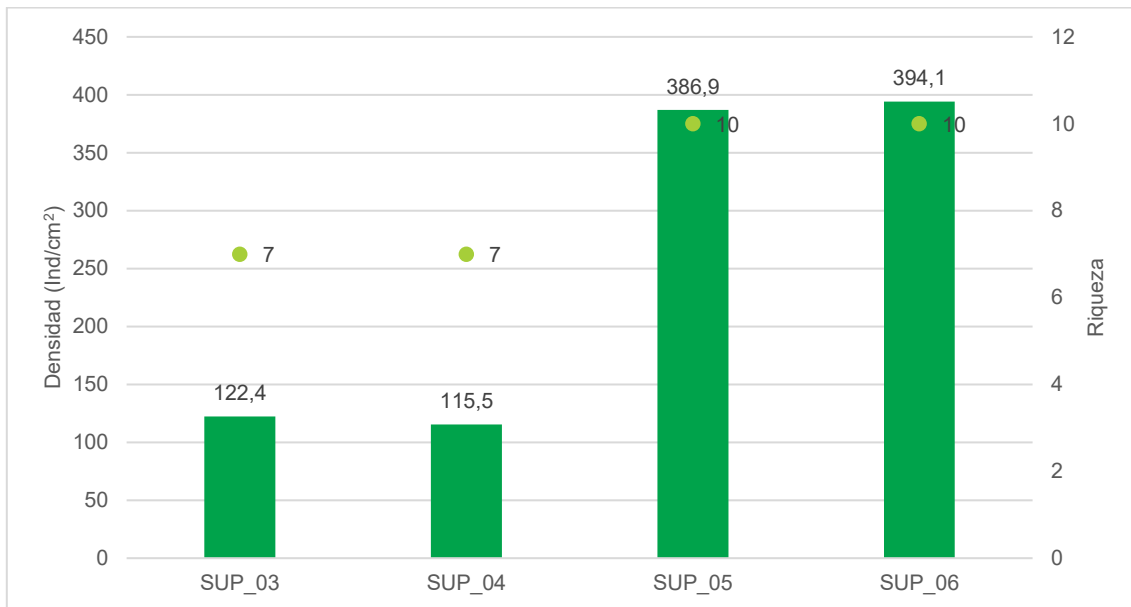
Por su parte, Euglenophyta fue reportado únicamente en el sitio SUP\_06, con riquezas bajas de dos taxones, mostrando porcentaje de abundancia de 9,668% Figura 3-20). Los géneros identificados fueron *Trachelomonas* y *Lepocinclis*. La presencia de estos

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	35

organismos en alta concentración indica aguas enriquecidas, principalmente por carga orgánica, conductividad y sedimentos medios a altos (Pinilla, 2000). Sin embargo, en el punto donde se registraron la materia orgánica en forma de DBO5 fue menor al límite, lo que pudo influir a que las densidades de los taxones no fueran mayores y que la carga orgánica es variable en los cuerpos de agua.

Por último, el phylum Cyanobacteria fue identificado únicamente en el punto SUP\_03, con un porcentaje de abundancia relativa de 2,124% (Figura 3-20), representado por el género *Phormidium*, el cual es común en aguas mesotróficas (Pinilla, 2000).

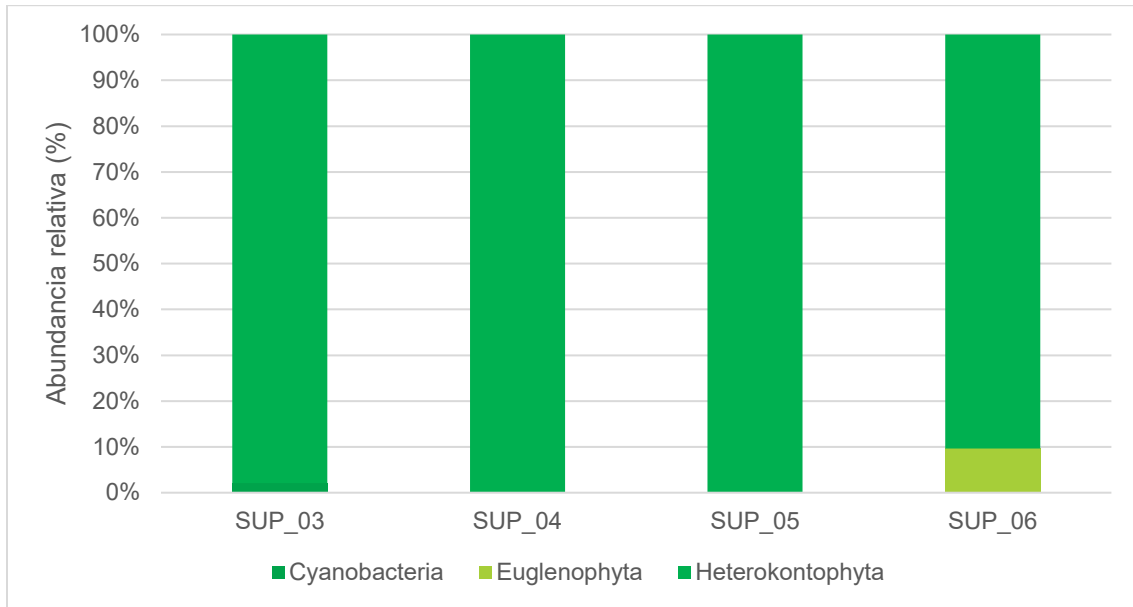
**Figura 3-19 Densidad y riqueza de la comunidad de perifiton en los puntos monitoreados – Época seca**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	36

**Figura 3-20 Abundancia relativa de la comunidad de perifiton – Época seca**



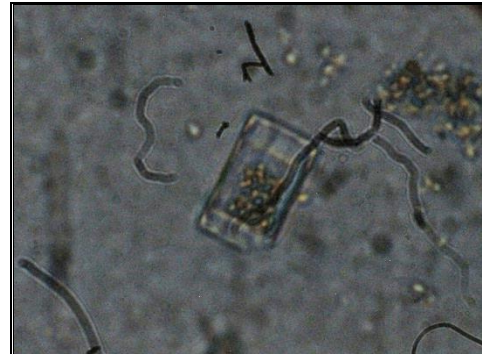
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

A continuación, se relaciona el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies identificadas en laboratorio.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	37



Fotografía 3-17 *Cymbella morfoespecie 1*



Fotografía 3-18 *Eunotia morfoespecie 1*



Fotografía 3-19 *Gomphonema morfoespecie 1*



Fotografía 3-20 *Navicula morfoespecie 1*



Fotografía 3-21 *Pinnularia morfoespecie 1*



Fotografía 3-22 *Ulnaria morfoespecie 1*

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

- **Análisis de diversidad**

- ◊ **Diversidad alfa**

El índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ), es un estimativo de la diversidad biológica del ecosistema, en la mayoría de los ecosistemas naturales su valor varía entre 0,5 y 5, estando

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	38

normalmente entre 2 y 3, en los que valores menores a 2 reflejan una diversidad baja y valores mayores a 3 representan una alta diversidad biológica. Los valores de uniformidad y dominancia están relacionados y se espera que a mayor dominancia se presente una menor uniformidad, ambos índices fluctúan en un rango de 0 a 1, en los que valores cercanos a 1 representan alta dominancia y uniformidad.

Para el perifiton, se realizó la estimación de los índices en todos los puntos evaluados, presentando diversidades bajas, con valores entre 1,526 y 1,677 rango asociado a las riquezas y abundancias de organismos registradas (Tabla 3-13). Estas diversidades estuvieron acompañadas de valores de uniformidad (Pielou) altos, con resultados de dominancia (Simpson) menores de 0,3 indicando que la comunidad en los puntos evaluados presenta una distribución uniforme de las densidades reportadas, sin presión por recursos.

En lo que respecta a la diversidad verdadera (números de Hill), se observó que, a partir de la riqueza, el número efectivo de especies muy abundantes (N2) se redujo ligeramente, mostrando riquezas menores (Tabla 3-13), corroborando las diversidades de Shannon halladas.

**Tabla 3-13 Índices de diversidad calculados para perifiton – Época seca**

ÍNDICES	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03
R	10	10	7	7
H'	1,552	1,677	1,603	1,526
J	0,674	0,728	0,824	0,784
D	0,288	0,263	0,246	0,257
N0	10	10	7	7
N1	4,7	5,3	5,0	4,6
N2	3,5	3,8	4,1	3,9

R: Riqueza, H: Diversidad (Shanon-Weiner), J: uniformidad (Pielou), D: Dominancia (Simpson); N0: Riqueza verdadera; N1: Número de taxones abundantes; N2: Número de taxones muy abundantes.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

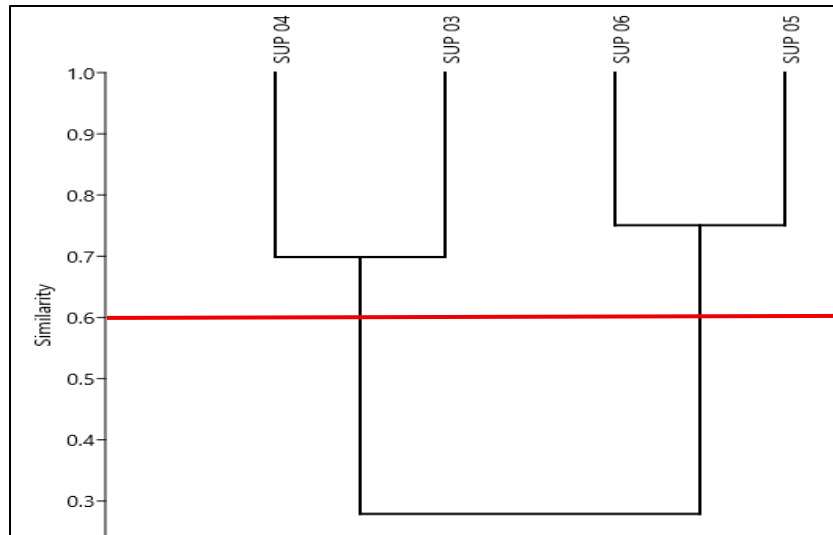
#### ◇ Diversidad beta

Para la comunidad perifítica, se observaron agrupaciones con alta similaridad (mayor o igual al 60%), entre los puntos SUP\_04 y SUP\_03 así como SUP\_06 y SUP\_05 (Figura 3-21), siendo comunes la presencia de los géneros *Eunotia*, *Navicula* y *Pinnularia*. Dichos

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	39

géneros son indicadores de cuerpos de agua con concentraciones intermedias a altas de nutrientes y aguas ligeramente ácidas.

**Figura 3-21 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para perifiton – Época seca**



Ind. Coh: 0,989

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

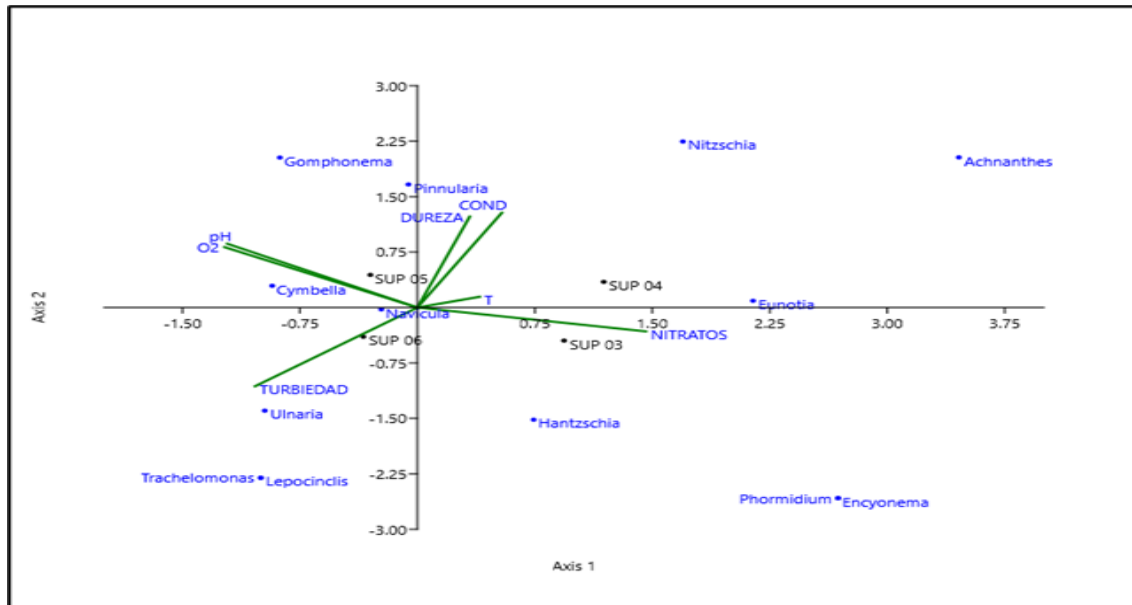
- Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)**

Para el perifiton, los ejes 1 y 2 explican el 83,53% de la variabilidad observada en la comunidad, encontrando relaciones entre: *Cymbella* y *Navicula* con las variables Turbiedad, pH y oxígeno en el punto SUP\_05 y SUP\_06. Por otro lado, se relaciona *Eunotia* con los nitratos en los puntos SUP\_04 y SUP\_03 (Figura 3-22), lo cual se relaciona con las características de estos taxones ya que son comunes en aguas con pH ácido y turbulencia.

Lo anterior, indicando que las abundancias de dichos géneros se ven influenciadas por los parámetros mencionados de forma positiva o negativa. Estas relaciones van acordes con la bioindicación teórica hallada para estos géneros, los cuales presentan cierto grado de tolerancia a condiciones oligotróficas a mesotróficas, con presencia de sólidos y cierta carga de materia orgánica de origen natural.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	40

Figura 3-22 Correspondencia canónica de perifiton – Época seca



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

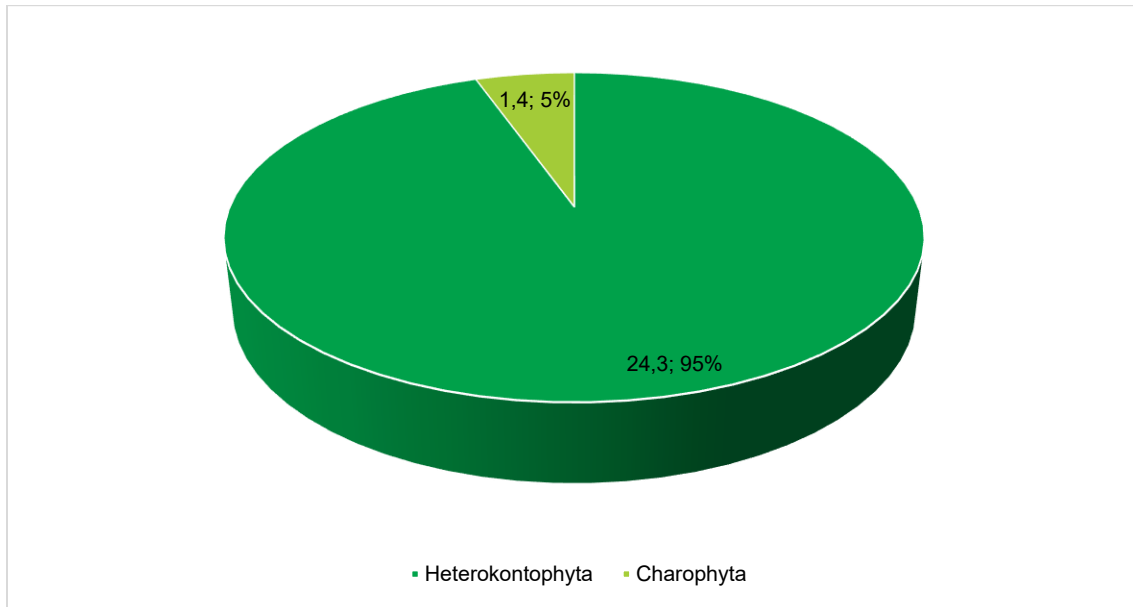
### 3.3.2.2.3.2 Época Lluvias

- **Composición y estructura**

El ensamble perifítico estuvo compuesto por cinco taxones, cinco familias y dos clases pertenecientes a dos phylum. El phylum Heterokontophyta reportó una riqueza de cuatro taxones y Charophyta con uno. Por otro lado, Heterokontophyta fue la más abundante, con una densidad total de 24,3 Ind/cm<sup>2</sup> (94,55%) y Charophyta con 1,4 Ind/cm<sup>2</sup> (5,45%) (Figura 3-23). En la Tabla 3-14 se presenta la taxonomía y densidad total de los taxones reportados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	41

**Figura 3-23 Densidad general de la comunidad de perifiton – Época llluvias**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

**Tabla 3-14 Taxonomía y densidad de los taxones reportados del perifiton – Época llluvias**

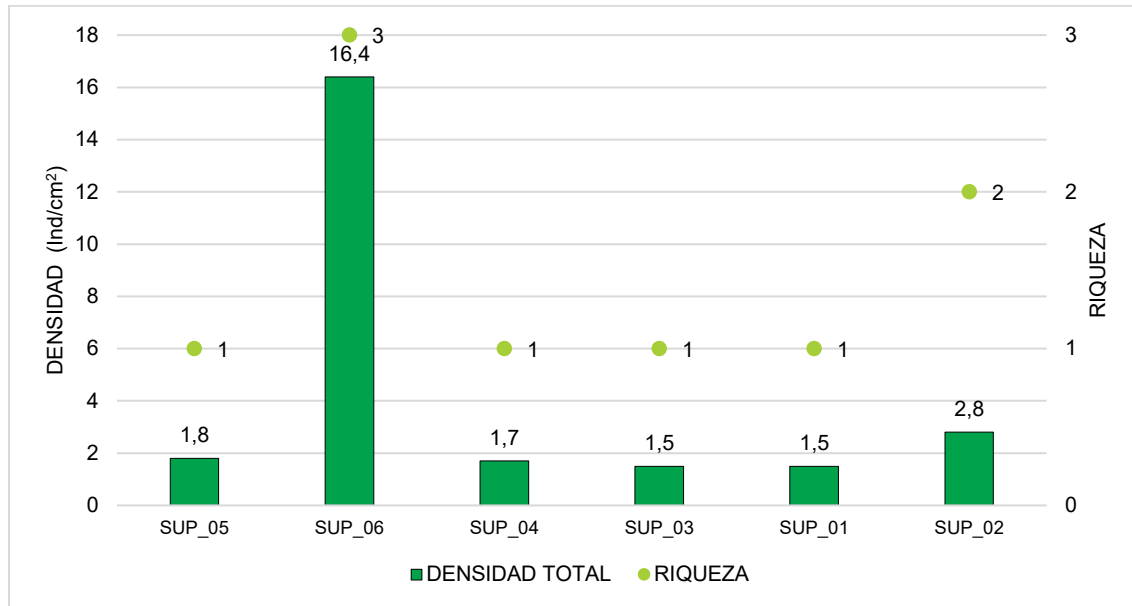
PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	DENSIDAD Ind/cm <sup>2</sup>
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium morfoespecie 1</i>	1,4
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema morfoespecie 1</i>	6
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia morfoespecie 1</i>	8,9
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula morfoespecie 1</i>	1,7
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia morfoespecie 1</i>	7,7

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Por otro lado, la Figura 3-24 muestra la distribución de las densidades y riquezas entre todos los puntos evaluados, señalando los mayores valores en SUP\_06. Por otro lado, la menor densidad y riqueza se halló en SUP\_03 y SUP\_01. Estas variaciones se deben posiblemente a las condiciones observadas en el cuerpo de agua, donde se presentó alta turbiedad y pocas concentraciones de nutrientes, así como un lecho bastante homogéneo, sin la presencia de sustratos sólidos donde se puedan arraigar las algas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	42

**Figura 3-24 Densidad y riqueza de la comunidad de perifiton en los puntos monitoreados – Época lluvias**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Heterokontophyta fue el grupo más abundante y frecuente en cada cuerpo de agua, con riquezas entre uno y tres taxones en los sitios, reportando porcentajes de abundancia relativa de 50% (SUP\_02) y 100% (Figura 3-25), siendo en estos últimos los únicos organismos de este grupo y con baja riqueza. Dentro de este grupo se identificaron cuatro taxones, siendo los más representativos *Eunotia* con una densidad de 8,9 Ind/cm<sup>2</sup> seguida de *Pinnularia* (7,7 Ind/cm<sup>2</sup>).

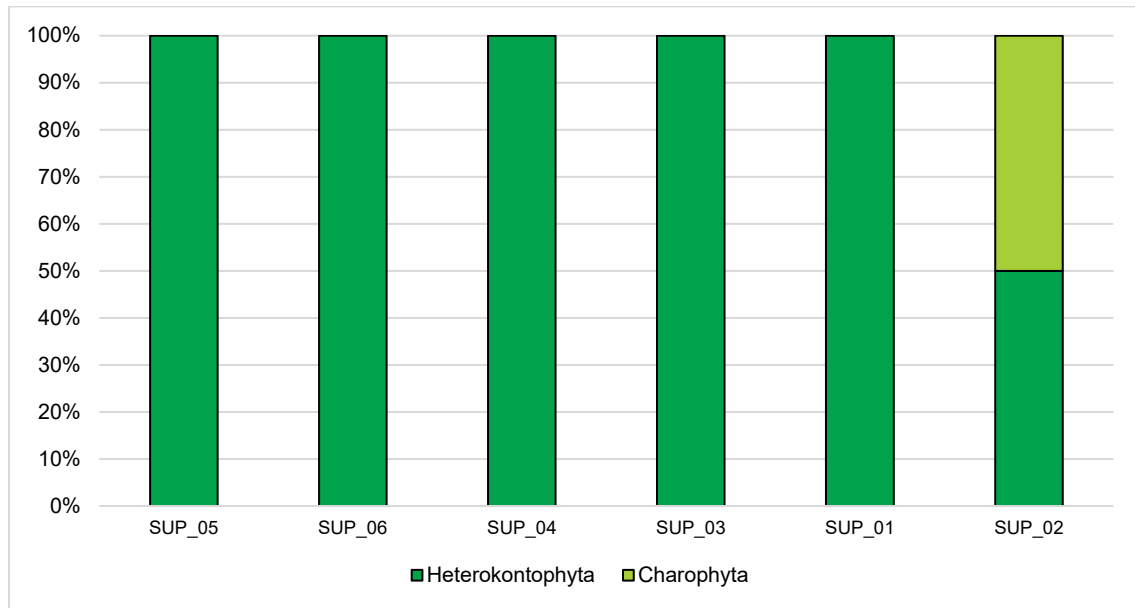
De acuerdo a la bioindicación de los taxones más abundantes, se observa que *Pinnularia* es un género bentónico muy común que vive sobre piedras y sedimentos principalmente en agua dulce, a menudo son abundantes especialmente en aguas ácidas (Van Vuuren 2006) como en los sitios P2 y P13 donde el pH fue ácido y se determinó presenta de nutrientes. Por su parte, *Eunotia* la cual está ampliamente distribuida, indicadora de aguas oligotróficas y pH ácido (Van Vuuren 2006).

Por su parte, Charophyta fue reportada únicamente en el punto SUP\_02, mostrando porcentajes de abundancia relativa de 50% (Figura 3-25). Dentro de esta se identificó un

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	43

solo género: *Closterium*, comunes en aguas estancadas, pero también ocurre con frecuencia en arroyos de pH neutro o bajo (Van Vuuren 2006), lo cual es similar a lo observado en los cuerpos de agua.

**Figura 3-25 Abundancia relativa de la comunidad de perifiton – Época lluvias**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

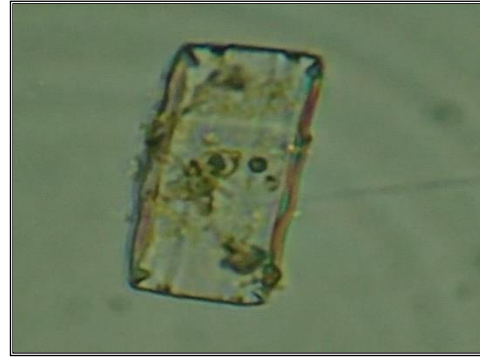
De forma general, se observa una comunidad típica de ambientes continentales, destacando a Heterokontophyta como la más representativa y abundante. Se identificaron organismos generalistas, indicadores de aguas con pH ácido, desde oligotróficas a eutróficas.

A continuación, se observa el registro de algunas de las morfoespecies identificadas en laboratorio.

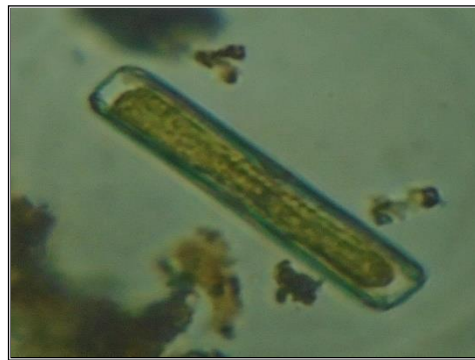
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	44



Fotografía 3-23 *Closterium* morfoespecie 1



Fotografía 3-24 *Eunotia* morfoespecie 1



Fotografía 3-25 *Pinnularia* morfoespecie 1

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

- **Índices de diversidad**

- ◊ **Diversidad alfa**

El índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ), es un estimativo de la diversidad biológica del ecosistema, en la mayoría de los ecosistemas naturales su valor varía entre 0,5 y 5, estando normalmente entre 2 y 3, en los que valores menores a 2 reflejan una diversidad baja y valores mayores a 3 representan una alta diversidad biológica. Los valores de uniformidad y dominancia están relacionados y se espera que a mayor dominancia se presente una menor uniformidad, ambos índices fluctúan en un rango de 0 a 1, en los que valores cercanos a 1 representan alta dominancia y uniformidad.

Para el perifíton, se realizó la estimación de los índices únicamente en el punto SUP\_06, presentando una diversidad baja, con valor de 1,04 (Tabla 3-15). Estas diversidades estuvieron acompañadas de valores de uniformidad (Pielou) cercanos a uno, con resultados de dominancia (Simpson) menores de 0,5 indicando que la comunidad presenta una distribución uniforme de las densidades reportadas, sin presión por recursos. En lo que

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	45

respecta a la diversidad verdadera (números de Hill), se observó que, a partir de la riqueza, el número efectivo de especies muy abundantes (N2) se redujo ligeramente, mostrando riquezas menores (Tabla 3-15), corroborando las diversidades de Shannon halladas.

**Tabla 3-15 Índices de diversidad calculados para perifiton – Época lluvias**

ÍNDICES	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03	SUP_01	SUP_02
R	1	3	1	1	1	2
H		1,04				
D		0,37				
J		0,94				
N0		3				
N1		2,82				
N2		2,7				

R: Riqueza, H: Diversidad (Shanon-Weiner), J: uniformidad (Pielou), D: Dominancia (Simpson); N0: Riqueza verdadera; N1: Número de taxones abundantes; N2: Número de taxones muy abundantes.

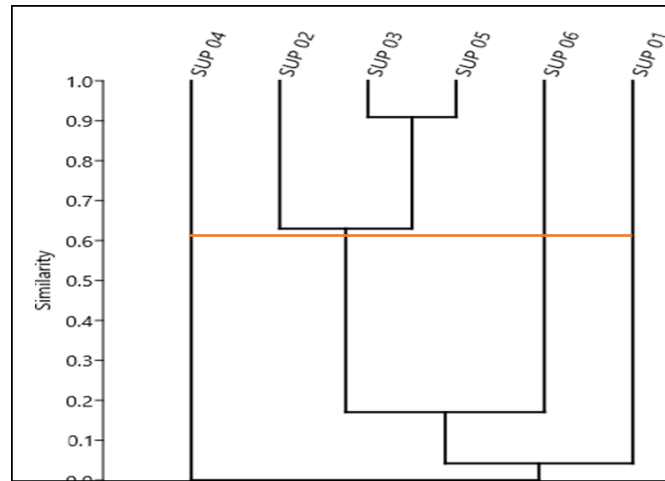
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

#### ♦ Diversidad beta

Para la comunidad perifítica, se observó una agrupación entre los puntos SUP\_03 y SUP\_05 (Figura 3-26), donde se reportó únicamente el género *Pinnularia*, el cual es indicador de cuerpos de agua con pH ácido.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	46

**Figura 3-26 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para perifiton – Época lluvias**



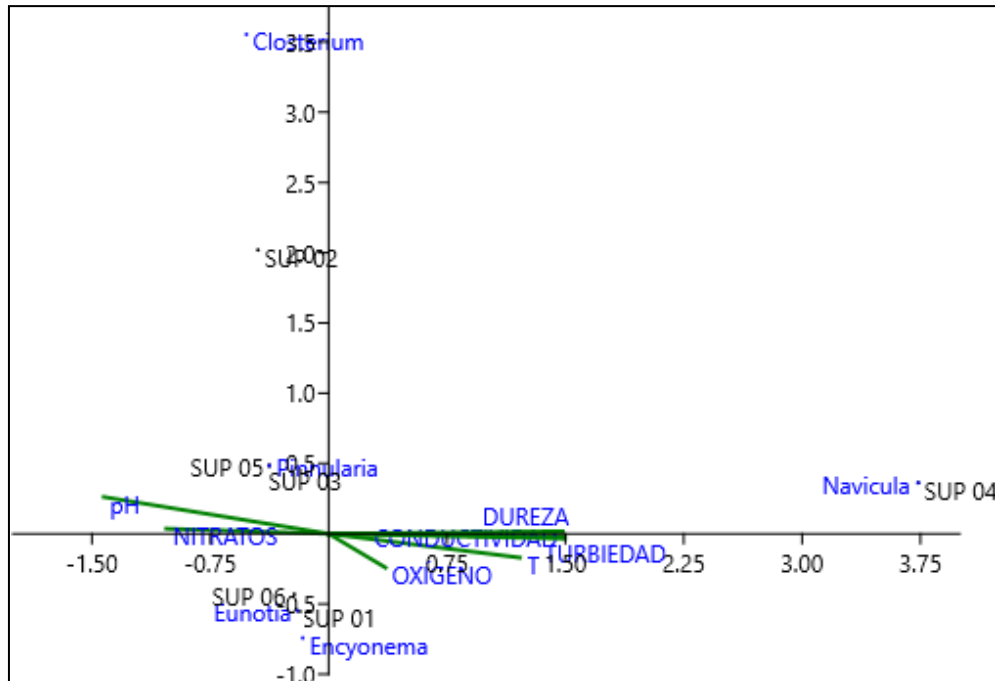
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

- Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)**

Para el perifiton, los ejes 1 y 2 explican el 85,66% de la variabilidad observada en la comunidad, encontrando relaciones entre: *Pinnularia* con la variable pH y nitratos en el punto SUP\_06 y SUP\_03 (Figura 3-27), lo cual se relaciona con las características de estos taxones ya que son comunes en aguas con pH ácido y nutrientes. Lo anterior, indicando que las abundancias de dichos géneros se ven influenciadas por los parámetros mencionados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	47

Figura 3-27 Correspondencia canónica de perifiton – Época Lluvias



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

#### 3.3.2.2.4 Macroinvertebrados bentónicos

Según Roldán (2003) los macroinvertebrados acuáticos se encuentran subdivididos en tres (3) comunidades específicas, conocidas como neuston, neuston y bentos. La palabra Bentos proviene de la raíz griega “benthos” que significa profundidad e incluye a todos los organismos asociados directamente al fondo de los cuerpos de agua. El neuston son todos aquellos organismos que viven en la superficie del agua, caminando, patinando o brincando, sus uñas, sus patas, y su exoesqueleto están cubiertos por una especie de cera que los hace impermeables al agua, así que, en vez de hundirse, más bien logran curvar la superficie. El neuston son los organismos que pueden nadar libremente de la misma forma que los peces (Roldán & Ramírez, 2008).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos		
			Código Proyecto PO-CO-2024-008	Ver: 01	48

### 3.3.2.2.4.1 Época seca

- **Composición y estructura**

La comunidad béntica estuvo compuesta por tres taxones y una familia del orden Diptera con un total de 94,4 Ind/m<sup>2</sup>. El orden Díptera se halló en dos puntos de monitoreo, con tres morfoespecies de la familia Chironomidae, frecuentemente hallados en sistemas lénticos como charcas y lagos, con moderadas a altas concentraciones de nutrientes (mesoeutróficos), derivados de la descomposición de materia orgánica presente (Wolf 1988). Sin embargo, la presencia de estos organismos en los sitios evaluados no fue significativa, hallándose la mayor densidad en el punto SUP\_04 posiblemente debido a que este presentó abundante hojarasca en descomposición en el lecho. En la Tabla 3-16 se presenta la taxonomía y densidad total de los taxones reportados.

**Tabla 3-16 Taxonomía y densidad de los taxones reportados de macroinvertebrados bentónicos – Época seca**

CLASE	ORDEN	ESPECIE	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03
Insecta	Diptera	Chironomidae Morfoespecie 1			5,6	3,3
Insecta	Diptera	Chironomidae Morfoespecie 2			84,4	
Insecta	Diptera	Chironomidae Morfoespecie 3				1,1
DENSIDAD TOTAL					90	4,5

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

De forma general, la comunidad béntica estuvo conformada por organismos indicadores de aguas con carga orgánica, posiblemente originada por la descomposición de la hojarasca y demás residuos vegetales que ingresan a los cauces. Por otra parte, se determinó una baja abundancia y riqueza de organismos, debido posiblemente a las condiciones propias de los cuerpos de agua evaluados, que permitirían el desarrollo de ciertos grupos tolerantes a las condiciones presentes.

A continuación, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies reportadas para esta comunidad.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	49



Fotografía 3-26 Subfamilia Chironominae



Fotografía 3-27 Subfamilia Tanypodinae



Fotografía 3-28 Subfamilia Orthoclaadiinae

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	50

- **Índices de Diversidad**

Debido a la baja riqueza registrada en los sitios de muestreo y a la ausencia de datos cuantitativos en dos de los cuatro puntos evaluados (SUP 05 y SUP 06), no se realizaron los cálculos de los índices ecológicos de diversidad (alfa), similaridad de Bray-Curtis (beta) ni análisis multivariados como la correspondencia canónica. Únicamente los sitios SUP 03 y SUP 04 presentaron valores de densidad atribuibles a tres morfoespecies de *Chironomidae*, lo cual representa una comunidad escasamente diversa y con muy poca representatividad taxonómica para realizar comparaciones ecológicas robustas. Esta limitación en la riqueza y abundancia impide obtener resultados estadísticamente válidos y ecológicamente interpretables, especialmente en contextos de evaluación del impacto ambiental o diferenciación entre condiciones de ocupación y posición aguas arriba/abajo.

#### 3.3.2.2.4.2 Época Lluvias

- **Composición y estructura**

La comunidad béntica estuvo compuesta por 12 taxones, 10 familias y seis órdenes. El orden Diptera reportó siete taxones y una densidad total de 39,9 Ind/m<sup>2</sup> (40,43%); por otro lado, el orden Coleóptera fue representado por un taxón y una densidad total de 1,1 Ind/m<sup>2</sup> (1,11%), Hemiptera y Trichoptera con 1,1 Ind/m<sup>2</sup> (1,11%) y Ephemeroptera con 53,3 Ind/m<sup>2</sup> (54%), por último, Nematoda con 2,2 Ind/m<sup>2</sup> (2,23%) (Figura 3-28). En la Tabla 3-17 se presenta la taxonomía y densidad total de los taxones reportados.

En cuanto a la distribución espacial, este ensamble fue reportado en cinco puntos de monitoreo, hallándose la mayor densidad en el punto SUP\_04 con 85,5 Ind/m<sup>2</sup> (Figura 3-29). De forma general, la mayoría de los puntos registró una densidad y riqueza baja, así como en algunos casos estuvo ausente (SUP\_01) (Figura 3-29), lo cual se puede atribuir a diversas condiciones ambientales, una de ellas la constituye el tipo de lecho presente influyendo directamente en la composición biológica de estos organismos, por ejemplo, en lechos blandos (arena y lodo) están los organismos que tienen adaptación para enterrarse, en este tipo de sustratos la diversidad suele ser pobre, inclusive nula, debido a la inestabilidad de este (Ramírez y Viña, 1998), condición que pudo ser observada en los cuerpos de agua, ya que muchos de estos presentaron lecho areno-arcilloso incluso limoso.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	51

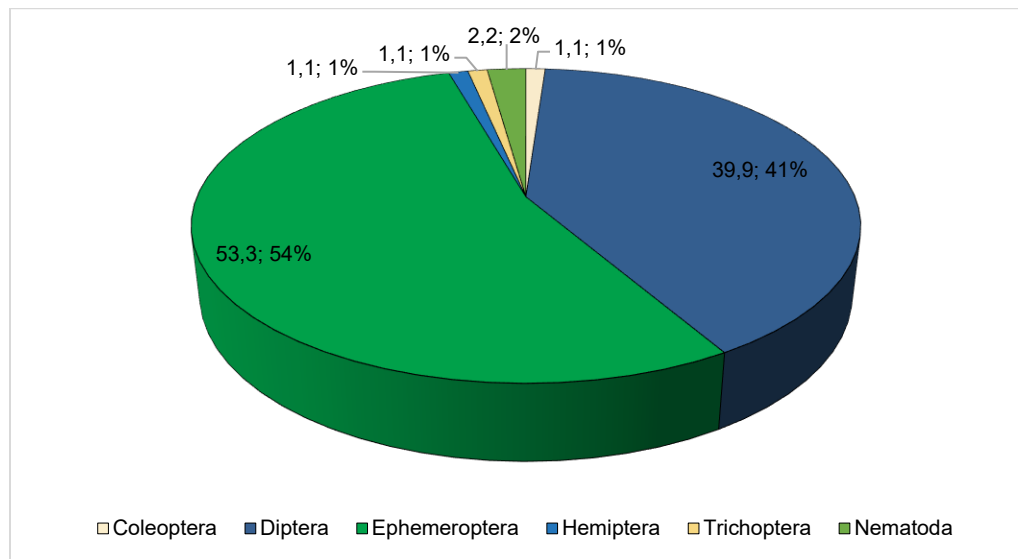
Otro factor puede ser la corriente, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en los sistemas lóticos de corrientes fuertes presentan una baja abundancia y diversidad, ya que están sujetos a continuos procesos de erosión (Roldán & Ramírez, 2008).

**Tabla 3-17 Taxonomía y densidad de los taxones reportados de macroinvertebrados bentónicos – Época Lluvias**

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	DENSIDAD (Ind/m <sup>2</sup> )
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Neelmis morfoespecie 1</i>	1,1
		Diptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia morfoespecie 1</i>	2,2
				<i>Probezzia morfoespecie 1</i>	2,2
			Chironomidae	<i>Chironomidae Morfoespecie 3</i>	26,7
				<i>Chironomidae Morfoespecie 5</i>	1,1
			Psychodidae	<i>Maruina morfoespecie 1</i>	3,3
			Simuliidae	<i>Simulium morfoespecie 1</i>	3,3
		Syrphidae	<i>Eristalis morfoespecie 1</i>	1,1	
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes morfoespecie 1</i>	53,3
		Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia morfoespecie 1</i>	1,1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea morfoespecie 1</i>	1,1		
Nematoda	Indeterminado	Indeterminado	<i>Nematoda morfoespecie 1</i>	2,2	

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

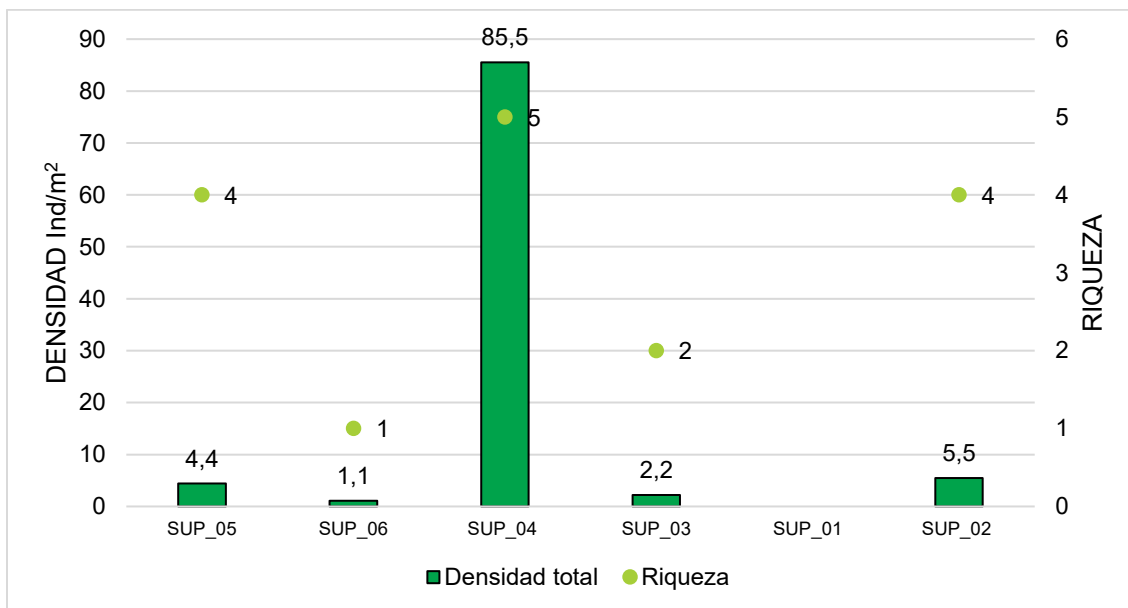
**Figura 3-28 Densidad general de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos – Época Lluvias**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

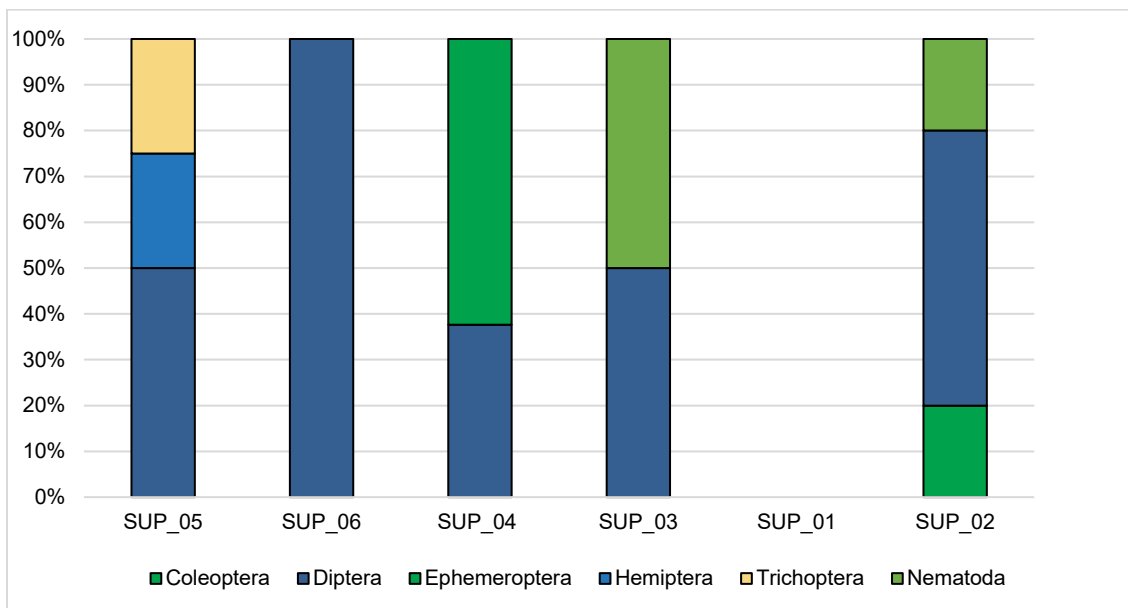
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	52

**Figura 3-29 Densidad y riqueza de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en los puntos monitoreados – Época llluvias**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

**Figura 3-30 Abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos – Época llluvias**



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	53

El orden Díptera se halló en cinco puntos de monitoreo, con riquezas entre uno y cuatro taxones por punto de muestreo y porcentajes de abundancia relativa entre 37,661% (SUP\_04) y 100% (SUP\_06) (Figura 3-30). Dentro de este grupo se identificaron siete taxones donde la familia Chironomidae fue la más abundante, frecuentemente hallados en sistemas lénticos como charcas y lagos, con moderadas a altas concentraciones de nutrientes (mesoeutróficos), derivados de la descomposición de materia orgánica presente (Roldán, 1988).

Ephemeroptera fue reportado únicamente en el punto SUP\_04 con porcentajes de abundancia relativa de 62,339% (Figura 3-30), representado por el género *Baetodes*, el cual es común en ambientes limpios y oxigenados (Roldán, 1988).

Por su parte, el orden Coleóptera estuvo presente únicamente en el punto SUP\_02, donde se identificó un género: *Neoelmis*. Por otro lado, registró un porcentaje de abundancia relativa de 20% (Figura 3-30). Estos organismos corresponden a escarabajos buceadores ampliamente distribuidos, siendo asociados en el neotrópico a sistemas acuáticos permanentes, de lecho arenoso y abundante vegetación acuática (Roldán, 1988), lo que se asemeja a lo descrito en este cuerpo de agua.

Por otro lado, el orden Trichoptera y Hemiptera fueron reportados en el punto SUP\_05, con porcentajes de abundancia relativa de 25,0% (Figura 3-30). Representados por *Smicridea* y *Rhagovelia* respectivamente, los cuales son indicadores de aguas limpias y oxigenadas (Pinilla, 2000).

Por último, el orden Nematoda se identificó en dos puntos, con porcentajes de abundancia relativa de 20% (SUP\_02) y 50% (SUP\_03) (Figura 3-30), siendo representado por un morfotipo los cuales viven en ambientes con carga orgánica y sedimentos (Roldán, 1988).

De forma general, la comunidad béntica estuvo conformada por organismos indicadores de aguas con carga orgánica, posiblemente originada por la descomposición de la hojarasca y demás residuos vegetales que ingresan a los cauces. Aunque también se reportaron taxones indicadores de aguas limpias y oxigenadas en algunos sitios. Por otra parte, de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	54

forma general se determinó una baja abundancia y riqueza de organismos, debido posiblemente a las condiciones propias de los cuerpos de agua evaluados, que permitirían el desarrollo de ciertos grupos tolerantes a las condiciones presentes.

A continuación, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies reportadas para esta comunidad.



Fotografía 3-29 Subfamilia Tanyptodinae



Fotografía 3-30 *Probetaia* morfoespecie 1



Fotografía 3-31 *Simulium* morfoespecie 1



Fotografía 3-32 *Neelmis* morfoespecie 1

- **Análisis de diversidad**

- ◊ **Diversidad alfa**

Para la comunidad bentónica, se realizó la estimación de los índices en tres puntos de monitoreo, presentando diversidades bajas con valores entre 0,896 y 1,386 resultados

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	55

asociados a las bajas riquezas y abundancias de organismos registradas (Tabla 3-18). Estas diversidades estuvieron acompañadas de valores de uniformidad (Pielou) cercanos a uno, con resultados de dominancia (Simpson) bajos indicando que la comunidad en los puntos evaluados presenta una distribución uniforme de las densidades reportadas, sin presión por recursos. Sin embargo, en el punto SUP\_04 la dominancia fue cercana a la uniformidad indicando que un taxón de la familia Chironomidae empieza a proliferar, debido a cambios en las características fisicoquímicas en el agua. En lo que respecta a la diversidad verdadera (números de Hill), se observó que, a partir de la riqueza, el número efectivo de especies muy abundantes (N2) se redujo ligeramente, mostrando riquezas menores (Tabla 3-18), corroborando las diversidades de Shannon halladas.

**Tabla 3-18 Índices de diversidad calculados para macroinvertebrados bentónicos –  
Época llluvias**

ÍNDICES	SUP_05	SUP_06	SUP_04	SUP_03	SUP_01	SUP_02
R	4	1	5	2		4
H	1,386		0,896			1,332
D	1		0,557			0,961
J	0,25		0,488			0,28
N0	4		5			4
N1	4		2,4			3,8
N2	4		2			3,6

R: Riqueza, H: Diversidad (Shanon-Weiner), J: uniformidad (Pielou), D: Dominancia (Simpson); N0: Riqueza verdadera; N1: Número de taxones abundantes; N2: Número de taxones muy abundantes.

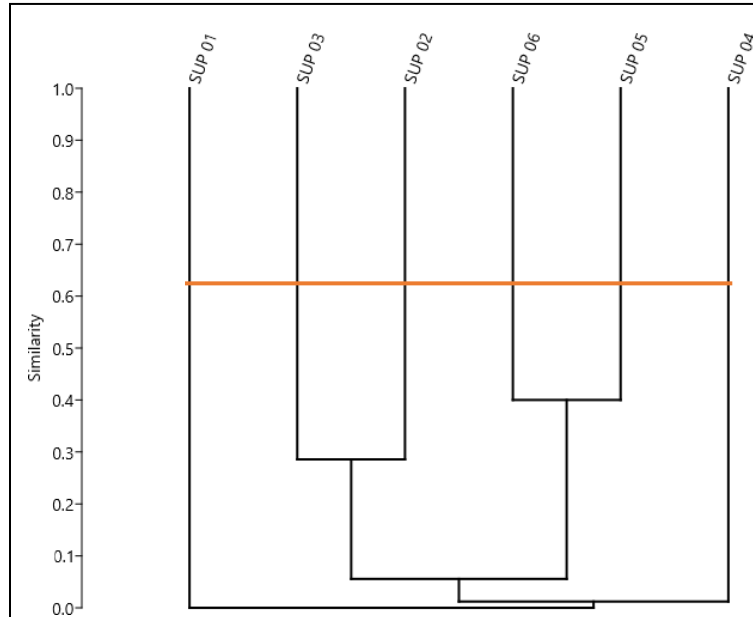
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

#### ◇ **Diversidad beta**

Para la comunidad bentónica no se observan similitudes (mayor o igual al 60%) entre las agrupaciones estimadas (Figura 3-31), señalando que la estructura y composición del ensamble es heterogéneo entre los puntos evaluados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	56

**Figura 3-31 Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para macroinvertebrados bentónicos – Época Lluvias**



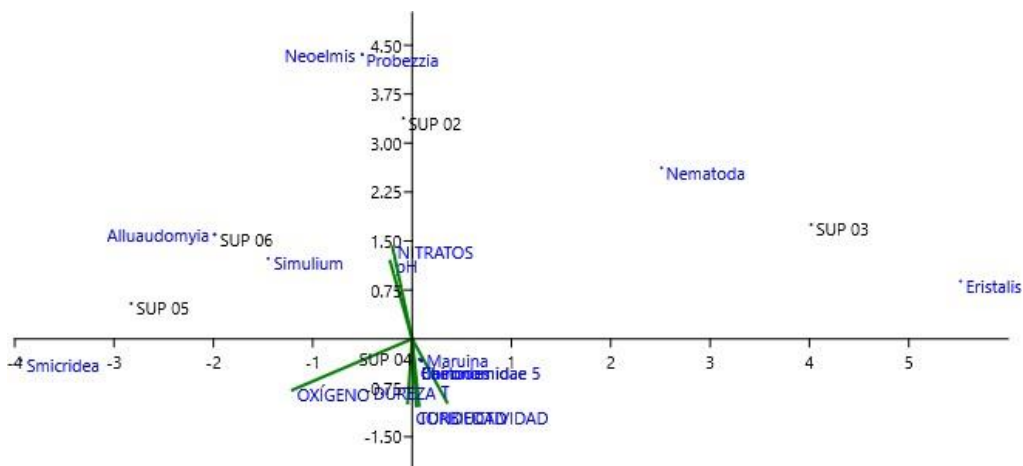
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

- Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)**

Para el perifiton, los ejes 1 y 2 explican el 71,29% de la variabilidad observada en la comunidad, mostrando una relación entre la turbiedad, dureza, conductividad y oxígeno con la familia Chironomidae y el género *Maruina* en el punto SUP\_04 (Figura 3-32). Estos taxones indican presencia de carga orgánica y aguas limpias respectivamente, por lo que es posible que esta es variable en los sistemas o no significativa.

**Figura 3-32 Correspondencia canónica de macroinvertebrados bentónicos – Época Lluvias**

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	57



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	58

### 3.3.2.2.5 Macroinvertebrados asociados a macrófitas

Los macroinvertebrados dulceacuícolas juegan papeles importantes dentro de básicamente todos los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos. Energéticamente, las cadenas alimentarias acuáticas se basan en material autóctono producido por las algas o bien material alóctono que entra al sistema acuático desde afuera. Los macroinvertebrados son un enlace importante para poder mover esta energía a diversos niveles tróficos de las cadenas alimentarias acuáticas (Roldán, Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, 2003).

#### 3.3.2.2.5.1 Época seca

En esta temporada climática no se obtuvieron resultados debido a la ausencia de macrófitas acuáticas en los cuerpos de agua evaluados. Esta carencia puede estar relacionada con factores ambientales y ecológicos específicos de la época seca, como la disminución del nivel del agua, la reducción de nutrientes disponibles o el aumento de las temperaturas, que pueden limitar el desarrollo y establecimiento de las macrófitas acuáticas.

#### 3.3.2.2.5.2 Época lluvias

Durante la época de lluvias, el ensamble de macroinvertebrados estuvo ausente en los puntos de muestreo. Esto está directamente relacionado con la falta de macrófitas en la fase acuática de los cuerpos de agua, lo que influye en el establecimiento de la comunidad.

Las macrófitas son esenciales para la estructuración de los ecosistemas acuáticos, ya que proporcionan hábitats y recursos alimenticios para diversas comunidades de organismos, incluidos los macroinvertebrados. Su ausencia influye en la disponibilidad de refugio y en las interacciones ecológicas necesarias para el establecimiento de dichas comunidades. Adicionalmente, la falta de cobertura vegetal podría haber reducido la capacidad de estos cuerpos de agua para retener nutrientes, generando condiciones menos favorables para la colonización por parte de organismos acuáticos.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	59

### 3.3.2.2.6 Macrófitas

Las macrófitas acuáticas corresponden a las plantas acuáticas que se ven a simple vista. Estas designan un grupo funcional de vegetales muy heterogéneo, que es considerado elemento clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos. Este grupo abarca organismos tan distintos como plantas vasculares acuáticas, briófitos, carófitos y algas filamentosas. Desde el punto de vista funcional, las macrófitas acuáticas pueden clasificarse en distintas categorías atendiendo a la relación de la especie con el medio en el que vive y a su forma de crecimiento: hidrófitos, aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas sumergidas o flotantes; helófitos, plantas acuáticas de lugares encharcados con la mayor parte de su aparato vegetativo (hojas, tallos y flores) emergentes e higrófitos, plantas que se sitúan sobre suelos húmedos en los bordes de los humedales, y que suelen acompañar a los helófitos.

Las plantas acuáticas o macrófitas, están representadas por todo aquel tipo de vegetación que habita en la zona litoral de lagos, embalses y ríos. Crecen en la zona de interfase agua tierra, sobre la superficie del agua o viven totalmente sumergidas (Roldán P. G., 1992). Generalmente se encuentran en aguas de escasa corriente y con altos contenidos de nutrientes, su densidad poblacional tiene relación con el área litoral, condiciones topográficas del terreno, velocidad de la corriente y nivel de trofia de las aguas. Estas plantas son importantes en la ecología de las aguas al proporcionar estabilidad del terreno y transformar los detritos en materia orgánica, siendo incorporada al cuerpo de agua y consecuentemente generando la vía trófica directa y su diversificación. Las macrófitas también generan microhábitats que albergan gran cantidad y variedad de fauna asociada (Ramírez & Viña, 1998).

#### 3.3.2.2.6.1 Época seca

Es importante destacar que en los puntos de muestreo en época seca no se encontraron macrófitas, lo cual podría estar relacionado con características geomorfológicas y las propiedades del sustrato en los cuerpos de agua evaluados. La ausencia de esta comunidad vegetal puede deberse a una interacción compleja de factores ambientales y ecológicos que influyen directamente en su establecimiento y desarrollo.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	60

Las macrófitas acuáticas son altamente dependientes de múltiples variables, entre ellas, la extensión del área litoral, que proporciona las condiciones óptimas de luz y temperatura necesarias para la fotosíntesis y el crecimiento. Además, las condiciones topográficas juegan un papel crucial, ya que determinan la profundidad y estabilidad del cuerpo de agua, factores clave para el enraizamiento y el anclaje de estas plantas. Por otro lado, el estado de eutrofización del agua influye directamente en la disponibilidad de nutrientes esenciales, como el nitrógeno y el fósforo, que son fundamentales para el desarrollo de estas comunidades vegetales (Roldán & Ramírez, 2008).

Desde una perspectiva ecológica, la geomorfología y el tipo de sustrato también determinan la capacidad de las macrófitas para colonizar un hábitat. Por ejemplo, sustratos arenosos o rocosos pueden limitar la retención de nutrientes y dificultar el enraizamiento, mientras que sustratos ricos en materia orgánica facilitan el establecimiento de estas plantas. Adicionalmente, en sistemas con geomorfologías más dinámicas, como corrientes rápidas o fluctuaciones significativas en los niveles del agua, la estabilidad de las macrófitas puede verse comprometida.

Por último, la ausencia de macrófitas no solo afecta la estructura vegetal del ecosistema, sino que también repercute en otros componentes bióticos y abióticos del sistema. Las macrófitas actúan como refugio, zonas de alimentación y áreas de reproducción para una amplia variedad de organismos acuáticos. Su ausencia puede desencadenar efectos en cascada, como la disminución de la biodiversidad y la alteración de los ciclos biogeoquímicos en el cuerpo de agua (Roldán & Ramírez, 2008).

#### 3.3.2.2.6.2 Época lluvias

Durante la época de lluvias esta comunidad estuvo presente en dos de los puntos de muestreo evaluados, reportando la presencia de tres taxones presentes en la interfase agua-tierra, pertenecientes a la familia Poaceae (Tabla 3-19).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	61

**Tabla 3-19 Porcentajes de cobertura de las macrófitas registradas**

FAMILIA	ESPECIE	SUP 05		SUP 06		SUP 04		SUP 03		SUP 01		SUP 02	
		IF	FA	IF	FA	IF	FA	IF	FA	IF	FA	IF	FA
Poaceae	<i>Digitaria</i> morfoespecie 1					33,33	0						
	Poaceae morfoespecie 1					20	0						
	<i>Panicum</i> morfoespecie 1											3,33	0

IF: interfase agua-tierra; FA: fase acuática

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

La familia Poaceae, comúnmente conocida como gramíneas, estuvo representada en el presente estudio por los géneros *Digitaria* y *Panicum*, así como por una morfoespecie no identificada a nivel de género (Tabla 3-19). Estas plantas están ampliamente distribuidas en ecosistemas de todo el mundo, desde selvas y bosques hasta pastizales donde pueden formar extensas coberturas. Se caracterizan por poseer hojas largas y estrechas que optimizan la captación de luz, y por su capacidad de desarrollarse en condiciones adversas, incluyendo suelos pobres en nutrientes, climas secos y temperaturas extremas (Giraldo, 2013).

En general, la cobertura vegetal observada fue escasa en la fase acuática, lo cual es coherente con las características morfológicas de los cuerpos de agua evaluados. Las macrófitas acuáticas suelen establecerse preferentemente en sistemas con mayor carga orgánica, orillas protegidas y remansos, condiciones poco frecuentes en ambientes lóticos de corriente continua o elevada (Ramírez & Viña, 1998). Además, su establecimiento depende de factores como la geomorfología del caño, el tipo de sustrato, la velocidad de la corriente y, en muchos casos, la turbidez del agua (Cirujano 2010).

**Debido a la baja riqueza y abundancia registradas en los sitios de muestreo, así como a la disponibilidad de datos en solo algunos puntos, no se realizaron los cálculos de índices ecológicos de diversidad, similaridad ni análisis multivariados como la correspondencia canónica. Tal como se observa en la Tabla 3-19, únicamente tres morfoespecies de Poaceae fueron registradas, restringidas a los sitios SUP 04 y SUP 02, con valores bajos de frecuencia absoluta (FA) e índice de frecuencia (IF). La**

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	62

escasa representación limita la posibilidad de establecer patrones claros de composición vegetal entre sitios aguas arriba y aguas abajo o entre niveles distintos de intervención antrópica.

A continuación, se presenta el registro fotográfico de las tres (3) macrófitas registradas en campo.



Fotografía 3-33 *Digitaria* morfoespecie 1



Fotografía 3-34 Poaceae morfoespecie 1



Fotografía 3-35 *Panicum* morfoespecie 1

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

### 3.3.2.2.7 Ictiofauna

Al igual que la mayoría de comunidades biológicas, los peces dependen ampliamente de las condiciones medioambientales tanto bióticas como abióticas, bien sea marinos o continentales, lóticos o lénticos, los ambientes no son uniformes tanto espacial como temporalmente por lo que se han visto obligados a adaptarse a las fluctuaciones y condiciones que suceden naturalmente en el ecosistema (West King, 1996), desarrollando

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	63

diferentes adaptaciones en sus estructuras que les han permitido establecerse en casi todos los ambientes acuáticos, llegando a ser el grupo de mayor diversidad y abundancia de los vertebrados.

Todas las poblaciones ícticas están sometidas a diversas presiones de tipo ambiental y pesquero que inciden en la dinámica de las poblaciones según el grado de explotación y modificación de su ambiente (Gutiérrez, 2012). Un aspecto especialmente sensible a la variación de las condiciones medioambientales en la dinámica de la población es la reproducción ya que sobre ella influyen directamente factores como: condiciones fisicoquímicas, pulsos de inundación, oferta de alimento proveniente tanto de material alóctono como autóctono del cuerpo de agua y sobrepesca (no se alcanza la talla de madurez reproductiva). Por lo tanto, cualquier alteración de un ecosistema acuático que albergue una comunidad íctica específica puede afectar la dinámica de las poblaciones y por lo tanto influir sobre su estructura, riqueza, abundancia y estabilidad (Goulding, 1980). Si la modificación de su ecosistema es drástica o su explotación carece de un manejo adecuado, estas poblaciones pueden reducirse y estar por abajo de la línea de reemplazo poblacional típica ya que las posibilidades de reproducción disminuirán y sus condiciones de crecimiento serán más lentas (Csirke, 1980).

Por ejemplo, al alterar drásticamente la configuración espacial de un cuerpo de agua (tipo de sustrato, vegetación adyacente, pendiente de la ribera, cauce, etc.) se afecta directamente la oferta de microhábitats naturales para la comunidad de peces, necesarios para el refugio, desove y alimentación de los diferentes estadios del ciclo de vida de las especies presentes en el cuerpo de agua, alterando la estructura de las diferentes poblaciones ícticas (Goulding, 1980). Lo anterior afecta directamente las tasas de reclutamiento de las poblaciones y su capacidad para permanecer en un cuerpo de agua intervenido, lo cual, dependiendo de la especie puede causar la migración de los individuos a otro lugar en busca de mejores condiciones o de lo contrario un detrimento de la población, llevándolas a estar amenazadas o en peligro (Mejía-Mojica, 2012). Por esta razón es necesario caracterizar los cuerpos de agua de interés y establecer la condición actual de las poblaciones ícticas de mayor importancia con el fin de generar un manejo adecuado en el área a intervenir.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	64

### 3.3.2.2.7.1 Especies potenciales

Para la zona de estudio, se destaca el trabajo de Restrepo-Santamaría y Álvarez-León (2011), los cuales crearon un listado de especies en base a una revisión bibliográfica exhaustiva, donde se referencian los estudios realizados en las cuencas de los 27 municipios de Caldas. Para el presente estudio se tomaron las especies más representativas del departamento, donde se registran 126 especies, de las cuales diecisiete (17) especies se encuentran en alguna categoría de amenaza, cinco (5) especies son endémicas para Colombia y trece (13) migratorias. También se pone en evidencia trece (13) especies de peces utilizados en piscicultura y (3) tres especies introducidas.

Dentro de las especies amenazadas se destacan *Prochilodus magdalenae* y *Pseudoplatystoma magdaleniatum* las cuales se encuentran en “peligro crítico”, *Ichthyoelephas longirostris* y *Sorubim cuspicaudus*, en “peligro”; *Curimata mivartii*, *Abramites eques*, *Genycharax tarpon*, *Salminus affinis*, *Hypostomus hondae* y *Plagioscion magdalenae* “vulnerable” (Tabla 5- 16).

Por otro lado, dentro de las especies migratorias se encuentran *Pimelodus blochii* con una “migración grande” (desplazamientos extensos mayores de 500 km hasta 3.000 km); *Prochilodus magdalenae*, *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, *Sorubim cuspicaudus*, *Pimelodus grosskopfii*, *Piaractus brachypomus*, *Colossoma macropomum*, *Salminus affinis* y *Plagioscion magdalenae* las cuales presentan “migración media” (distancia entre 100-500 km); por último *Saccodon dariensis*, *Leporinus muyscorum*, *Ageneiosus pardalis* y *Curimata mivartii* con una “migración corta” (desplazamientos de carácter local menores de 100 km) (Tabla 5- 16).

Por último, los autores reportan cinco especies endémicas exclusivas para Colombia: *Ichthyoelephas longirostris*, *Parodon caliensis*, *Carlastyanax aurocaudatus*, *Genycharax tarpon* y *Salminus affinis* (Tabla 5- 16). También se presentan especies introducidas con fines piscícolas en el departamento, entre las cuales se encuentran *Oncorhynchus mykiss*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus niloticus* y *Cyprinus carpio carpio* las cuales se utilizan como

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	65

sustento o con fines comerciales. Sin embargo, también se realiza el cultivo de especies nativas trasplantadas como *Piaractus brachypomus* y *Astronotus ocellatus*.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	66

Tabla 3-20 Ictiofauna potencial

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	IUCN	MIGRACIÓN*	LOCALIDAD		
Actinopteri	Acanthuriformes	Sciaenidae	<i>Plagioscion magdalenae</i>	Curbinata	Vulnerable	MM			
	Blenniiformes	Cichlidae	<i>Symphysodon aequifasciatus</i>	Disco azul			Introducida		
			<i>Geophagus steindachneri</i>	Mojarra, jacho			Nativa		
			<i>Astronotus ocellatus</i>	Oscar, apaiarí			Nativa piscícola trasplantada		
	Characiformes	Acestrorhamphidae		<i>Astyanax bimaculatus</i>				Nativa	
				<i>Astyanax caucanus</i>				Nativa	
				<i>Astyanax gisleni</i>				Nativa	
				<i>Astyanax microlepis</i>				Nativa	
				<i>Hyphessobrycon poecilioides</i>	Sardina	Casi amenazada			
		Anostomidae		<i>Leporinus muyscorum</i>	Sardina			MC	Nativa
				<i>Leporinus striatus</i>					Nativa
				<i>Abramites eques</i>	Totumito, bonito	Vulnerable			
		Bryconidae		<i>Brycon henni</i>	Sabaleta				Nativa
				<i>Brycon rubricauda</i>	Sardinata				Nativa
				<i>Salminus affinis</i>	Picuda, dorada	Vulnerable	MM		Endémica
		Characidae		<i>Astyanax fasciatus</i>	Rabicolorada				Nativa
				<i>Astyanax magdalenae</i>	Sabaleta, tolomba				Nativa
				<i>Bryconamericus caucanus</i>	Sardina				Nativa
				<i>Creagrutus cf. Nigrostigmatus</i>					Nativa
				<i>Cynopotamus magdalenae</i>	Chacha				Nativa
				<i>Hemibrycon cf. Decurrens</i>					Nativa
				<i>Hemibrycon cf. dentatus</i>	Sardina				Nativa
				<i>Roebooides dayi</i>	Carecola				Nativa
				<i>Saccoderma hastata</i>					Nativa
			<i>Genycharax tarpon</i>		Vulnerable			Endémica	
	Crenuchidae		<i>Characidium fasciatum</i>	Sardinita				Nativa	
	Ctenoluciidae		<i>Ctenolucius hujeta</i>	Aguja				Nativa	
	Curimatidae	<i>Curimata mivartii</i>	Vizcaina	Vulnerable	MC				
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	Moncholo				Nativa		
	Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus cf. Maculatus</i>					Nativa		
Parodontidae		<i>Parodon suborbitalis</i>	Mazorco				Nativa		
		<i>Saccodon dariensis</i>	Rayado, rollizo			MC	Nativa		
		<i>Parodon caliensis</i>	Corunta, rollizo	Casi amenazada			Endémica		

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	IUCN	MIGRACIÓN*	LOCALIDAD
		Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas longirostris</i>	Pataló, jetudo	En peligro		Endémica
			<i>Prochilodus magdalenae</i>	Bocachico	En peligro crítico	MM	
		Serrasalminidae	<i>Piaractus brachypomus</i>	Cachama blanca		MM	Nativa piscícola trasplantada
			<i>Colossoma macropomum</i>	Cachama negra	Casi amenazada	MM	
		Stevardiidae	<i>Argopleura conventus</i>				Nativa
			<i>Argopleura diquensis</i>	Sardinita			Nativa
			<i>Argopleura magdalenensis</i>				Nativa
			<i>Creagrutus affinis</i>				Nativa
			<i>Creagrutus brevipinnis</i>	Sardina			Nativa
			<i>Creagrutus caucanus</i>	Sardina			Nativa
			<i>Creagrutus magdalenae</i>	Tota			Nativa
			<i>Gephyrocharax caucanus</i>	Sardina			Nativa
			<i>Gephyrocharax melanocheir</i>	Tota			Nativa
			<i>Hemibrycon boquiae</i>				Nativa
		<i>Carlasyanax aurocaudatus</i>	Sardina	Casi amenazada		Endémica	
	<i>Microgenys minuta</i>	Sardina	Casi amenazada				
	Triporthidae	<i>Triporthus magdalenae</i>	Arenca			Nativa	
	Cyprinodontiformes	Cyprinidae	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Carpa cabezona			Introducida piscícola
			<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa			Introducida piscícola
		Poeciliidae	<i>Xiphophorus helleri</i>	Espada, coliespada			Introducida
			<i>Xiphophorus maculatus</i>	Platy			Introducida
		Rivulidae	<i>Rivulus elegans</i>				Nativa
			<i>Rivulus magdalenae</i>				Nativa
	Gymnotiformes	Apteronotidae	<i>Apteronotus rostratus</i>	Perra			Nativa
		Sternopygidae	<i>Eigenmannia virescens</i>	Anguila			Nativa
			<i>Sternopygus aequilabiatus</i>	Caloche			Nativa
	Perciformes	Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	Blackbass			Introducida piscícola
Cichlidae		<i>Aequidens latifrons</i>				Nativa	
		<i>Aequidens pulcher</i>	Luminosa			Nativa	
		<i>Caquetaia umbrifera</i>	Mojarra negra			Nativa	
		<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia aurea			Introducida piscícola	
		<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia mosambica			Introducida piscícola	

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	IUCN	MIGRACIÓN*	LOCALIDAD		
			<i>Oreochromis niloticus niloticus</i>	Mojarra plateada			Introducida piscícola		
			<i>Oreochromis spp</i>	Tilapia roja			Introducida piscícola		
			<i>Oreochromis urolepis hornorum</i>	Tilapia			Introducida piscícola		
			<i>Thorichthys meeki</i>	Boca de fuego			Introducida piscícola		
			<i>Tilapia rendalli</i>	Tilapia herbívora			Introducida piscícola		
			<i>Tropheops gracilior</i>	Amarillo			Introducida piscícola		
	Salmoniformes	Salmonidae		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arco iris			Introducida piscícola	
		Salmonidae		<i>Salvelinus fontinalis</i>	Trucha de arroyo			Introducida piscícola	
	Siluriformes	Aspredinidae		<i>Bunocephalus colombianus</i>	Cachagua			Nativa	
				<i>Dupouyichthys sapito</i>	Sapito			Nativa	
		Astroblepidae		<i>Astroblepus chapmani</i>	Pez negro, negrito				Nativa
				<i>Astroblepus chotae</i>					Nativa
				<i>Astroblepus cyclopus</i>	Pez negro, negrito				Nativa
				<i>Astroblepus grixalvii</i>	Pez negro, negrito				Nativa
				<i>Astroblepus homodon</i>					Nativa
				<i>Astroblepus longifilis</i>	Pez negro, negrito				Nativa
				<i>Astroblepus nicefori</i>	Pez negro, negrito				Nativa
		<i>Astroblepus trifasciaus</i>					Nativa		
		Auchenipteridae		<i>Ageneiosus pardalis</i>			MC	Nativa	
		Cetopsidae		<i>Cetopsis othonops</i>				Nativa	
		Heptapteridae		<i>Cetopsorhamdia boquillae</i>	Negrito				Nativa
				<i>Cetopsorhamdia molinae</i>					Nativa
				<i>Cetopsorhamdia nasus</i>	Bobito				Nativa
<i>Imparfinis nemacheir</i>	Bagresito						Nativa		
<i>Pimelodella chagresi</i>							Nativa		
<i>Rhamdia quelen</i>	Barbudo negro						Nativa		
<i>Pimelodella macrocephala</i>	Micudo, chiribí	Casi amenazada							
Loricariidae		<i>Ancistrus centrolepis</i>	Corroncho				Nativa		
		<i>Chaetostoma fischeri</i>	Corroncho				Nativa		
		<i>Chaetostoma leucomelas</i>	Corroncho				Nativa		
		<i>Chaetostoma marginatum</i>	Guacuco				Nativa		
			<i>Chaetostoma milesi</i>	Corroncho			Nativa		

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	IUCN	MIGRACIÓN*	LOCALIDAD
			<i>Chaetostoma thomsoni</i>				Nativa
			<i>Crossoloricaria variegata</i>				Nativa
			<i>Dasylicaria filamentosa</i>	Corroncho			Nativa
			<i>Lasiancistrus caucanus</i>	Corroncho			Nativa
			<i>Panaque cochliodon</i>	Corroncho			Nativa
			<i>Rineloricaria jubata</i>				Nativa
			<i>Rineloricaria magdalenae</i>	Corroncho			Nativa
			<i>Spatuloricaria curvispina</i>				Nativa
			<i>Spatuloricaria fimbriata</i>	Cucha			Nativa
			<i>Sturisoma aureum</i>				Nativa
			<i>Sturisomatichthys leightoni</i>	Corroncho			Nativa
			<i>Hypostomus ventromaculatus</i>	Cucha			Nativa
			<i>Hypostomus hondae</i>		Vulnerable		
		Pimelodidae	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	Bagre rayado	En peligro crítico	MM	
			<i>Sorubim cuspicaudus</i>	Blanquillo	En peligro	MM	
		Pimelodidae	<i>Pimelodus blochii</i>	Nicuro		MG	Nativa
			<i>Pimelodus grosskopfii</i>	Capaz, pujón		MM	Nativa
		Pseudopimelodidae	<i>Pseudopimelodus bufonius</i>	bagre sapo			Nativa
			<i>Paravandellia phaneronema</i>	Sanguijuela			Nativa
			<i>Trichomycterus banneai</i>				Nativa
			<i>Trichomycterus caliensis</i>	Lángara, jabón			Nativa
			<i>Trichomycterus cf knerii</i>				Nativa
			<i>Trichomycterus chapmani</i>				Nativa
			<i>Trichomycterus retropinnis</i>				Nativa
			<i>Trichomycterus stellatus</i>	Briola, anguila			Nativa
			<i>Trichomycterus stramineus</i>				Nativa
			<i>Trichomycterus striatus</i>	Guabina			Nativa
			<i>Eremophilus mutisii</i>	Capitán	Casi amenazada		
Chondrichthyes	Myliobatiformes	Potamotrygonidae	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Raya de río			Nativa

Fuente: Restrepo-Santamaría, D., & Álvarez-León, R. (2011). \*: Zapata y Usma, 2013, Modificado por CONSGA BIC S.A.S. 2025

### 3.3.2.2.7.2 Época seca

Por otra parte, aunque para la comunidad íctica no se encontraron organismos, esto no indicador de que no existan, ya que la presencia/ausencia de esta comunidad está relaciona con características geológicas (contenido de minerales y nutrientes en los suelos, sólidos, erosión), tasa de renovación del agua (velocidad, caudal), características morfométricas (forma o irregularidad del lecho, relación área superficial: profundidad), turbidez del agua y tipo de sustrato del sistema. Los factores de origen antropogénico pueden modelar la presencia de peces ya que modifican o varían de una u otra forma las condiciones de los ecosistemas en general (Ramírez & Viña, 1998).

**Debido a la ausencia de individuos colectados durante la época seca, no fue posible realizar los análisis correspondientes a diversidad alfa y beta**



Fotografía 3-36 Esfuerzo de pesca - Red de arrastre - Época seca



Fotografía 3-37 Esfuerzo de pesca - Atarraya - Época seca

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

### 3.3.2.2.7.3 Época llluvias

En cuanto a peces, no se reportaron organismos, lo cual puede ser atribuido a condiciones propias del sistema, como características geológicas (contenido de minerales y nutrientes en los suelos, sólidos, erosión), tasa de renovación del agua (velocidad, caudal), características morfométricas (forma o irregularidad del lecho, relación área superficial: profundidad), turbidez del agua y tipo de sustrato del río (Ramírez & Viña, 1998). Sin embargo, existen otros factores que pueden determinar el éxito de la captura de peces;

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos Ver: 01	71
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

tales aspectos están relacionados con condiciones biológicas, como el comportamiento y la reproducción, que juegan un papel importante porque determinan el desplazamiento de estos. La capacidad de movimiento propio les permite trasladarse en busca de condiciones ventajosas para su supervivencia (Ramírez & Viña, 1998).

**Debido a la ausencia de individuos colectados durante la época de lluvias, no fue posible realizar los análisis correspondientes a diversidad alfa y beta**



**Fotografía 3-38 Esfuerzo de pesca – Nasa -Época lluvias**

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2024.

### 3.3.2.2.8 Análisis multitemporal

Para el análisis de los grupos hidrobiológicos se tuvo en cuenta los parámetros fisicoquímicos tomados del *Capítulo 03.2.5.ABIOT(QAGUA)*.

#### 3.3.2.2.8.1 Fitoplancton

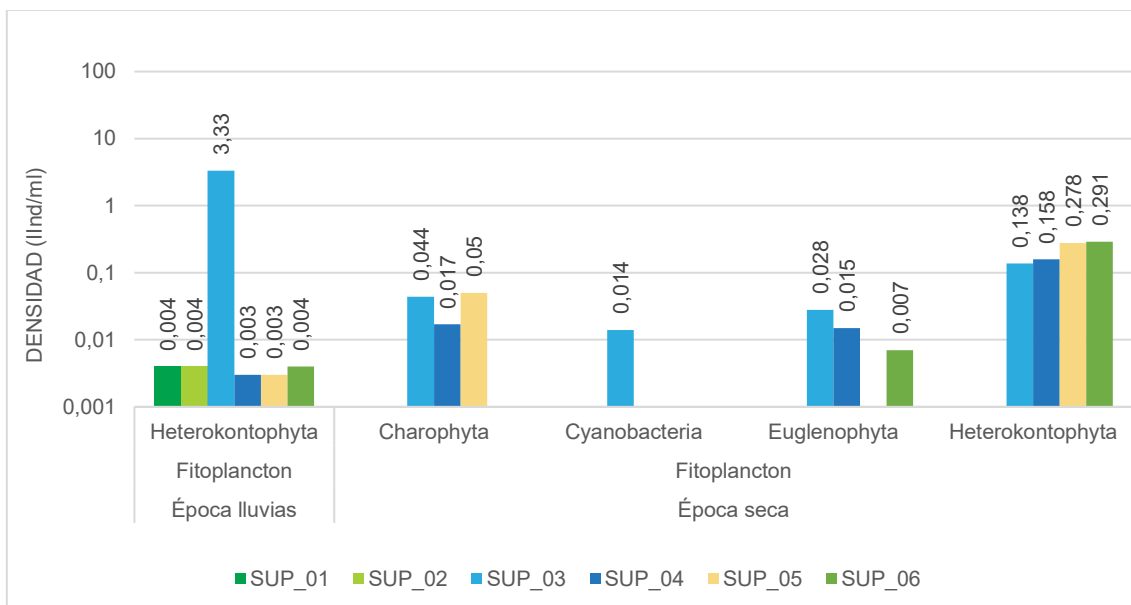
En la época seca, el fitoplancton estuvo dominado por el phylum Heterokontophyta seguido por Charophyta. Los géneros más relevantes, como *Pinnularia* y *Navicula*, fueron identificados como indicadores de aguas ácidas (pH 6,52-7,34 y acidez total <2,00mg/L) con niveles medios a altos de nutrientes (Fósforo total <0,150 mg/L y Nitrógeno Kjeldahl <5,00 mg/L). Estos organismos reflejan condiciones mesotróficas y cierta influencia de carga orgánica (DBO <2 mg O<sub>2</sub>/L y DQO <20 mg O<sub>2</sub>/L). Durante la época de lluvias, el fitoplancton estuvo compuesto exclusivamente por Heterokontophyta, pero presentó una notable reducción en su densidad y riqueza. Esto se atribuye a las corrientes más rápidas

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	72

y a las condiciones dinámicas del agua, que limitan la permanencia y el desarrollo de estas comunidades.

Durante la época de lluvias, Heterokontophyta presentó la mayor densidad, destacando en SUP\_04 con un valor de 33,33 ind/ml, mientras que en los demás sitios las densidades fueron bajas (0,003-0,004 Ind/ml). Charophyta alcanzó su máxima densidad en SUP\_05 (0,05 Ind/ml), con valores menores en SUP\_03 y SUP\_04, mientras que Cyanobacteria tuvo densidades bajas y uniformes, con un máximo de 0,014 Ind/ml en SUP\_04. En esta época, Euglenophyta no estuvo presente. En la época seca, Heterokontophyta mostró una distribución más homogénea, con densidades entre 0,138 y 0,291 ind/ml, alcanzando su mayor valor en SUP\_06. Euglenophyta fue relevante en esta época, destacando en SUP\_04 (0,028 Ind/mL) y con valores bajos en otros sitios (0,007-0,015 Ind/ml), mientras que Charophyta no se registró (Figura 3-33). Estas diferencias reflejan la dominancia de Heterokontophyta en ambas estaciones, con picos específicos asociados a la época de lluvias, probablemente influenciados por el ingreso de nutrientes y sedimentos por escorrentía. Asimismo, la mayor presencia de Euglenophyta en la época seca podría estar relacionada con condiciones con mayor concentración de materia orgánica.

**Figura 3-33 Análisis multitemporal fitoplancton**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	73

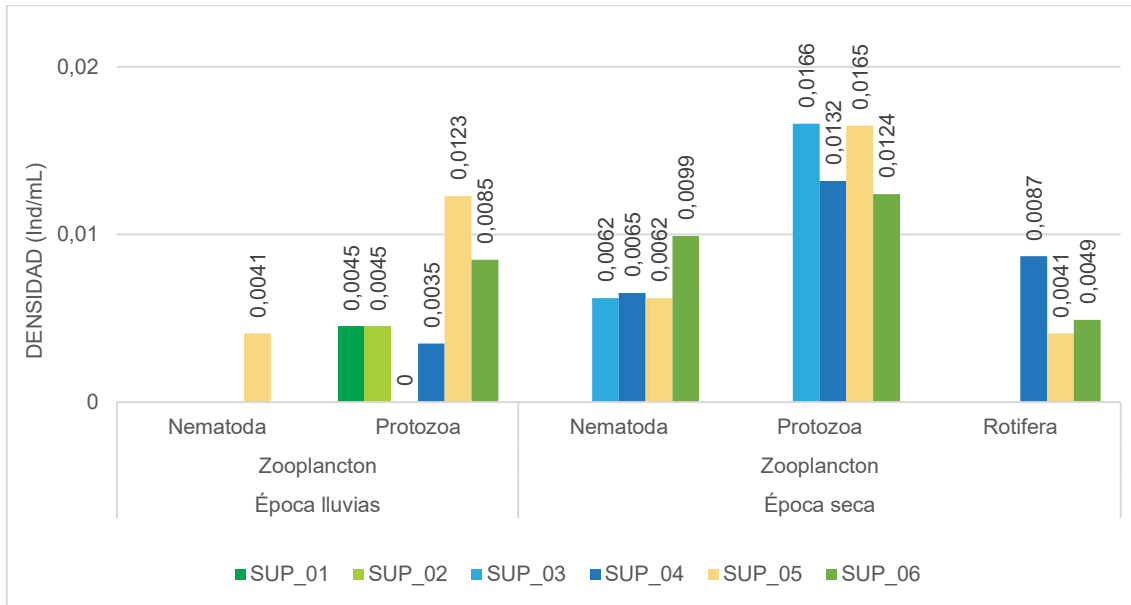
### 3.3.2.2.8.2 Zooplancton

La comunidad zooplanctónica estuvo estructurada por el phylum Protozoa, seguido por Nematoda y Rotifera. Estos organismos mostraron una baja diversidad, característica de sistemas lóticos donde las corrientes dificultan el asentamiento. La baja riqueza y abundancia durante ambas épocas refleja la influencia de las condiciones físicas del agua y la limitada disponibilidad de fitoplancton como recurso alimenticio.

Durante las lluvias, Protozoa destacó con su máxima densidad en SUP\_05 (0,0173 Ind/mL), mientras que, en otros puntos, como SUP\_03 y SUP\_04, los valores fueron menores (0,0035-0,0085 Ind/mL). Nematoda presentó densidades bajas y uniformes, oscilando entre 0,0041 y 0,0045 ind/mL, con ausencia en SUP\_04. En la época seca, Protozoa continuó siendo el grupo más abundante, con mayor representatividad en SUP\_04 y SUP\_05 (0,0166 ind/mL) y una distribución más uniforme en otros sitios. Nematoda mostró un leve incremento, con densidades entre 0,0062 y 0,0099 ind/mL, mientras que Rotifera, ausente en lluvias, se registró exclusivamente en la época seca, con valores bajos en SUP\_03 (0,0087 ind/mL) y SUP\_06 (0,0049 ind/mL) (Figura 3-34). Las diferencias observadas reflejan que las condiciones estacionales, como el flujo de agua y la disponibilidad de nutrientes, influyen significativamente en la composición y distribución del zooplancton. Durante la época seca, se registraron concentraciones de fósforo total inferiores a 0,150 mg/L y de nitrógeno Kjeldahl menores a 5,00 mg/L. Por otro lado, en la época de lluvias, las concentraciones de fósforo total también se mantuvieron bajas (<0,150 mg/L), mientras que el nitrógeno Kjeldahl fue generalmente inferior a 5,00 mg/L, con la excepción del sitio SUP\_03, donde alcanzó un valor de 15,7 mg/L. Estos patrones destacan a SUP\_04 y SUP\_05 como sitios clave para el desarrollo del zooplancton.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos Ver: 01	74
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

Figura 3-34 Análisis multitemporal zooplancton



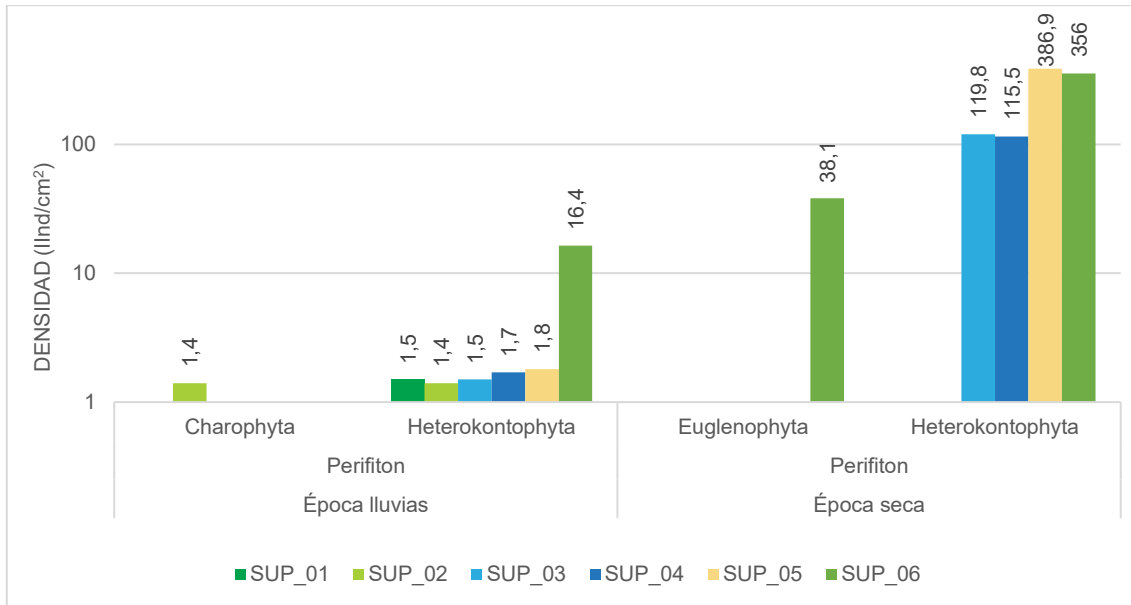
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

### 3.3.2.2.8.3 Perifiton

En la época seca, el perifiton mostró una alta representatividad del phylum Heterokontophyta (96,01%), con géneros como *Navicula*, *Cymbella* y *Eunotia*, que son indicadores de condiciones mesotróficas a eutróficas, con aguas moderadamente ácidas y ricas en nutrientes. Durante la época de lluvias, se observó una reducción significativa en la densidad y riqueza, aunque Heterokontophyta siguió siendo el grupo dominante. Los cambios en las condiciones hidrodinámicas, como el aumento del caudal y la turbiedad, parecen haber limitado el desarrollo de esta comunidad en comparación con la época seca. Durante las lluvias, Euglenophyta tuvo su mayor densidad en SUP\_01 (16,4 Ind/cm<sup>2</sup>), mientras que Heterokontophyta presentó valores bajos y uniformes entre 1,4 y 1,8 Ind/cm<sup>2</sup>, alcanzando su máximo en SUP\_05. Charophyta también mostró densidades bajas y constantes (1,4 Ind/cm<sup>2</sup>) en todos los sitios. En la época seca, Heterokontophyta destacó con un aumento significativo en todos los puntos, alcanzando un máximo de 386,9 ind/cm<sup>2</sup> en SUP\_05, mientras que Euglenophyta registró densidades moderadas, destacando en SUP\_01 (38,1 ind/cm<sup>2</sup>). Por su parte, Charophyta estuvo ausente en esta época (Figura 3-35).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	75

Figura 3-35 Análisis multitemporal perifiton



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

#### 3.3.2.2.8.4 Macroinvertebrados bentónicos

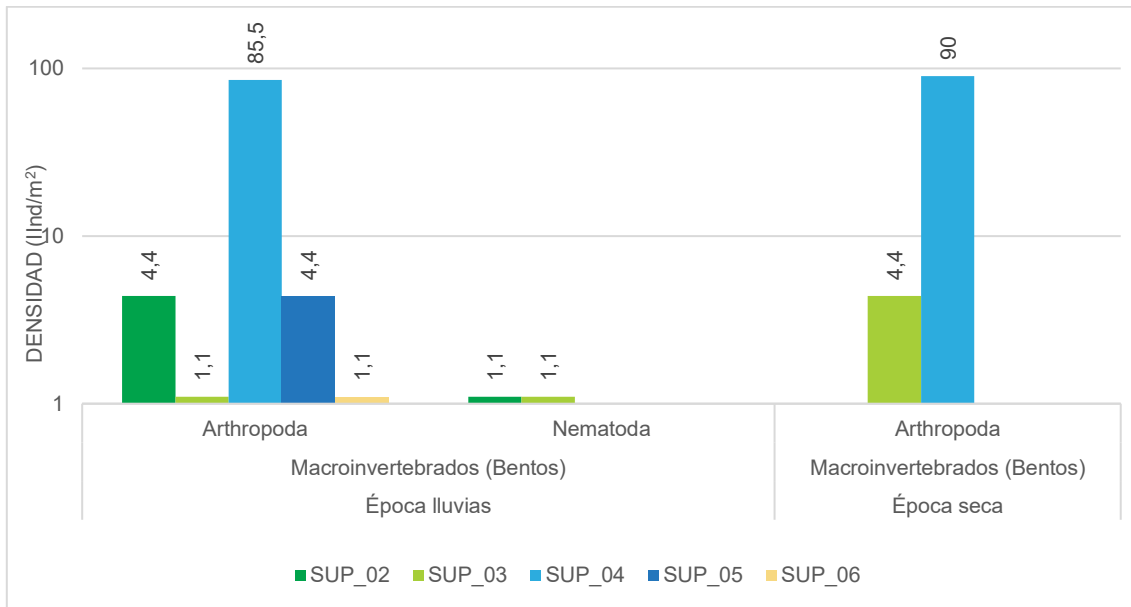
En la época seca, los macroinvertebrados bentónicos estuvieron representados por Chironomidae, una familia del orden Diptera, que es indicadora de ambientes con carga orgánica y sedimentos derivados de la descomposición de materia vegetal. Sin embargo, la comunidad mostró una baja riqueza y abundancia, influenciada por las características del lecho y la escurrentía. En la época de lluvias, se registró una mayor diversidad con 12 taxones pertenecientes a seis órdenes, destacando Diptera y Ephemeroptera. Estos resultados evidencian una mezcla de organismos asociados a ambientes con carga orgánica, caracterizados por valores de DBO5 inferiores a 2 mg O<sub>2</sub>/L y DQO menores a 20 mg O<sub>2</sub>/L. Sin embargo, se observó una excepción en el sitio SUP\_04, donde la DBO5 alcanzó 3,050 mg O<sub>2</sub>/L y la DQO 5080 mg O<sub>2</sub>/L. Estos datos sugieren la presencia de aguas limpias y bien oxigenadas en la mayoría de los sitios evaluados.

En la Figura 3-36, se observa la densidad de macroinvertebrados bentónicos registrada en ambas épocas, resaltando los phylum Arthropoda y Nematoda. Durante ambas estaciones, Arthropoda presentó la mayor densidad, alcanzando valores máximos en el sitio SUP\_04 (85,5 ind/ml en lluvias y 90 ind/ml en seca), mientras que en otros sitios su densidad fue

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	76

considerablemente menor, rondando los 4,4 Ind/ml. En contraste, Nematoda mostró densidades bajas y uniformes (1,1 ind/ml) en todos los sitios durante la época de lluvias y no se registró en la época seca. Estas diferencias reflejan que las condiciones ambientales favorecieron la proliferación de Arthropoda, especialmente en el sitio SUP\_04, mientras que Nematoda pareció menos tolerante a las características del hábitat.

**Figura 3-36 Análisis multitemporal macroinvertebrados bentónicos**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

### 3.3.2.2.8.5 Macroinvertebrados asociados a macrófitas

Durante la época seca, no se reportaron macroinvertebrados asociados a macrófitas debido a la ausencia de estas plantas en los puntos de muestreo. En la época de lluvias, aunque las macrófitas estuvieron presentes de forma limitada, no se registró la presencia de macroinvertebrados, lo que sugiere una dependencia directa de la cobertura vegetal para el establecimiento de estas comunidades.

### 3.3.2.2.8.6 Macrófitas

En la época seca, las macrófitas acuáticas estuvieron ausentes, lo que se relaciona con características geomorfológicas y condiciones adversas del sustrato y nivel del agua. En la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	77

época de lluvias, estas plantas estuvieron presentes de manera limitada en dos puntos de muestreo, destacando la familia Poaceae. Las fluctuaciones en el nivel del agua y la dinámica del flujo parecen ser factores determinantes para su establecimiento, especialmente en sistemas con remansos o corrientes suaves.

#### 3.3.2.2.8.7 Ictiofauna

En ambas épocas, no se registró presencia de peces en los puntos evaluados. Esto se atribuye a las características geomorfológicas de los cuerpos de agua, como bajos niveles de agua, alta turbidez y desconexión entre sistemas. Adicionalmente, factores biológicos, como el comportamiento y desplazamiento de las especies, también pudieron influir en la ausencia observada.

#### 3.3.2.2.9 **Relación de resultados entre parámetros fisicoquímicos y la comunidad hidrobiológica**

**El análisis integrado de los puntos de muestreo a lo largo del sistema evidencia una notable correspondencia entre las condiciones fisicoquímicas del agua y la composición de las comunidades hidrobiológicas, con variaciones entre época seca y época de lluvia que reflejan tanto la influencia de las actividades antrópicas como los procesos naturales de escorrentía y carga orgánica.**

**En el punto SUP 06 (aguas arriba), se observó una buena calidad del agua en ambas temporadas. Durante la época seca, las aguas presentaron un pH neutro, baja mineralización y escasa carga orgánica (ver Tabla 3-21), condiciones que favorecieron la presencia de diatomeas como *Nitzschia* y *Pinnularia*, asociadas a ambientes limpios. En época de lluvias, aunque se mantuvieron parámetros como la oxigenación y la baja turbiedad, se detectó un pH ácido y un aumento en la diversidad biológica con aparición de *Trachelomonas* y *Alluaudomyia* (Diptera), reflejando el efecto de la escorrentía y una ligera carga orgánica.**

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos Ver: 01	78
---------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

En SUP 05 (aguas abajo), también se registró buena calidad del agua, con baja carga orgánica y escasa presencia de nutrientes en ambas épocas (ver Tabla 3-21). Sin embargo, el pH cambió de alcalino en época seca a ácido en época de lluvias. Este cambio se acompañó de una comunidad biológica diversa, con organismos generalistas como *Nematoda* en época seca y bioindicadores de buena calidad como *Smicridea* (*Trichoptera*) en época de lluvias, lo que sugiere una respuesta positiva a condiciones bien oxigenadas, pese a posibles aportes difusos.

En SUP 03 (aguas arriba), el sistema mostró estabilidad fisicoquímica durante ambas épocas, con pH ácido, baja mineralización y baja carga orgánica. La comunidad hidrobiológica fue consistente con estas condiciones, dominada por *Pinnularia* y *Phormidium*, indicadores de acidez, así como Chironomidae, asociado a materia orgánica (ver Tabla 3-21). Aunque en época de lluvias se reportó *Nematoda*, su baja densidad sugiere una influencia limitada de carga orgánica en ese momento.

**Tabla 3-21 Relación entre los parámetros fisicoquímicos y la comunidad hidrobiológica.**

PUNTO DE MUESTREO	SUP 06		SUP 05		SUP 03		SUP 04		SUP 01*	SUP 02*
	Época/ Variable FQ	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca		
pH	Neutro	Ácido	Alcalino	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido	Ácido	-	-
Mineralización	Muy débil	Muy débil	Débil	Débil	Muy débil	Muy débil	Baja	Elevada	-	-
Oxígeno disuelto	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo	-	-
Turbiedad	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Moderada	-	-
Carga orgánica	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Alta	-	-
Coliformes	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	-	-
Taxones biológicos destacados	Nitzschia, Pinnularia	Pinnularia, Trachelomonas, Alluaudomyia	Nematoda, Nitzschia, Pinnularia	Pinnularia, Smicridea	Pinnularia, Phormidium, Chironomidae	Pinnularia, Nematoda	Eunotia, Nitzschia, Chironomidae	Ulnaria, Navicula, Chironomidae	-	-

\*Los puntos asociados a los ID SUP01 y SUP02 se encontraban secos

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2025

En el punto SUP 04 (aguas abajo) se evidenció una mayor variación estacional. En época seca, las condiciones fueron favorables, con baja carga orgánica, pH ácido y

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos
			PO-CO-2024-008	Ver: 01 79

baja turbiedad, reflejadas en una biota representada por *Eunotia* y *Chironomidae*. Sin embargo, durante las lluvias se detectó un aumento en la mineralización, la turbiedad y la DBO5, lo cual se asoció a la persistencia de *Chironomidae* y la aparición de nuevos géneros como *Ulnaria* y *Navicula* (ver Tabla 3-21), que indican una mayor influencia de material alóctono y aporte orgánico.

Finalmente, los puntos SUP 01 y SUP 02 (aguas abajo y arriba de ocupación 1 – ECG) no fueron comparables entre épocas debido a la ausencia de agua en una de las temporadas, limitando el análisis estacional.

En conjunto, los resultados sugieren que, aunque la calidad del agua se mantiene generalmente buena en el sistema, la época de lluvias introduce variaciones significativas en parámetros como el pH, la turbiedad y la carga orgánica. Estos cambios se ven reflejados en la estructura de las comunidades hidrobiológicas, donde la aparición o persistencia de ciertos taxones actúa como indicador sensible de las condiciones ambientales locales y su dinámica estacional.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos
			PO-CO-2024-008	Ver: 01 80

---

## CONCLUSIONES

---

El análisis de las comunidades hidrobiológicas en época seca y de lluvias permitió identificar patrones significativos relacionados con las características ambientales y las dinámicas de los cuerpos de agua evaluados.

### Época seca

- El fitoplancton presentó una alta representatividad del phylum Heterokontophyta, seguido por Charophyta, ambos conformados por organismos con capacidad de tolerar concentraciones medias a altas de nutrientes y pH ácido. Asimismo, se identificó la presencia de organismos del phylum Euglenophyta, reconocido como indicador de aguas con carga orgánica.
- De manera similar, el perifiton estuvo compuesto principalmente por la división Bacillariophyta y el phylum Euglenozoa, destacándose géneros como *Pinnularia*, *Navicula*, *Eunotia* y *Lepocinclis*, que son indicativos de aguas mesotróficas a eutróficas, poco profundas, con corrientes de velocidad moderada y con presencia de materia orgánica de origen natural.
- En lo que respecta a los macroinvertebrados bentónicos y los asociados a macrófitas, se registraron bajas riquezas y abundancias, probablemente relacionadas con las dinámicas de escorrentía observadas en los sistemas hídricos evaluados. Estas dinámicas podrían haber alterado los microhábitats disponibles para las especies de esta comunidad. Los organismos identificados actuaron como indicadores de ambientes con sedimentos, material vegetal en descomposición y una ligera carga orgánica de origen natural.
- No se encontraron macrófitas acuáticas en los puntos de muestreo, lo cual podría estar relacionado con la naturaleza de los cuerpos de agua, que tienden a ser lénticos o con riberas estables. Además, las actividades antropogénicas pudieron contribuir negativamente, afectando las condiciones necesarias para el asentamiento de estas comunidades en las riberas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	81

- La comunidad íctica estuvo ausente en los cuerpos de agua evaluados, posiblemente debido a las condiciones propias de los cauces, como la velocidad de la corriente, el nivel del agua y las características de los hábitats. En algunos sitios, se observaron sistemas aislados con aguas turbias, lo que pudo haber dificultado la colonización y permanencia de especies ícticas.
- En términos generales, al relacionar las características fisicoquímicas del agua con las comunidades hidrobiológicas, se concluye que los puntos evaluados presentan condiciones aceptables para el desarrollo de la hidrobiota, aunque evidencian una ligera influencia antrópica. Esto se sustenta en las características de bioindicación observadas, ya que las morfoespecies encontradas sugieren aguas con cierta presencia de carga orgánica y condiciones meso-eutróficas.

#### Época de lluvias

- Durante el análisis hidrobiológico en época de lluvias, el perifiton mostró una alta representatividad del phylum Heterokontophyta, con géneros dominantes como *Eunotia* y *Pinnularia*, que son indicadores de aguas ácidas y con concentraciones variables de nutrientes, desde oligotróficas hasta eutróficas. En esta comunidad, se observó una baja diversidad, acompañada de una abundancia relativamente homogénea entre los organismos.
- El fitoplancton también estuvo representado exclusivamente por el phylum Heterokontophyta, dominado nuevamente por los géneros *Eunotia* y *Pinnularia*, que indican condiciones de pH ácido y niveles medios a altos de nutrientes.
- El zooplancton, en contraste, fue escaso en los puntos evaluados, presentando bajas riquezas y abundancias, lo que es característico de los ambientes continentales evaluados. En esta comunidad, destacó el phylum Protozoa, ampliamente distribuido y común en ambientes con cierto nivel de carga orgánica.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	82

- En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, el orden Díptera fue el más representativo, especialmente la familia Chironomidae, conocida por su capacidad de tolerar aguas con carga orgánica y sedimentos. También se reportaron los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera, con géneros característicos de ambientes con aguas limpias y bien oxigenadas. Sin embargo, la comunidad mostró una diversidad baja, lo que puede estar relacionado con las riquezas y abundancias registradas, así como con una distribución uniforme entre las especies.
- La comunidad de macrófitas acuáticas se ajustó a las características morfológicas de los cuerpos de agua evaluados. Es probable que los cambios en el flujo y nivel del agua, propios de la temporada lluviosa, hayan influido en el asentamiento y desarrollo de estas especies, que generalmente prefieren sistemas de flujo lento y protegidos.
- La ictiofauna estuvo ausente en los puntos de muestreo, lo que puede atribuirse a las condiciones morfológicas de los cuerpos de agua, como niveles de agua bajos y características que dificultan el desplazamiento y la colonización de estos organismos hacia zonas más favorables.
- Las actividades del proyecto podrían generar cambios en la abundancia y composición de las especies de hidrobiota, especialmente durante la etapa constructiva de la Estación Compresora de Gas y del Corredor Línea de Flujo – Gas (succión y descarga). Estas actividades, al requerir la ocupación de cauces, podrían alterar la calidad del hábitat en los ecosistemas acuáticos, modificar las condiciones fisicoquímicas del agua, incrementar el aporte de sedimentos y la turbidez, y provocar el desplazamiento temporal de especies dentro de los ecosistemas.
- En el caso específico SUP\_ 01 y SUP\_02, las comunidades hidrobiológicas estuvieron dominadas principalmente por organismos del phylum Heterokontophyta en las comunidades de fitoplancton y perifiton. En el zooplancton destacaron los protozoarios de la clase Filosia, mientras que la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo compuesta principalmente por insectos del orden Díptera.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	83

Asimismo, se identificaron macrófitas pertenecientes al género *Panicum*, del orden Poales. Estos organismos son considerados bioindicadores ya que responden rápidamente a cambios en parámetros ambientales como la concentración de nutrientes, el pH, la salinidad y los niveles de contaminación orgánica e inorgánica.

#### Análisis comparativo

- Durante la época seca, la diversidad y abundancia de comunidades hidrobiológicas fue generalmente más baja, con limitaciones claras por la ausencia de macrófitas y la influencia de las dinámicas de esorrentía. En contraste, la época de lluvias mostró una mayor representatividad en algunos grupos (como macroinvertebrados y macrófitas), aunque también se evidenció una baja diversidad en comunidades como el fitoplancton y el zooplancton debido a las condiciones cambiantes del agua.
- En la época seca no se registraron macrófitas mientras que en la época de lluvias estas estuvieron presentes, aunque su desarrollo estuvo condicionado por las fluctuaciones en el nivel y flujo del agua. Esto resalta el impacto de los factores climáticos en la composición y dinámica de estas comunidades.
- En ambas épocas, las comunidades bioindicadoras apuntaron a condiciones meso-eutróficas con una ligera carga orgánica, lo que sugiere una estabilidad relativa en las características físico-químicas del agua, aunque con posibles presiones antropogénicas leves.
- La comunidad íctica estuvo ausente en ambas temporadas, probablemente debido a factores relacionados con la morfología de los cuerpos de agua, niveles bajos de agua y la desconexión entre los sistemas evaluados.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	84

## BIBLIOGRAFÍA

- Aristizábal, S., & Dossman, M. A. (2001). *Plan de Manejo del Parque Municipal*.
- Bellinger, E., & Sigeo, D. (2012). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*.
- Cabra-Santos, H. T. (2019). *EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA QUEBRADA LAS DELICIAS UBICADA EN LOS CERROS ORIENTALES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ*. Universidad Cooperativa de Colombia Sede Bogotá.
- Cirujano, S., Álvarez, M., & Sánchez, R. (2010). *Macrophyte ecology and its long-term dynamics*. In *Ecology of Threatened Semi-Arid Wetlands*. Springer. Dordrecht
- Csirke, B. (1980). *Introducción a la dinámica de poblaciones de peces*.
- Fernández, M. A. (2006). *VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD DEL CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN TÉCNICA No. 034 ENTRE EL*.
- Giraldo, D. A. (2013). *Las gramíneas en Colombia: riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares*. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales.
- Goulding, M. (1980). *The fishes and the forest: explorations in Amazonian natural history*. Univ of California Press.
- Gutiérrez, F. D.-S. (2012). *Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Mejía, M. D., Ortiz, D. O., Laserna, R. L., & Escobar, G. D. (2008). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Campoalegre*. Corporación Aldea Global.
- Mejía-Mojica, H. d.-R.-P. (2012). Recurrencia histórica de peces invasores en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, México. *Revista de Biología Tropical*, 60(2), 669-681.
- Pinilla, G. (2000). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Centro de Investigaciones Científicas, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Ramírez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Santafé de Bogotá.
- Ramírez, J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: Bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	85

- Restrepo Santamaria , D., & Álvarez León , R. (2011). Peces del departamento de Caldas. *Biota Colombiana*, 12(1).
- Ríos, G. (1999). *Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca del río Campoalegre*.
- Roldán. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo Para la proteccion del medio ambiente, FEN. Medellín Colombia. 217 p.*
- Roldán. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. (F. E. Oriente, Ed.)
- Roldán, P. G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical. 1º edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colección Ciencia y Tecnología U de A. 529 pp. Medellín, Colombia.*
- Roman, M., & White, J. (1991). Measurement of zooplankton grazing using particles labelled in light and dark with [methyl-3H] methylamine hydrochloride. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*.
- Streble, H., & Krauter, D. (1987). *Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua*.
- Tunnacliffe , A., & Lapinski, J. (2003). anhydrobiosis., Resurrecting Van Leeuwenhoek's rotifers: a reappraisal of the role of disaccharides in. *PUBMED*.
- Valencia, E. J., P, J.-M. R., Mendoza, J. J., & R, J.-M. C. (2017). VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN COMO INSUMO PARA LA TOMA DE DECISIONES DESDE LA PERSPECTIVA DE LA GESTIÓN DEL RIESGO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. doi10.17151/luaz.2017.45.3
- Van Vuuren, S. J., Taylor, J., & Van Ginkel, C. (2006). *Freshwater algae*.
- West, R., & King, J. (1996). *Marine, brackish, and freshwater fish communities in the vegetated and bare shallows of an Australian coastal river*.
- Wolf, M., Uwe, M., & Roldán, G. (1988). *Estudio del desarrollo de los insectos acuáticos, su emergencia y ecología en tres ecosistemas diferentes en el departamento de Antioquia*.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3.2. Ecosistemas Acuáticos	
			PO-CO-2024-008	Ver: 01	86