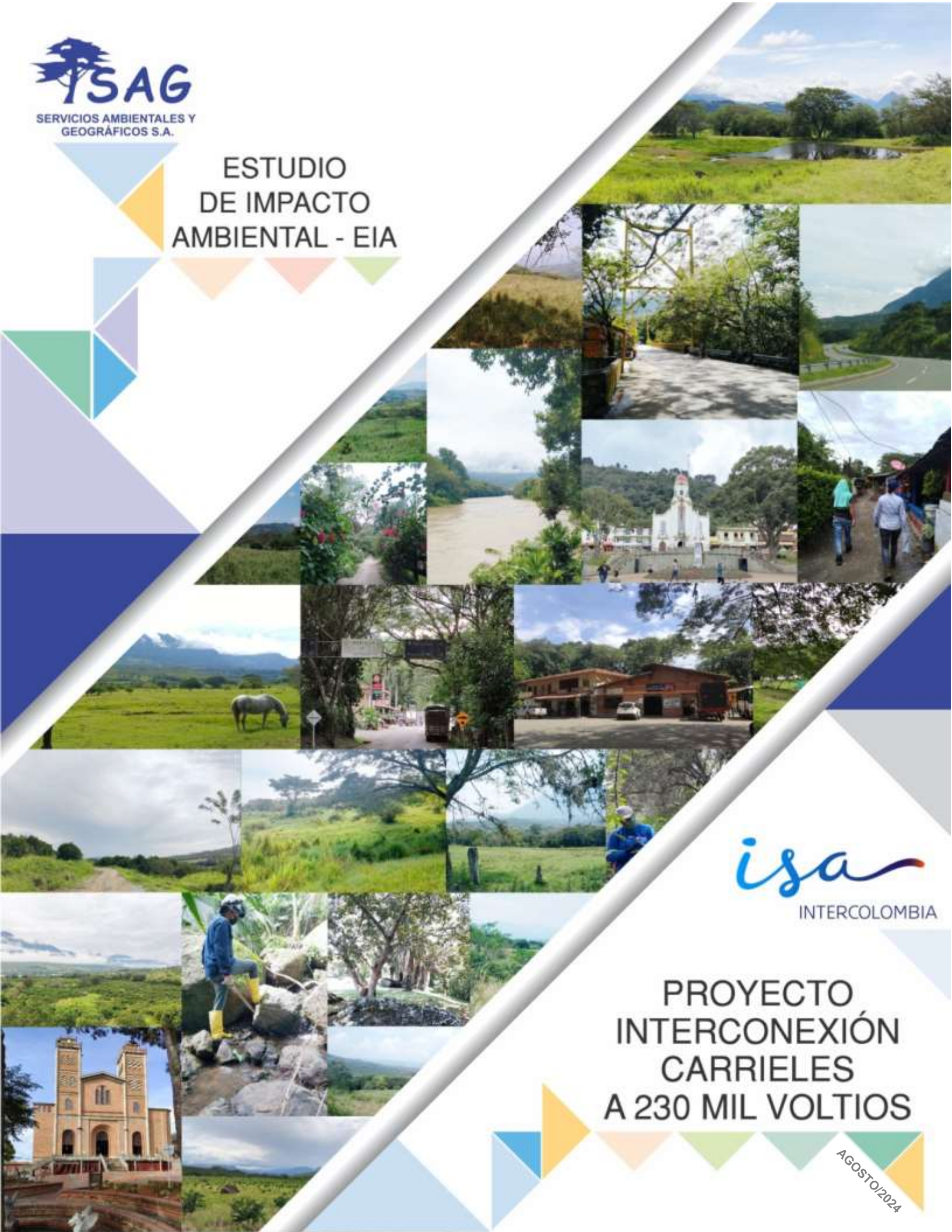


ESTUDIO  
DE IMPACTO  
AMBIENTAL - EIA



*isa*  
INTERCOLOMBIA

PROYECTO  
INTERCONEXIÓN  
CARRIELES  
A 230 MIL VOLTIOS

AGOSTO/2024

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2    2023-08-07

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
5 COMPONENTE BIÓTICO .....	5-8
5.2 MEDIO BIÓTICO .....	5-8
5.2.1 Ecosistemas .....	5-8
5.2.1.2 Ecosistemas Acuáticos .....	5-8
5.2.1.2.1 Revisión de información existente (secundaria), de la hidrobiota potencialmente presente en el área de influencia del proyecto.....	5-9
5.2.1.2.2 Caracterización de comunidades Hidrobiológicas, de acuerdo a los muestreos efectuados (información primaria) .....	5-17
5.2.1.2.2.1 Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo. ....	5-17
5.2.1.2.2.2 Perifiton .....	5-23
5.2.1.2.2.3 Macroinvertebrados .....	5-34
5.2.1.2.2.4 Macrófitas .....	5-49
5.2.1.2.2.5 Peces .....	5-53

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 5-1. Macroinvertebrados registrados en el Suroeste de Antioquia entre el 2013 y 2014.....	5-10
Tabla 5-2. Riqueza de familias, géneros y especies para cada uno de los órdenes de peces registrados en el área de estudio del POMCA Directos Río Cauca – Río Amagá, Quebrada Sinifaná .....	5-13
Tabla 5-3. Peces capturados en los muestreos en el río Cauca entre 2008 y 2010, incluyendo la categoría de riesgo (IUCN). .....	5-14
Tabla 5-4. Comparación de los grupos taxonómicos más representativos o predominantes reportados en dos estudios de consultoría.....	5-16
Tabla 5-5. Ubicación de las estaciones de muestreo hidrobiológico, en el área de influencia del proyecto.....	5-18
Tabla 5-6. Composición y estructura de la comunidad de perifiton registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. ....	5-24
Tabla 5-7. Valores de los índices calculados para el perifiton registrado en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. ....	5-30
Tabla 5-8. Clasificación taxonómica de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto .....	5-35
Tabla 5-9. Índices de diversidad de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. ....	5-43
Tabla 5-10. Índice BMWP y ASTP de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. ....	5-48
Tabla 5-11. Composición taxonómica de las Macrófitas acuáticas presentes en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. ....	5-50
Tabla 5-12. Composición taxonómica de la ictiofauna registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto .....	5-54
Tabla 5-13. Índices ecológicos de la ictiofauna registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto .....	5-59
Tabla 5-14. Algunos aspectos de la biología y ecología de las especies registradas en los sistemas monitoreados.....	5-61
Tabla 5-15. Endemismos, migración, categoría de amenaza e importancia comercial de las especies ícticas registradas en las tres campañas de monitoreo. ....	5-65

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 5-1 Localización general de los puntos de muestreo hidrobiológico en el área de influencia del Proyecto.....	5-19
Figura 5-2. Representatividad del número de taxones por división de la comunidad perifítica registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.....	5-25
Figura 5-3. Representatividad de la densidad (ind/cm <sup>2</sup> ) del perifiton por división registrado en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. .	5-26
Figura 5-4. Aporte en densidad (ind/cm <sup>2</sup> ) de los géneros registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.....	5-27
Figura 5-5. Índices ecológicos del perifiton registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. ....	5-30
Figura 5-6. Dendrograma de clasificación-Cluster (A) y ordenación nMDS para el perifiton registrado en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.....	5-31
Figura 5-7. Tendencia de relación de la densidad perifítica con algunas variables ambientales registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.....	5-32
Figura 5-8. Representatividad de los órdenes de Macroinvertebrados acuáticos a nivel de número de taxones en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.....	5-38
Figura 5-9. Representatividad de los órdenes de Macroinvertebrados acuáticos en términos de densidad en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.....	5-39
Figura 5-10. Representatividad de los órdenes de Macroinvertebrados acuáticos en términos de densidad en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.....	5-41
Figura 5-11. Representantes de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. .	5-42
Figura 5-12. Índices de diversidad y riqueza de los Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.....	5-44
Figura 5-13. Índice de similitud de Bray-Curtis, por medio del método de agrupamiento Clúster, de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos presentes en el área de influencia durante las tres campañas.....	5-45

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2    2023-08-07

Figura 5-14. Análisis de escalamiento multidimensional MDS de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos, presentes en el área de influencia durante las tres campañas..... 5-45

Figura 5-15. Relación de algunos parámetros fisicoquímicos con la densidad de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos, presentes en el área de influencia durante las tres campañas..... 5-47

Figura 5-16. Índice BMWP y ASPT de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos presentes en el área de influencia durante las tres campañas..... 5-49

Figura 5-17. Porcentaje de cobertura de las Macrófitas presentes en el área de influencia durante las tres campañas..... 5-50

Figura 5-18. Macrófitas presentes en el área de influencia del proyecto. .... 5-52

Figura 5-19 Riqueza en número de taxones de los órdenes encontrados para la ictiofauna en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto. . 5-55

Figura 5-20 Abundancia en número de individuos de los órdenes encontrados para la ictiofauna en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto..... 5-56

Figura 5-21 Abundancia en número de individuos de cada una de las especies encontradas para la ictiofauna en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto..... 5-58

Figura 5-22 Índices ecológicos de la ictiofauna registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto..... 5-59

Figura 5-23 Análisis de clasificación y ordenación. (A) Dendrograma mediante el índice de similitud de Bray-Curtis Análisis y (B) ordenación nMDS para la ictiofauna registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto..... 5-60

Figura 5-24 Relación de la abundancia de peces con algunas variables ambientales registradas en registradas en las tres campañas de monitoreo. .... 5-67

### LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 5-1. E1- Quebrada NN, aguas arriba.....	5-20
Fotografía 5-2. E2- Quebrada NN, aguas abajo.....	5-21
Fotografía 5-3. E3a- Río Cauca .....	5-22
Fotografía 5-4. E4 - Quebrada NN (Quebrada La Ardita) .....	5-23
Fotografía 5-5. Géneros del perifiton registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto .....	5-29

 <p>SAG SERVICIOS AMBIENTALES Y GEOGRÁFICOS S.A.</p>	<p><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b></p>	 <p>isa INTERCOLOMBIA</p>
<p>Rev. No.: 2    2023-08-07</p>		

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO\_5\_2\_12\_LABORATORIO  
ANEXO\_5\_2\_13\_BD\_ACUATICOS  
ANEXO\_5\_2\_14\_MEM\_CALCULOS

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>		
		Rev. No.: 2	2023-08-07

## 5 COMPONENTE BIÓTICO

### 5.2 MEDIO BIÓTICO

#### 5.2.1 Ecosistemas

##### 5.2.1.2 Ecosistemas Acuáticos

Dentro de la hidrobiota que se puede encontrar en los ecosistemas acuáticos, están comunidades como el perifiton o ficoperifiton, que juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para comprender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos que, como la contaminación, puedan estar afectando a los ecosistemas<sup>1</sup>.

Otro grupo muy estudiado en estos sistemas son los macroinvertebrados acuáticos, los cuales hacen referencia a esos organismos que se pueden observar a simple vista alcanzando tallas de 0,5 mm<sup>2</sup>. Dentro de estos podemos encontrar turbelarios, anélidos, insectos, arácnidos, crustáceos, gasterópodos y bivalvos. En términos generales, la evaluación de los macroinvertebrados es importante debido a su carácter bioindicador, basado en la tolerancia que exhiben algunos organismos frente a condiciones particulares del entorno, y en respuesta exhiben modificación de su composición y estructura<sup>3</sup>.

Por su parte, la presencia o ausencia de ictiofauna en los sistemas acuáticos y su establecimiento en algunos ambientes específicos, depende de sus adaptaciones a nivel morfológico y fisiológico, así como de las condiciones medioambientales bióticas y abióticas propias de los cuerpos de agua<sup>4</sup>. El conocimiento de la comunidad de peces es esencial para la toma de decisiones que involucren el recurso pesquero; los cambios comunitarios a nivel estructural y en sus procesos reproductivos proporcionan información respecto a posibles tensionantes como la explotación pesquera, cambios y deterioro del hábitat, entre otros<sup>5</sup>. Como indicadores, su longevidad (hasta 30 años) permite a muchas especies de peces ser testigos de afecciones e impactos históricos a las masas de agua cuyas causas ya han desaparecido; además de ello, su tamaño y movilidad les permite influir en el transporte de energía del ecosistema de manera endógena y exógena<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> MORENO, Yimmy Montoya; AGUIRRE, Nestor. Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Gestión y ambiente*, 2013, vol. 16, no 3, p. 91-117.

<sup>2</sup> ROLDÁN PÉREZ, G. RAMÍREZ RESTREPO, J. Fundamentos de limnología neotropical. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2022. 782 p.

<sup>3</sup> GAMBOA, Maribet; REYES, Rosa; ARRIVILLAGA, Jazzmin. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de malariología y salud ambiental*, 2008, vol. 48, no 2, p. 109-120.

<sup>4</sup> KING, Michael. 2013. Fisheries biology, assessment and management. John Wiley & Sons.

<sup>5</sup> GALVIS, Germán, MOJICA, Jorge Iván y CAMARGO, Mauricio. 1997. Peces del Catatumbo. Ecopetrol-Oxy-Shell-Asociación Cravo Norte. D'Vinni Edit. Ltda. Bogotá D.C., Colombia. p. 188.

<sup>6</sup> SOSTOA, Adolfo., GARCÍA DE JALÓN, Diego. y GARCÍA-BERTHOU, Emili. 2005. Metodología para el estado ecológico según la Directiva Marco del Agua DMA. Peces. Confederación Hidrográfica del Ebro. p. 51.



	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2    2023-08-07

Las macrófitas acuáticas en su definición más simple, hace referencia a organismos vegetales que se pueden ver a simple vista. Los macrófitos acuáticos designan un grupo funcional de vegetales muy heterogéneo desde el punto de vista sistemático y evolutivo, que es considerado elemento-clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos. Este grupo abarca grupos tan distintos como plantas vasculares acuáticas, briófitos, carófitos y algas filamentosas. Proporcionan un valor indicador a medio y largo plazo<sup>7</sup>. Son sensibles a variaciones físico-químicas e hidromorfológicas en las masas de agua, como por ejemplo la concentración salina, la eutrofización, el régimen de inundación, etc. Las modificaciones de estas variables pueden originar cambios cualitativos y cuantitativos en las comunidades vegetales y en la estructura trófica de los ecosistemas entre otros<sup>8,9</sup>.

En términos generales, los ecosistemas acuáticos, además de exhibir gran importancia a nivel biológico, ecológico y paisajístico, son sustanciales debido a los servicios ecosistémicos que brindan a la humanidad, como son los de regulación, base, de suministro y culturales<sup>10</sup>.

En este capítulo se exponen los resultados de la caracterización de las comunidades hidrobiológicas como se solicita en los términos TdR-17 para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA, de proyectos de Sistemas de transmisión de Energía Eléctrica y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales vigente. En el primer apartado, se presenta la información disponible de las especies de hidrobiota potencialmente presentes en el área de influencia, datos obtenidos a partir de la consulta de información secundaria; la segunda parte del capítulo, describe la caracterización de las comunidades hidrobiológicas, derivada de los muestreos ejecutados en los años 2022 y 2023 (información primaria). Dentro de las comunidades evaluadas en el presente estudio se encuentran perifiton, macroinvertebrados acuáticos bentónicos, peces y macrófitas acuáticas.

#### **5.2.1.2.1 Revisión de información existente (secundaria), de la hidrobiota potencialmente presente en el área de influencia del proyecto.**

Colombia es uno de los países más ricos del mundo en recursos hídricos y en éste se destacan cinco zonas hidrogeográficas: Caribe, Orinoco, Amazonas, Pacífico y Magdalena-Cauca<sup>11</sup>. En el departamento de Antioquia, el rango altitudinal varía desde el nivel del mar (en la zona del Golfo de Urabá) hasta una altura cercana a los 4.080 msnm en el Páramo de Frontino en la Cordillera Occidental. La entramada topografía de Antioquia, con sus

<sup>7</sup> CIRUJANO, SANTOS; MOLINA, ANA MECO; CEZÓN, KATIA. Flora acuática: Macrófitos. *Jornada de presentación del Tesoro Taxonómico para la clasificación del estado ecológico de las masas de agua continentales*, TAXAGUA. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, España, 2011.

<sup>8</sup> FERNÁNDEZ, Mateo; BEDOYA, Ana María; MADRIÑÁN, Santiago. Plantas acuáticas de las planicies inundables de la Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana*, 2015, vol. 16, no 1, p. 96-105.

<sup>9</sup> SAN MARTÍN, Cristina, et al. Diversidad, hábito y hábitat de Macrófitos acuáticos en la Patagonia occidental (Región de Aisén, Chile). En *Anales del Instituto de la Patagonia*. Universidad de Magallanes, 2011. p. 23-41.

<sup>10</sup> KANDUS, Patricia; MORANDEIRA, Natalia; SCHIVO, Facundo. Bienes y servicios ecosistémicos de los humedales del Delta del Paraná. *Wetlands International: Fundación Humedales*, 2010.

<sup>11</sup> MALDONADO-OCAMPO, Javier Alejandro, et al. Peces del río Atrato, zona hidrogeográfica del Caribe, Colombia. *Biota Colombiana*, 2006, vol. 7, no 1, p. 143-154

numerosas cuencas y subcuencas, estrechos valles y ramales de las cordilleras, determinan una gran diversidad de ecosistemas y zonas de vida<sup>12</sup>.

Para este apartado se realizó la revisión de literatura publicada o gris a nivel departamental y de cuencas, relacionada con la biota presente en los sistemas acuáticos del área de influencia del proyecto. Sin embargo, es importante aclarar que no existen trabajos científicos específicos para cada drenaje o cuerpo de agua identificado en el área de influencia, por tanto, el presente capítulo se centra en las revisiones a nivel de las cuencas más representativas. Adicionalmente, se revisaron otros estudios de consultoría ambiental desarrollados en áreas cercanas al actual proyecto, con el fin de obtener información a nivel local de las especies.

Respecto al recurso hídrico, según el EOT de Fredonia se tienen priorizadas como áreas y fajas de protección del sistema hídrico, los elementos hidrográficos que forman parte del sistema estructurante general y, están asociados a las cuencas principales del Río Cauca, Poblano, Quebrada Combia, Sinifana, Ardita, La Rosala, La Torre, La Tuntuna, La Sucia, Piedra Verde, Sabaletas, La Arabia, La Naranjala, Las Frías y Campamento. Se incluyen las áreas de protección requeridas para la conservación de la cuenca y la permanencia del recurso hídrico, tales como la protección de los nacimientos<sup>13</sup>. Así mismo, pero de manera menos explícita, el EOT del municipio de Jericó establece los retiros de las fuentes hídricas como áreas de conservación de los recursos naturales<sup>14</sup>.

Partiendo de la cuenca más grande, el río Cauca cubre el 75% de los 36.134 Km<sup>2</sup> de la jurisdicción de CORANTIOQUIA, esto constituye una razón de peso para que esta corriente se constituya en un elemento planificador y articulador de la gestión ambiental corporativa<sup>15</sup>. En este sentido, dicha autoridad ambiental junto con el trabajo de monitoreos hidrobiológicos de su programa socioambiental “Piragua” registran para la zona del suroeste antioqueño, 50 familias de macroinvertebrados, distribuidas en 16 órdenes, 8 clases y 4 Phyla<sup>16</sup> (ver Tabla 5-1).

**Tabla 5-1. Macroinvertebrados registrados en el Suroeste de Antioquia entre el 2013 y 2014**

Phyllum	Clase	Orden	Familia
Annelida	Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae
Arthropoda	Aracnoida	Acari	Lymnessiidae
	Crustacea	Anmhipoda	Hyaellidae

<sup>12</sup> ESPINAL, Luis Sigilfredo. Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de vida. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992.

<sup>13</sup> Alcaldía de Fredonia. Decreto N°: 341 del 7 de septiembre de 2000. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Fredonia – Antioquia. 103 p.

<sup>14</sup> Alcaldía de Jericó. Acuerdo 02 del 17 de julio de 2010. Revisión y Ajuste del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Jericó – Antioquia. 274 p.

<sup>15</sup> CORANTIOQUIA y UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Formulación del P.O.R.H en las Direcciones Territoriales Tahamíes y Zenufaná. 2009. p 5

<sup>16</sup> PROGRAMA INTEGRAL RED AGUA - PIRAGUA. Hidrobiológicos Jurisdicción de CORANTIOQUIA. 2016. 120 p.

Phyllum	Clase	Orden	Familia
	Insecta	Decapoda	Pseudothelphusidae
		Coleoptera	Dryopidae
			Dytiscidae
			Elmidae
			Gyrinidae
			Hydrophilidae
			Lampyridae
			Limnichidae
			Lutrochidae
			Noteridae
		Hemiptera	Belostomatidae
			Corixidae
			Gerridae
			Hydrometridae
			Naucoridae
			Saldidae
		Lepidoptera	Veliidae
			Pyrilidae
		Megaloptera	Corydalidae
		Odonata	Aeshnidae
			Calopterygidae
			Coenagrionidae
			Gomphidae
			Lestidae
			Libellulidae
			Megapodagrionidae
			Polythoridae
		Plecoptera	Perlidae
		Trichoptera	Anomalopsychidae
			Atriplectididae
			Calamoceratidae
			Glossosomatidae
			Helicopsychidae
Hydrobiosidae			
Hydropsychidae			
Hydroptilidae			
Leptoceridae			
Odontoceridae			
Philopotamidae			
Polycentropodidae			

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>		
		Rev. No.: 2	2023-08-07

Phyllum	Clase	Orden	Familia
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae
	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae
			Planorbidae
		Mesogastropoda	Hydrobiidae
			Thiaridae
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae

*Fuente: Programa Piragua, 2016*

En cuanto al recurso íctico, un total de 233 especies de peces se consideran válidas para la cuenca del Magdalena-Cauca, que corresponden al 14,5% de la diversidad de peces de Colombia, siendo así la tercera cuenca hidrográfica en términos de riqueza, precedida por las cuencas del Amazonas y Orinoco, con 775 y 728 especies, respectivamente. Estas 233 especies se distribuyen en siete órdenes y 33 familias. El orden dominante es Siluriformes con 115 especies (49%), seguido por Characiformes con 88 especies (38%), y en menor proporción se encuentran los restantes órdenes. La familia más diversa es Characidae (57 sp.), seguida por las familias de Siluriformes, Trichomycteridae (34 sp.), Loricariidae (32 sp.) y Astroblepidae (21 sp.), mientras que las restantes familias están representadas por no más de diez especies. Esta alta diversidad concentrada en estas cuatro familias se encuentra representada principalmente por especies endémicas de pequeño tamaño corporal y con distribución altitudinal restringida a ríos y quebradas montañosas y de piedemonte, pertenecientes a los géneros *Trichomycterus*, *Hemibrycon* y *Astroblepus*<sup>17</sup>.

La producción pesquera anual en la cuenca del río Magdalena-Cauca, durante el periodo 1975-2016 ha fluctuado entre las 81.653 t y las 26.132 t. En el año 2019, los desembarques alcanzaron las 14.312 t, dentro de las cuales cinco especies son dominantes, todas migratorias, como el bocachico -*Prochilodus magdalenae* (41 %), el bagre rayado -*Pseudoplatystoma magdaleniatum* (11 %), el blanquillo - *Sorubim cuspidatus* (7 %), el nicuro - *Pimelodus yuma* (4 %) y el capaz - *Pimelodus grosskopfii* (1 %). Estas especies están acompañadas por una introducida ya establecida como es la tilapia *Oreochromis sp.* (3 %)<sup>18</sup>.

A nivel más regional, de acuerdo al plan de ordenamiento del recurso hídrico del Río Piedras (Jericó - Antioquia), se realizaron muestreos de macroinvertebrados para levantar una línea base del estado ecológico de las corrientes asociadas a dicho río. Se encontró una calidad

<sup>17</sup> GARCÍA-ALZATE, C., DONASCIMIENTO, C., VILLA-NAVARRO, F. A., GARCÍA-MELO, J. E. & HERRERA-R., G. 2020. Diversidad de peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia. En: Jiménez-Segura, L. & C. A. Lasso (Eds.). XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible. Pp: 85-113. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

<sup>18</sup> VALDERRAMA, M., ESCOBAR C., J. L., PARDO B., R., TORO S., M., GUTIÉRREZ C., J. C. & LÓPEZ C., S. 2020. Servicios ecosistémicos generados por los peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia. En: Jiménez-Segura, L. & C. A. Lasso (Eds.). XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible. Pp: 205-235. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia

del recurso hídrico muy crítica (aguas fuertemente contaminadas), obtenida del cálculo del índice BMWP/Col para 17 puntos de monitoreo en la cuenca<sup>19</sup>.

Por otra parte, la comunidad íctica registrada en la cuenca del Río Cauca –Río Amagá Quebrada Sinifaná en su Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica, realizó muestreos en las quebradas la Loma, Piedra Verde, Sabaletica, el río Poblano, Quebrada la Horcona, Quebrada la Arabia y Quebrada San Cristóbal<sup>20</sup>; donde se capturaron 92 individuos, repartidos en 7 especies pertenecientes a 5 géneros, 5 familias, 3 órdenes y una clase, en donde el orden que presentó mayor riqueza fue Siluriformes con 4 especies, seguido de Cyprinodontiformes con 2 especies y por último Characiformes con un solo taxón (ver Tabla 5-2).

**Tabla 5-2. Riqueza de familias, géneros y especies para cada uno de los órdenes de peces registrados en el área de estudio del POMCA Directos Río Cauca – Río Amagá, Quebrada Sinifaná**

Ordenes	Familias	%	Géneros	%	Especies	%
Characiformes	1	20	1	20	1	14,28
Siluriformes	3	60	3	60	4	57,14
Cyprinodontiformes	1	20	1	20	2	28,57
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

*Fuente: CORANTIOQUIA, 2017*

Estudios más específicos como el de Álvarez, R. *et al.* 2016<sup>21</sup>, cuyo objetivo fue dar a conocer los peces asociados al cauce medio del río Cauca, realizó un inventario cualitativo y cuantitativo de los ejemplares observados y la información obtenida por captura directa en varias estaciones, entre las cuales se incluyeron desembocaduras al río Cauca. Como resultados de los muestreos se registraron 13 especies, siendo evidente la mayor representatividad en número de individuos por parte de los Siluriformes (3 familias y 5 especies), seguido por los Characiformes (3 familias y 7 especies) y de los Gymnotiformes (2 familias y 2 especies), en las diferentes épocas del año (ver Tabla 5-3). *Chaetostoma fisheri* fue la especie más abundante, seguida de *Pimelodus grosskopfii* y *Pterygoplichthys undecimalis*.

<sup>19</sup> CORANTIOQUIA y EL CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA –CTA. Plan de ordenamiento del recurso hídrico del río Piedras. 2017. 74 p.

<sup>20</sup> CORANTIOQUIA. POMCA de los Directos Río Cauca –Río Amagá Quebrada Sinifaná. 2018. Fase Diagnóstico. 688 p.

<sup>21</sup> ÁLVAREZ, R., VARGAS, L.A., GARCÍA, D. & BOTERO, A.F., 2016.- Valoración hidrológica e ictiológica, de los sectores del río Cauca medio, entre sus efluentes (ríos San Francisco, Campoalegre y Chinchiná) Caldas (Colombia). Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas, 20 (2): 93-113

**Tabla 5-3. Peces capturados en los muestreos en el río Cauca entre 2008 y 2010, incluyendo la categoría de riesgo (IUCN).**

Orden	Familia	Especies	Nombre común	Riesgo
Characiformes	Characidae	1. <i>Astyanax fasciatus</i>	Cola roja	NO
		2. <i>Salminus affinis</i>	Rubio	VU (A1d, A2d)
		3. <i>Brycon henni</i>	Sabaleta	NO
		4. <i>Bryconamericus caucanus</i>	Sardina	NO
	Curimatidae	5. <i>Cyphocharax magdalenae</i>	Madre de bocachico	NO
Siluriformes	Loricariidae	6. <i>Chaetostoma fischeri</i>	Cucha marrón	NO
		7. <i>Chaetostoma leucomelas</i>	Guacuco	NO
		8. <i>Chaetostoma marginatum</i>	Guacuco	NO
		9. <i>Chaetostoma sp.</i>	Cucha	-
		10. <i>Hypostomus hondae</i>	Cucho	VU (C1)
	Pseudopimelodidae	11. <i>Pseudopimelodus bufonius</i>	Bagre sapo	NO
	Pimelodidae	12. <i>Pimelodus blochii</i>	Barbudo blanco	NO
Gymnotiformes	Apteronotidae	13. <i>Apteronotus eschmeyeri</i>	Viringa negra	NO

*Fuente: Modificado de Álvarez, R. et al. 2016<sup>22</sup>*

Respecto a la información registrada por estudios ambientales de consultoría en el área de influencia o cercanos a ésta, se destacan:

El proyecto *Autopista al Mar 1* hace parte de los corredores de Autopistas para la Prosperidad que a su vez pertenece al programa de cuarta generación de concesiones viales. De acuerdo con la ANI (Agencia Nacional de Infraestructura) el proyecto Autopista al Mar 1 se dividió en Unidades Funcionales (UF). El estudio de impacto ambiental para la UF-2.1, comprende desde inmediaciones del centro poblado del municipio de San Jerónimo, hasta los límites de los municipios de Sopetrán y Santa Fe de Antioquia<sup>23</sup>, los cuales, aunque no son exactamente los municipios del área de influencia del proyecto Carrieles, se encuentran compartiendo como eje central el río Cauca y se observan similitudes en la composición taxonómica de la hidrobiota.

Para la caracterización de las comunidades bióticas de los ecosistemas acuáticos ubicados dentro del área de la UF-2.1, se realizaron muestreos de fitoplancton, zooplancton,

<sup>22</sup> ÁLVAREZ, R., VARGAS, L.A., GARCÍA, D. & BOTERO, A.F., 2016.- Valoración hidrológica e ictiológica, de los sectores del río Cauca medio, entre sus efluentes (ríos San Francisco, Campoalegre y Chinchiná) Caldas (Colombia). Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas, 20 (2): 93-113

<sup>23</sup> CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A. Estudio de Impacto Ambiental Construcción de la segunda calzada San Jerónimo – Santa Fe. Uf 2.1 del proyecto Autopista Al Mar 1. Estudio elaborado para Devimar S.A.S. 2016.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2      2023-08-07

perifiton, macroinvertebrados acuáticos y peces. Entre los resultados obtenidos, para el ensamble de fitoplancton fueron registrados 17 géneros, pertenecientes a tres divisiones, cinco clases, 14 órdenes y 17 familias. La división más representativa fue Ochrophyta y Cyanophycota. En general estas especies son indicadoras de aguas medianamente contaminadas. Por su parte el zooplancton, estuvo representado por nueve (9) morfotipos, los cuales corresponden a cuatro phylum, cuatro clases, cuatro órdenes y ocho familias. Los protozoos fueron el grupo más abundante, su representación es indicadora de aguas turbias, con presencia de materia orgánica, así como de aguas estancadas y estanques eutróficos. El ensamble de perifiton, estuvo representado por 14 géneros, correspondientes a tres divisiones, cuatro clases, 12 órdenes y 13 familias. La mayor abundancia la registró la división Ochrophyta, siendo el género *Oedogonium sp* el más representativo. Este género es indicador de aguas moderadamente contaminadas a limpias. Los macroinvertebrados acuáticos tuvieron una riqueza específica de 31 morfotipos, distribuidos en cuatro phylum, seis clases, 16 órdenes y 24 familias. El phylum más frecuente y abundante fue Arthropoda, específicamente con la subfamilia Chironominae.

Con respecto al ensamble íctico se registraron en total dos géneros, los cuales hacen parte de dos familias, dos órdenes y una clase. La especie más abundante correspondió a *Poecilia sp*, el cual también se registró en todas las estaciones de muestreo. Adicionalmente, no se encontraron especies endémicas, migratorias, en amenaza o de importancia económica.

En esta misma línea de autopistas, se consultó la caracterización del área de influencia de la unidad funcional *UF - 4 conexión Pacífico 2<sup>24</sup>*, cuyos monitoreos de comunidades hidrobiológicas incluyeron drenajes pequeños de los municipios de Salgar, Tarso y Venecia, además de muestreo en el Río Cauca, exhibiendo resultados muy similares a los descritos para el proyecto Mar 1, indicando que la composición de los drenajes de la zona media del Cauca, mantienen comunidades hidrobiológicas estables y que las variaciones se deben a las condiciones de los microhábitats de cada cuerpos de agua (Ver Tabla 5-4).

La comunidad perifítica del área de influencia de la UF - 4, estuvo representada por organismos de las divisiones Bacillariophyta, Charophyta, y Cyanobacteria. El grupo de las Bacillariophyta fue el más representativo en términos de riqueza y porcentajes de abundancia, registrándose en todas las estaciones monitoreadas. La composición de este grupo de microalgas estuvo determinada por el registro de los géneros (*Nitzschia*, *Eunotia*, *Amphipleura*, *Pinnularia*, *Gyrosigma* y *Surirella*), indicando que los sistemas hídricos caracterizados presentan un estado meso-eutrófico, correspondiente a cuerpos de agua con turbulencia, procesos de mezcla, alta conductividad y aporte de sedimentos al agua<sup>25</sup>.

Para el grupo de macroinvertebrados bentónicos el phylum Arthropoda fue predominante, con la clase Insecta como la más representativa. Seguido en importancia, se encontraron

<sup>24</sup> CONCESIÓN LA PINTADA. Estudio de Impacto Ambiental Unidad Funcional 4, del Proyecto Autopista Conexión Pacífico 2. Capítulo Caracterización. 2015.

<sup>25</sup> PINILLA, A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 68p, 2000.

los phylum Annelida y Mollusca, cuyos representantes fueron bioindicadores de aguas moderadamente contaminadas a muy contaminadas<sup>26</sup>.

En relación a las comunidades planctónicas, el zooplancton registró los phylum: Protozoa y Arthropoda, siendo los protozoos los más representativos para esta comunidad, con porcentajes de abundancia hasta del 100%. La comunidad fitoplanctónica evaluada en los cuerpos de agua monitoreados, estuvo conformada por las divisiones Bacillariophyta, Chlorophyta, Charophyta y el Phylum Cyanobacteria. Las bacilariófitas fueron el grupo más representativo en cuanto a riqueza y abundancia. Este grupo estuvo compuesto por 4 géneros, dentro de los que se destacan por su abundancia *Synedra* indicador de mesotrofia y *Amphipleura* y *Melosira*. La composición de este grupo fue muy similar para el perifiton y para el fitoplancton, compartiendo varios taxones.

Finalmente, se reportaron 3 especies en la comunidad íctica del área de influencia UF - 4 conexión Pacífico 2, *Trichomycterus aff. Retropinnis*, *Trichomycterus caliense*, y *Trichomycterus striatus*, pertenecientes a la familia Trichomycteridae, orden Siluriformes.

**Tabla 5-4. Comparación de los grupos taxonómicos más representativos o predominantes reportados en dos estudios de consultoría**

Grupo Biológico	Estudio consultado	
	Proyecto Autopista al Mar 1 UF 2.1	Proyecto Autopista conexión Pacífico 2 UF - 4
Fitoplancton	Ochrophyta y Cyanophycota	Bacillariophyta
Zooplancton	Protozoa ( <i>Arcella</i> y <i>Centropyxis</i> )	Protozoa ( <i>Arcella</i> y <i>Centropyxis</i> )
Perifiton	Bacillariophyta y Ochrophyta	Bacillariophyta
Macroinvertebrados	Arthropoda, Diptera (familia Chironomidae)	Arthropoda, Diptera (familia Chironomidae)
Peces	Cyprinodontiformes, género <i>Poecilia</i>	Siluriformes, Trichomycteridae

Fuente: Tomado de los Proyectos Autopista al Mar <sup>127</sup> y Autopista conexión Pacífico <sup>228</sup>

De acuerdo con los registros multianuales recopilados por el proyecto “Gestión Pesquera en el Proyecto Magdalena Cauca Vive” ejecutado por la fundación Natura<sup>29</sup>, la cuenca Cauca – Magdalena, presenta un ciclo hidrológico con cuatro periodos, que se denominan según los movimientos de los peces migradores (reofilicos) asociados a éstos, como subienda (diciembre a marzo), bajanza (abril a junio), mitaca (julio a agosto) y bajanza de mitaca (septiembre a noviembre) los cuales varían anualmente. Estos periodos determinan en buena proporción las dinámicas biológicas y pesqueras de la cuenca.

<sup>26</sup> ROLDÁN, G. 2003. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWPCol. Ed Universidad de Antioquia. 170pp. Medellín, Colombia.

<sup>27</sup> DEVIMAR. "Proyecto Autopista al Mar 1 -EIA - Construcción de la segunda calzada San Jerónimo – Santa Fe. UF 2.1. 2016. Ecosistemas acuáticos.

<sup>28</sup> CONCESIÓN LA PINTADA. "Proyecto Autopista conexión Pacífico 2 - EIA unidad funcional UF – 4. 2015. Ecosistemas acuáticos.

<sup>29</sup> TORRES GALINDO, M. Diagnóstico Pesquero. Proyecto Manejo Sostenible y Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del río Magdalena – Cauca. 2020. Convenio De Cooperación Técnica No Reembolsable (FMAM).



	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2      2023-08-07

En este sentido, se han identificado las 10 especies comerciales que hacen sus mayores aportes económicos a nivel pesquero en la cuenca. En los primeros lugares se encuentran el Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el Nicuro (*Pimelodus blochii*) y el Bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), siendo las especies más explotadas por su mayor interés y beneficios económicos que les representa a las comunidades. Las demás especies incluyen a Blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*), Pacora (*Plagioscion magdalenae*), Cuatro-ojo (*Megaleporinus muyscorum*), Doncella (*Ageneiosus pardalis*), Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Capaz (*Pimelodus grosskopfii*) y Arenca (*Triportheus magdalenae*).

#### **5.2.1.2.2 Caracterización de comunidades Hidrobiológicas, de acuerdo a los muestreos efectuados (información primaria)**

En este apartado, se presenta la caracterización de las comunidades hidrobiológicas presentes en el área de influencia biótica del proyecto. Los resultados corresponden a los muestreos ejecutados en tres (3) campañas: la primera se ejecutó en el mes de mayo de 2022 (temporada de lluvias), la segunda fue en julio de 2022 (temporada seca) y finalmente, la tercera campaña se realizó en el mes de febrero de 2023 (temporada seca). Con lo anterior, se da cumplimiento a lo establecido en los términos TdR-17 para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA, de proyectos de Sistemas de transmisión de Energía Eléctrica y la metodología para la presentación de estudios ambientales vigente.

##### *5.2.1.2.2.1 Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo.*

Para la descripción de las estaciones monitoreadas, se tuvieron en cuenta características físicas del hábitat tales como: las condiciones geomorfológicas, la vegetación riparia, los tipos de mesohábitats, además de características de los sedimentos, el agua, la actividad económica adyacente, las condiciones climáticas, entre otras. Por otro lado, las estaciones para caracterizar el área de influencia biótica del proyecto son representativas en cuanto a la cobertura espacial, ya que se ubicaron estaciones teniendo en cuenta las pocas intervenciones a los sistemas hídricos y cuerpos de agua en los cuales potencialmente se manifestarán los impactos propuestos para el componente de ecosistemas acuáticos, de acuerdo a las actividades asociadas. Como se mencionó anteriormente, se tuvieron en cuenta épocas climáticas contrastantes, ejecutando así tres (3) campañas: la primera se ejecutó en el mes de mayo de 2022 (temporada de lluvias), la segunda fue en julio de 2022 (temporada seca) y la última, se realizó en el mes de febrero de 2023 (temporada seca). En la Tabla 5-5 y Figura 5-1, se presenta la ubicación de las estaciones de muestreo en el área de estudio, y posteriormente se presenta la descripción de las características de cada uno de ellos. Los reportes de laboratorio, fotografías y demás soportes del presente capítulo se encuentran en los anexos: ANEXO\_5\_2\_12\_LABORATORIO, ANEXO\_5\_2\_13\_BD\_ACUATICOS, ANEXO\_5\_2\_14\_MEM\_CALCULOS.

Los cuerpos de agua monitoreados, corresponden a dos quebradas sin nombre denominadas (NN) y el río Cauca. Es importante mencionar que, los muestreos en el río Cauca se contemplaron en todas las campañas, sin embargo, para el año 2022 se registró el fenómeno de “la Niña”, el cual se extendió por varios meses. Esta condición, incrementó el caudal del río, aumentó la masa de agua y la profundidad, además de generar la erosión e inestabilidad de las orillas, razones por la cuales no se contó con las condiciones de

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>		
		Rev. No.: 2	2023-08-07

seguridad para la toma de muestras en las campañas 1 y 2 (mayo y julio de 2022). Durante la campaña 3 si fue efectivo el monitoreo de este río y, por tanto, se presentan los resultados en la presente caracterización.

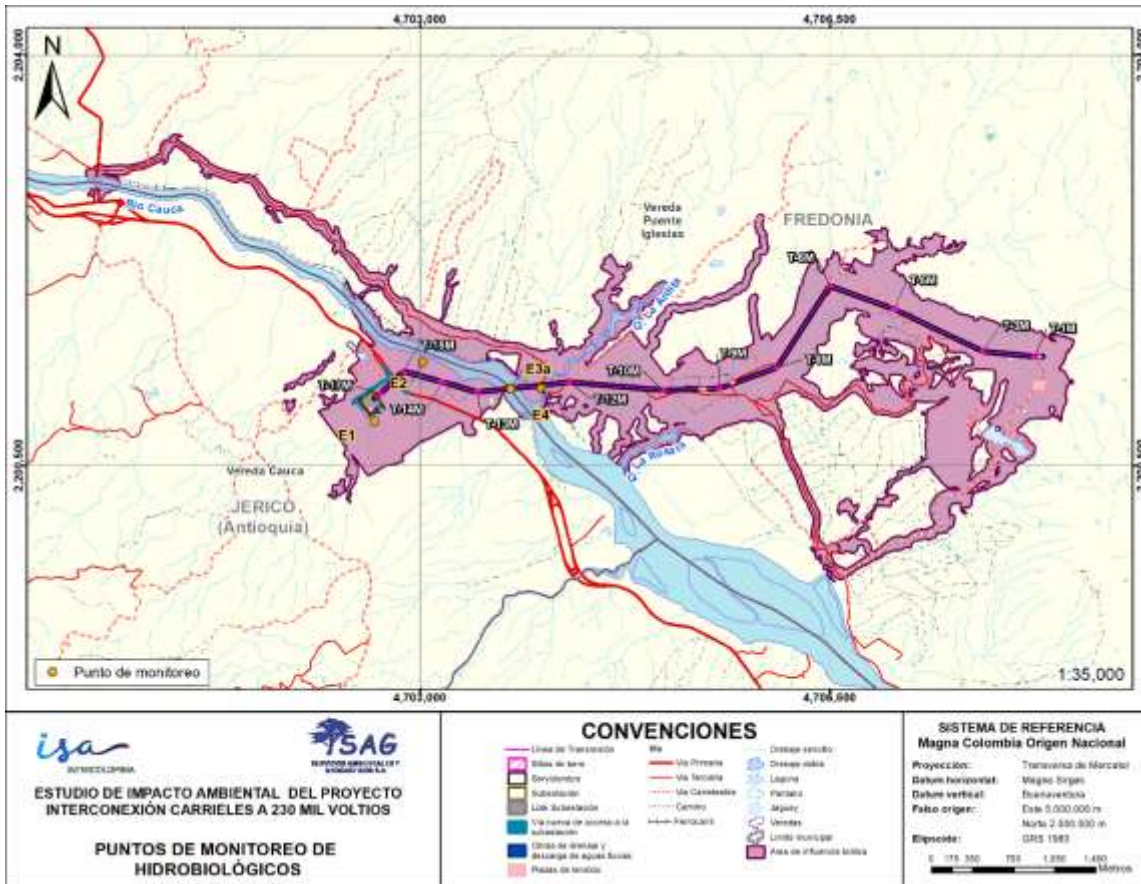
**Tabla 5-5. Ubicación de las estaciones de muestreo hidrobiológico, en el área de influencia del proyecto.**

ID_Punto	Nombre de la fuente	Coordenadas Geográficas		Coordenadas CTM12 Origen único	
		Este	Norte	Este	Norte
<b>E1</b>	Quebrada NN	75° 41' 10,891"	5° 48' 41,610"	4702613,27	2200872,684
<b>E2</b>	Quebrada NN	75° 40' 57,812"	5° 48' 58,134"	4703018,163	2201378,50
<b>E3*</b>	Río Cauca*	75° 40' 58,292"	5° 49' 1,959"	4703003,954	2201496,115
<b>E3a</b>	Río Cauca	75° 40' 33,131"	5° 48' 51,008"	4703776,615	2201155,941
<b>E4</b>	Quebrada NN (Quebrada La Ardita) <sup>30</sup>	75° 40' 24,612"	5° 48' 51,101"	4704038,79	2201157,562

\* Corresponde al punto que se visitó en las dos campañas del 2022, pero no se pudo realizar toma de muestra por las condiciones descritas.

*Fuente: SAG, 2024*

<sup>30</sup> En los registros de campo y de laboratorio esta quebrada aparece como N.N. Posteriormente, el nombre la Ardita fue validado con información de cartografía base e información de la Corporación.



**Figura 5-1. Localización general de los puntos de muestreo hidrobiológico en el área de influencia del Proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

• **E1- Quebrada NN “Aguas Arriba”.**

Este sitio de muestreo se encuentra ubicado sobre una quebrada sin nombre denominada en adelante “NN”, en el sector aguas arriba cercano a la zona de interés donde estará la subestación Carrieles. Este punto se caracteriza por tener en la parte central del cauce lugares con corriente y, hacia las orillas zonas de remanso. En esta quebrada se pudo observar el agua de color marrón y turbia, sin olor ni presencia de grasas, aceites o similares. El sustrato predominante en el sitio fue el rocoso con un porcentaje aproximado de 65 %; seguido a este se registró el sustrato de tipo arenoso (20 %) y limoso en un 15 %. Ambas márgenes de la quebrada presentaron un nivel de inclinación moderado (60 %) con poca erosión. Este sitio presenta vegetación semicontinua con 10 % de árboles mayores a 10 m, 25 % de arbustos y 65 % de herbáceas en la ribera derecha y 1 % de árboles mayores a 10 m, 10 % arbustos y 85 % de herbáceas en la ribera izquierda. Se puede considerar que el estado de conservación de la quebrada en ambas orillas es bueno. No se evidenció ningún tipo de intervenciones antrópicas. Para el monitoreo del mes de mayo de 2022

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>		
		Rev. No.: 2	2023-08-07

(época alta precipitación), se presentaron lluvias en los días anteriores al monitoreo. Durante el mes de julio de 2022 (época seca), se evidenció bajo caudal con la vegetación de orilla seca en altas proporciones (ver Fotografía 5-1).



**Fotografía 5-1. E1- Quebrada NN, aguas arriba**

*Fuente: SAG, 2024*

- **E2- Quebrada NN “Aguas abajo”.**

La estación E2 corresponde a un punto aguas abajo sobre la misma quebrada NN, antes de desembocar al río Cauca; este lugar se caracterizó por tener varios tipos de corriente donde predominaron los rápidos (80%), seguidos de rizados (10%), zonas de remanso y corrientes con 5 % cada uno. El agua en este punto se observó de color marrón con un nivel de turbidez leve; no se evidenciaron olores o presencia de grasas, aceites o similares. El sustrato predominante estuvo conformado por gravas (cantos) y limos con un 30 % cada uno; seguido a este se registró el sustrato de tipo arenoso (25 %) y el rocoso en 15 %. La margen derecha presentó una inclinación escarpada (70 %) con un estado de conservación bueno y poco nivel de erosión (moderado-30 %). En cuanto a la vegetación, en esta orilla se observó de manera continua, con una predominancia de árboles grandes mayores de 10 m (80 %) mientras que los arbustos y herbáceas se registraron en 10 % cada una. Por su parte, la orilla izquierda presentó una inclinación moderada (60 %) con un nivel moderado de erosión (30 %) sin charcas y conservada. La vegetación registrada en esta orilla es semicontinua con suelo desnudo en un 10%, arbustos y herbáceas con 10 % cada una y arboles mayores a 10 m en un 70 %. No se evidenció ningún tipo de intervención, cultivos o viviendas cercanas. Para el monitoreo del mes de mayo de 2022 (época alta precipitación), se presentaron lluvias en los días anteriores al monitoreo y se registran pocos sustratos disponibles para la hidrobiota. Durante el mes de julio de 2022 (época seca), se registró poco caudal y escasos sustratos disponibles para la hidrobiota (ver Fotografía 5-2).

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>		
		Rev. No.: 2	2023-08-07



**Fotografía 5-2. E2- Quebrada NN, aguas abajo**

*Fuente: SAG, 2024*

- **E3a- Río Cauca**

Este sitio de monitoreo presenta agua color marrón y turbia; no se evidenciaron olores o presencia de grasas, aceites o similares. Se observan rápidos en un 100 %, el sustrato predominante estuvo conformado por limos con un 95% y arenoso en 5 %. La margen derecha presentó una inclinación escarpada (80 %) con un estado de conservación bueno y moderada erosión (30 %). Cabe resaltar que, a 40 m del punto de monitoreo se estaban realizando actividades mineras (barequeo). En cuanto a la vegetación, en esta orilla se observó semicontinua, con una predominancia de árboles grandes mayores de 10 m (95 %). Por su parte, la orilla izquierda presentó una inclinación escarpada (60 %) con un nivel moderado de erosión (40%) sin charcas y conservada. La vegetación registrada en esta orilla es semicontinua y arbustos en un 10%.

Para el año 2022, durante las campañas de mayo y julio, no se pudo establecer tramo de muestreo, ya que debido al fenómeno de “la Niña” se incrementó el caudal del río, aumentó la masa de agua y la profundidad, además de generar la erosión e inestabilidad de las orillas, razones por las cuales no se contó con las condiciones de seguridad para la toma de muestras en dichas campañas. Durante la campaña 3 (febrero de 2023), si fue efectivo el monitoreo de este río, desde una zona de playa (Ver Fotografía 5-3).



**Mayo de 2022**



**Julio de 2022**



**Febrero de 2023**

**Fotografía 5-3.      E3a- Río Cauca**

*Fuente: SAG, 2024*

• **E4 – Quebrada NN (Quebrada La Ardita)**

El punto de muestreo se ubica sobre otra quebrada sin nombre denominada “NN”, cercano a la zona de interés donde estará la subestación Carrieles. El sitio de monitoreo se caracteriza por tener lugares con zonas de remanso y sectores con rápidos y rizos. El agua no presentó coloración, ni iridiscencia, con una ligera transparencia y un nivel de turbidez baja. El área de monitoreo presentaba una humedad evidente, esto debido a las posibles lluvias durante la madrugada, sin embargo, el nivel del cuerpo de agua se encontró bajo. Las márgenes de la ribera presentaron estado de erosión moderado (60%) y una inclinación del (40%); el sustrato dominante fue rocoso con un 60% de cobertura y arenoso con 40%, presentando en ambas márgenes una ligera salida del recurso, debido las continuas expansiones del cauce y bifurcaciones presentes. En términos generales este sitio presenta una vegetación semicontinua con 10% de árboles mayores a 10 m, 40% de herbáceas y 50% arboles inferiores a 10 m, entre estos arbustos (10%). El estado de conservación de las orillas es moderado (ver Fotografía 5-4).



Febrero de 2023  
**Fotografía 5-4.**



Febrero de 2023  
**E4 - Quebrada NN (Quebrada La Ardita)**

*Fuente: SAG, 2024*

#### 5.2.1.2.2.2 Perifiton

La caracterización del perifiton en el área de influencia biótica del proyecto, se realizó analizando a la comunidad de manera descriptiva, teniendo en cuenta las estaciones y las campañas de monitoreo; dichos análisis se presentan teniendo en cuenta la categoría taxonómica de género, ya que fue el nivel donde se identificó el 100 % de los taxones.

- Composición y densidad

La comunidad perifítica registrada en el área de influencia del proyecto estuvo conformada por 17 géneros distribuidos en 16 familias, 10 órdenes, seis (6) clases y cuatro (4) divisiones. Para esta última categoría a nivel general se destacaron por el número de taxones Bacillariophyta con 10 géneros seguida de Cyanobacteria con 4 géneros, mientras que Chlorophyta y Charophyta tuvieron registros de 2 y un (1) género respectivamente (Tabla 5-6).

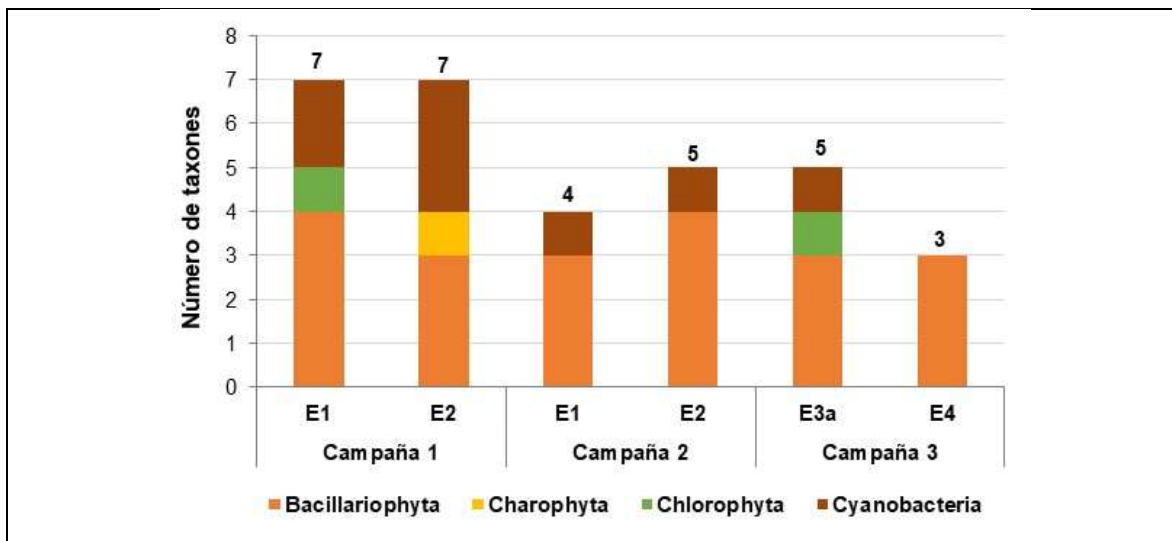
A nivel espacial, en todas las estaciones la división Bacillariophyta fue la de mayor representatividad en números de taxones, con valores que oscilaron entre 3 y 4 géneros; en segundo orden se registró a Cyanobacteria con registros en la mayoría de estaciones (entre 1 y 3 géneros) con excepción de la E4, donde no se registró este grupo microalgal. En cuanto a las divisiones Chlorophyta y Charophyta, estas se registraron en un menor número de estaciones (2 y 1 estación respectivamente) con la presencia de un solo género del perifiton. El mayor número de géneros fue registrado en las estaciones E1 y E2 (campaña 1) con siete (7) géneros cada una, seguida de las estaciones E2 (campaña 2) y E3a (campaña 3) con cinco (5) géneros cada una. Los menores valores se registraron en E1 (campaña 2) y E4 (campaña 3) con cuatro (4) y tres (3) géneros respectivamente (Figura 5-2).

**Tabla 5-6. Composición y estructura de la comunidad de perifiton registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Division	Clase	Orden	Familia	Genero	Campaña 1		Campaña 2		Campaña 3		
					E1	E2	E1	E2	E3a	E4	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	-	-	-	-	2730,6	-	
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	-	64,1	-	-	-	-	
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	544,7	384,4	-	-	4723,2	125	
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	33	-	-	-	-	-	
				<i>Synedra</i>	-	-	-	-	-	150	
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	627,2	192,2	268	163,2	442,8	-	
				Neidiaceae	<i>Neidium</i>	-	-	91	248	-	-
				Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	-	-	300	184	-	200
	Pleurosigmaaceae	<i>Gyrosigma</i>	-	-	-	387,2	-	-			
	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i>	33	-	-	-	-		
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Peniaceae	<i>Penium</i>	-	21,4	-	-	-		
Chlorophyta	Clorophyceae	Sphaeropleales	Microsporaceae	<i>Microspora</i>	264,1	-	-	-	-		
	Ulvophyceae	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	-	-	-	-	1033,2		
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Aphanothecaceae	<i>Aphanothece</i>	825,2	2156,6	-	-	-		
			Microcystaceae	<i>Microcystis</i>	99	42,7	-	-	-		
		Oscillatoriales	Microcoleaceae	<i>Lyngbya</i>	-	6918,3	-	-	3493,2		
			Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	-	-	78	145,6	-		
<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	
<b>Densidad (ind/cm<sup>2</sup>)</b>					<b>2426,2</b>	<b>9779,7</b>	<b>737</b>	<b>1128</b>	<b>12423</b>	<b>475</b>	

Fuente: SAG, 2024





**Figura 5-2. Representatividad del número de taxones por división de la comunidad perifítica registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

La dominancia de diatomeas está asociada a su alta riqueza específica, su capacidad de vivir en diferentes hábitats, incluidas condiciones extremas y normalmente se encuentran en corrientes moderadas a altas y con concentraciones bajas de fosforo. La mayoría de los representantes de Bacillariophyta poseen estructuras especializadas de fijación al sustrato como pedúnculos mucilaginosos largos y cortos, producción de matrices mucilaginosas y colonias en forma de estrella o ramo fijadas por la base, además de sus diminutos tamaños que permiten una rápida fijación en superficies menores, no accesibles a competidores mayores<sup>31</sup>. Así mismo estas microalgas son favorecidas en sitios con velocidades de corriente moderadas a altas<sup>32</sup>. En este sentido, el flujo de agua registrado en las estaciones objeto de este estudio, durante las dos campañas de muestreo, permitió que se establecieran este tipo de microalgas, propias de los primeros estadios de la sucesión ecológica y que soportan variaciones drásticas del caudal.

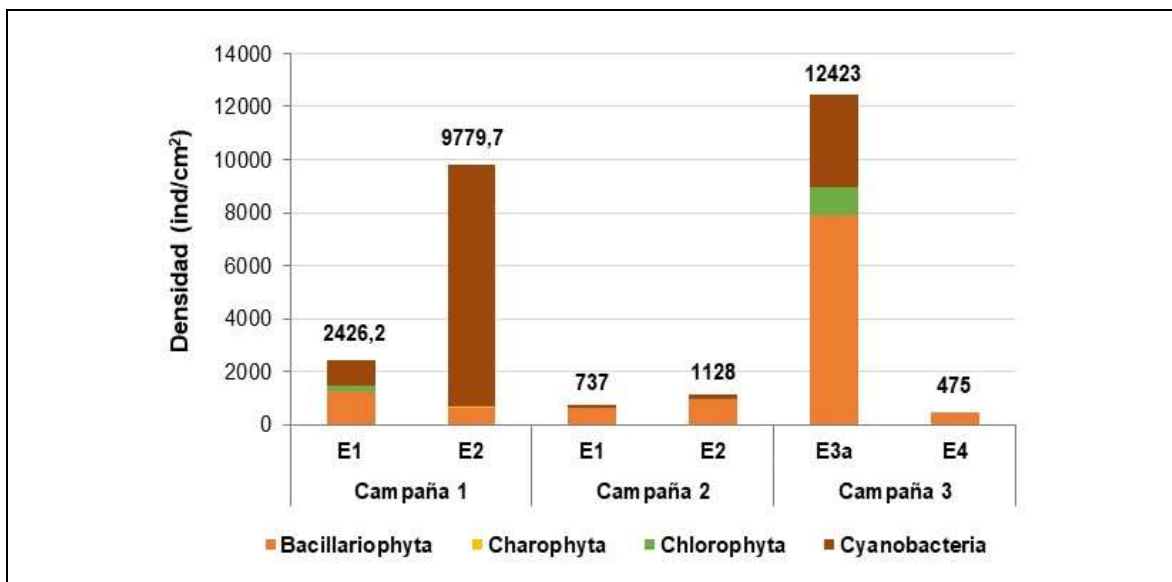
La presencia de las cianobacterias está influenciada por factores tales como la temperatura, el pH (mejor desarrollo en aguas neutras a alcalinas), la disponibilidad de nutrientes y la herbivoría. De las algas verdes se conoce que la mayoría de los taxones que lo integran son sensibles a los cambios en las variables físicas, químicas y de hábitat, por lo que son consideradas buenas indicadores de la calidad ecológica del agua y del nivel de saprobiedad.

<sup>31</sup> RODRIGUES, L.; BICUDO, D. C.; MOSCHINI-CARLOS, V. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: Eduem, 2003, p. 211-230.

<sup>32</sup> HORNER, Richard R., et al. Responses of periphyton to changes in current velocity, suspended sediment and phosphorus concentration. Freshwater biology, 1990, vol. 24, no 2, p. 215-232.

En términos de densidad, la tendencia registrada fue diferente a lo descrito anteriormente. Los mayores valores para este atributo se registraron en las estaciones E3a (campaña 3) con 12423 ind/cm<sup>2</sup> con el mayor aporte realizado por la división Bacillariophyta (7896,6 ind/cm<sup>2</sup>) (Figura 5-3 Tabla 5-6). La segunda estación con mayor densidad, corresponde con la E2 (campaña 1) con un aporte total de 9779,7 ind/cm<sup>2</sup> donde la división Cyanobacteria fue la de mayor proporción (> 90 %; 9117,6 ind/cm<sup>2</sup>).

Los menores valores de densidad se registraron en las estaciones E4 (campaña 3), E1 y E2 (campaña 2) con 475 ind/cm<sup>2</sup>, 737 ind/cm<sup>2</sup> y 1128 ind/cm<sup>2</sup> respectivamente; en las tres estaciones el mayor aporte fue por las bacilariofitas. Ver Figura 5-3 y Tabla 5-6.

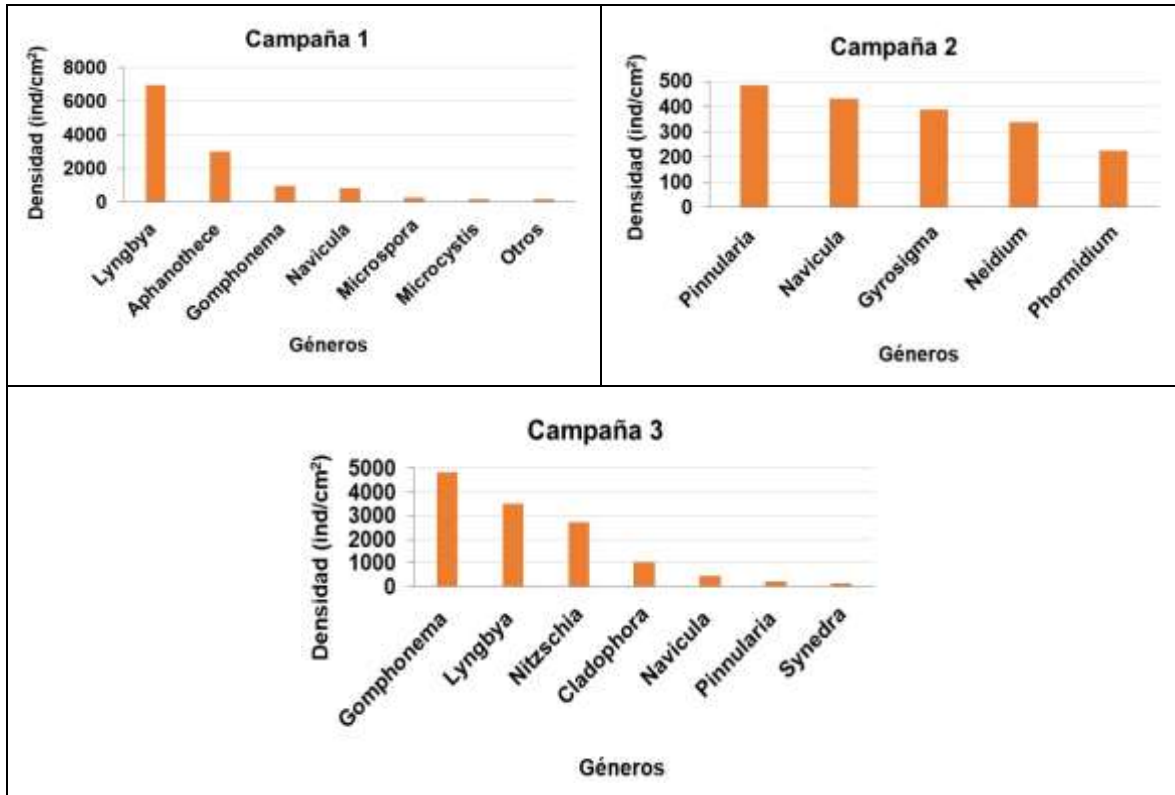


**Figura 5-3. Representatividad de la densidad (ind/cm<sup>2</sup>) del perifiton por división registrado en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

De los géneros más representativos en términos de densidad se destacó la cianobacteria *Lyngbya*, con densidades que estuvieron entre 6918,3 ind/cm<sup>2</sup> (en campaña 1) y 3493,2 ind/cm<sup>2</sup> (en campaña 3), mientras que en campaña 2 esta microalga no fue registrada. De igual manera se destacó la bacilariofita *Gomphonema* con 4848,2 ind/cm<sup>2</sup> en campaña 3, registrada también en campaña 1, pero con menor densidad (929,1 ind/cm<sup>2</sup>). Ver Figura 5-4.

Otros de los géneros importantes fueron *Pinnularia* y *Navicula* registrando las mayores densidades de la campaña 2 (484 ind/cm<sup>2</sup> y 431,2 ind/cm<sup>2</sup>) (Figura 5-4), no obstante, estos valores fueron bajos (> 80 %) comparado con las densidades más altas de las otras campañas (Figura 5-4).



**Figura 5-4. Aporte en densidad (ind/cm<sup>2</sup>) de los géneros registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto**

Fuente: SAG, 2024

En la mayoría de los muestreos la división Bacillariophyta fue la más abundante. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Montoya & Ramírez<sup>33</sup>, Bustamante, *et al.*<sup>34</sup>, Silva, *et al.*<sup>35</sup>, Pedraza & Donato<sup>36</sup> y Gordillo & Reinoso<sup>37</sup>. No obstante, la estructura del perifiton registrada en el área de influencia del proyecto difiere en gran parte frente a lo que registran otros autores para sistemas lóticos andinos y en sistemas fluviales templados<sup>38</sup>. Para estos sistemas algunos autores reportan un mayor desarrollo del perifiton durante los periodos de aguas bajas o seca y reducciones en la diversidad durante los periodos de lluvias. Para el área de influencia se registraron las mayores densidades y número de

<sup>33</sup> MONTOYA, Yimmy; RAMÍREZ, John J. Variación estructural de la comunidad perifítica colonizadora de sustratos artificiales en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. Revista de biología tropical, 2007, vol. 55, no 2, p. 585-593.

<sup>34</sup> BUSTAMANTE, C., et al. Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el Río Quindío. Facultad de Educación. Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. ISSN 978-9943-6645, 2008.

<sup>35</sup> SILVA-BENAVIDES, Ana Margarita; SILLI, Claudio; TORZILLO, Giuseppe. Cyanoprocaryota y microalgas (Chlorophyceae y Bacillariophyceae) bentónicas dominantes en ríos de Costa Rica. Revista de biología tropical, 2008, vol. 56, no 4, p. 221-235.

<sup>36</sup> PEDRAZA-GARZÓN, Edna; DONATO-RONDÓN, John. Diversidad y distribución de diatomeas en un arroyo de montaña de los andes colombianos. Caldasia, 2011, vol. 33, no 1, p. 177-191.

<sup>37</sup> GORDILLO GUERRA, Jonathan Gerardo. Composición y estructura de la comunidad fitoperifítica de la cuenca del río Alvarado, Tolima Colombia. 2014.

<sup>38</sup> Díaz-Quirós, C. & Rivera-Rondón, C. A. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. Caldasia 26, 381-394.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2      2023-08-07

taxones en el periodo de aguas altas (campaña 1), específicamente en la estación E2 (quebrada NN), en la confluencia con el río Cauca y para la campaña 3 (estación E3a), correspondiente con el periodo seco, mientras que los valores más bajos para estos atributos se registraron en la campaña 2 (periodo seco). En este sentido, las variaciones estructurales aquí registradas pueden estar asociados a efectos de los factores intermedios y directos como las condiciones del tramo, hábitats y sustratos disponibles<sup>39</sup> y no a las condiciones de los periodos hidroclimáticos.

A continuación, se describen ecológicamente los géneros más representativos registrados en el área de estudio.

Las altas de *Pinnularia* registradas en los sistemas evaluados se debe en gran parte a que tienen una amplia distribución geográfica<sup>40</sup>. Además, debido a su condición postrada y/o a las fuertes estructuras de adhesión que poseen, pueden sobreponerse a cambios en el caudal, colonizar, establecerse y desarrollarse en diversos sustratos. Este grupo de algas presentan hábitos de vida solitario o forman colonias y son considerados géneros pioneros de bajo perfil, correspondientes a las primeras etapas de sucesión de la comunidad perifítica, puesto que son capaces de colonizar rápidamente las superficies expuestas y desarrollarse en condiciones de alta radiación<sup>41,42</sup>.

Para el género *Navicula* sus densidades se atribuyen a que es un género predominantemente continental con distribución cosmopolita o de difícil restricción geográfica<sup>43,44</sup>. Por sus características de adhesión, este grupo algal puede sobreponerse a cambios en el caudal, colonizar y desarrollarse en sustratos duros (rocas, gravas, cantos rodados) que son los que normalmente conformaron la matriz de las estaciones monitoreadas. Las especies de este género tienen la capacidad de proliferar en casi cualquier ambiente, lo que representa una ventaja competitiva respecto a otros géneros y su dominancia puede indicar sitios altamente perturbados<sup>45</sup>.

En la Fotografía 5-5 se muestran algunos de los géneros de algas perifíticas registradas en el área de influencia.

<sup>39</sup> SALMASO, N. & MG BRAIONI. 2007. Factores que controlan el desarrollo estacional y la distribución de la comunidad de fitoplancton en el curso de las tierras bajas de un río en el norte de Italia (río Adige). *Ecología acuática*.

<sup>40</sup> OLIVEIRA, Maria Angélica et al. Association of periphytic diatom species of artificial substrate in lotic environments in the Arroio Sampaio basin, RS, Brazil: relationships with abiotic variables. *Brazilian Journal of Biology*, 2001, vol. 61, no 4, p. 523-540.

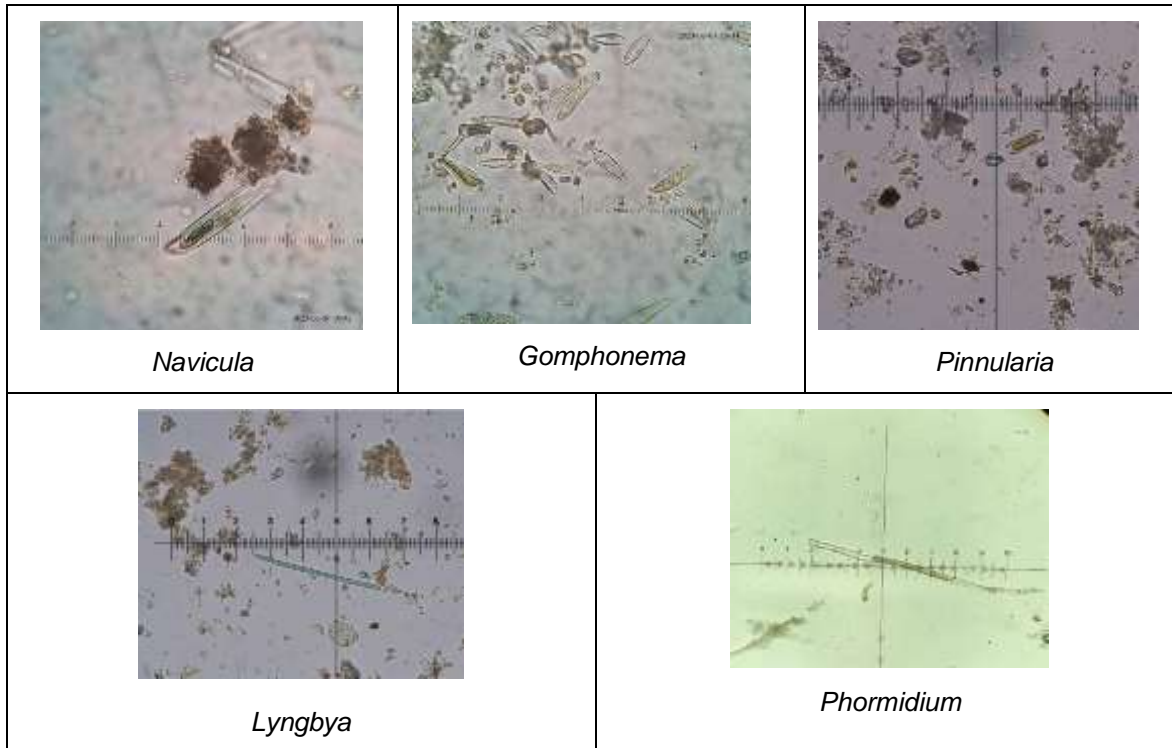
<sup>41</sup> BICUDO, Carlos E de M. MENEZES, Mariângela. Op. Cit. p 65.

<sup>42</sup> BELLINGER, Edward G. SIGEE, David. C. Introduction to freshwater algae. *Freshwater algae: Identification and use as bioindicators*, 2010, p. 1-40.

<sup>43</sup> CHORUS, I. Y J. BARTRAM (eds.).1999. Toxic Cyanobacteria in wáter. A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO.E y FN Spon, London, 416.

<sup>44</sup> BICUDO, C. D. M., & MENEZES, M. 2006. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil (chave para identificação e descrições). São Carlos. Rima. 473p.

<sup>45</sup> RAMÍREZ, A. M., & PLATA-DÍAZ, Y. A. S. M. Í. N. 2008. Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. *Acta Biológica Colombiana*, 13(1), 199-216.



**Fotografía 5-5. Géneros del perifiton registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto**

*Fuente: SAG, 2024*

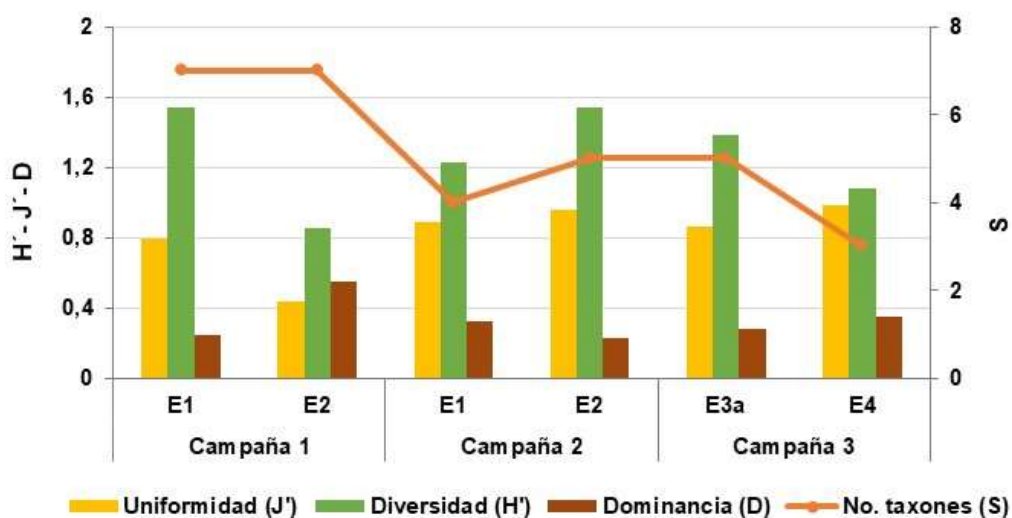
- Índices Ecológicos

Los valores de diversidad en general fueron bajos, oscilando entre 0,85 Nats/ind en E2 de la campaña 1 y 1,54 Nats/ind en E1 (campaña 1) y E2 (campaña 2). Por su parte, la uniformidad tuvo valores cercanos a 1 en su mayoría, congruente con los valores bajos en dominancia, indicando de esta manera que las densidades del perifiton estuvieron distribuidas de una manera equitativa entre los géneros registrados. Con relación a lo anterior solo la estación E2 de la campaña 1 registró un valor bajo de uniformidad (0,44) y medio de dominancia (0,55), lo que está sustentado en la concentración de más del 70 % de la densidad en la cianobacteria *Lyngbya* (6918,3 ind/cm<sup>2</sup>). Ver Figura 5-5 y Tabla 5-6.

El valor más alto de diversidad registrado en la campaña 1, puede estar asociado a los cambios en el caudal o disturbios que facilitan la dispersión de las diferentes morfoespecies<sup>46</sup>. Ahora bien, teniendo en cuenta la persistencia de algunas diatomeas a través de las campañas de monitoreo, donde se presentaron condiciones de caudal diferentes (bajo o alto caudal) esto puede estar relacionado con las adaptaciones

<sup>46</sup> LAMERS, LPM, R. LOEB, AM ANTHEUNISSE, M, MILETTO & ECHET LUCASSEN. 2006. Restricciones biogeoquímicas a la rehabilitación ecológica de humedales. En: RSEW Leuven, AMJ Ragas, AJM Smits & G. van der Velde (eds), Living Rivers: Trends and Challenges in Science and Management. Hidrobiología 565:165-186.

mecánicas de los géneros<sup>47</sup>, tales como pedúnculos y matrices mucilaginosas<sup>48</sup> que le permite la adherencia al sustrato y con ellos resistencia a turbulencias y corrientes<sup>49</sup>, principalmente en diatomeas.



**Figura 5-5. Índices ecológicos del perifiton registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

**Tabla 5-7. Valores de los índices calculados para el perifiton registrado en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Campaña	Estación	No. taxones (S)	Uniformidad (J')	Diversidad (H')	Dominancia (D)
Campaña 1	E1	7	0,79	1,54	0,25
	E2	7	0,44	0,85	0,55
Campaña 2	E1	4	0,89	1,23	0,32
	E2	5	0,96	1,54	0,23
Campaña 3	E3a	5	0,86	1,38	0,28
	E4	3	0,98	1,08	0,35

Fuente: SAG, 2024

- Variación espacio-temporal

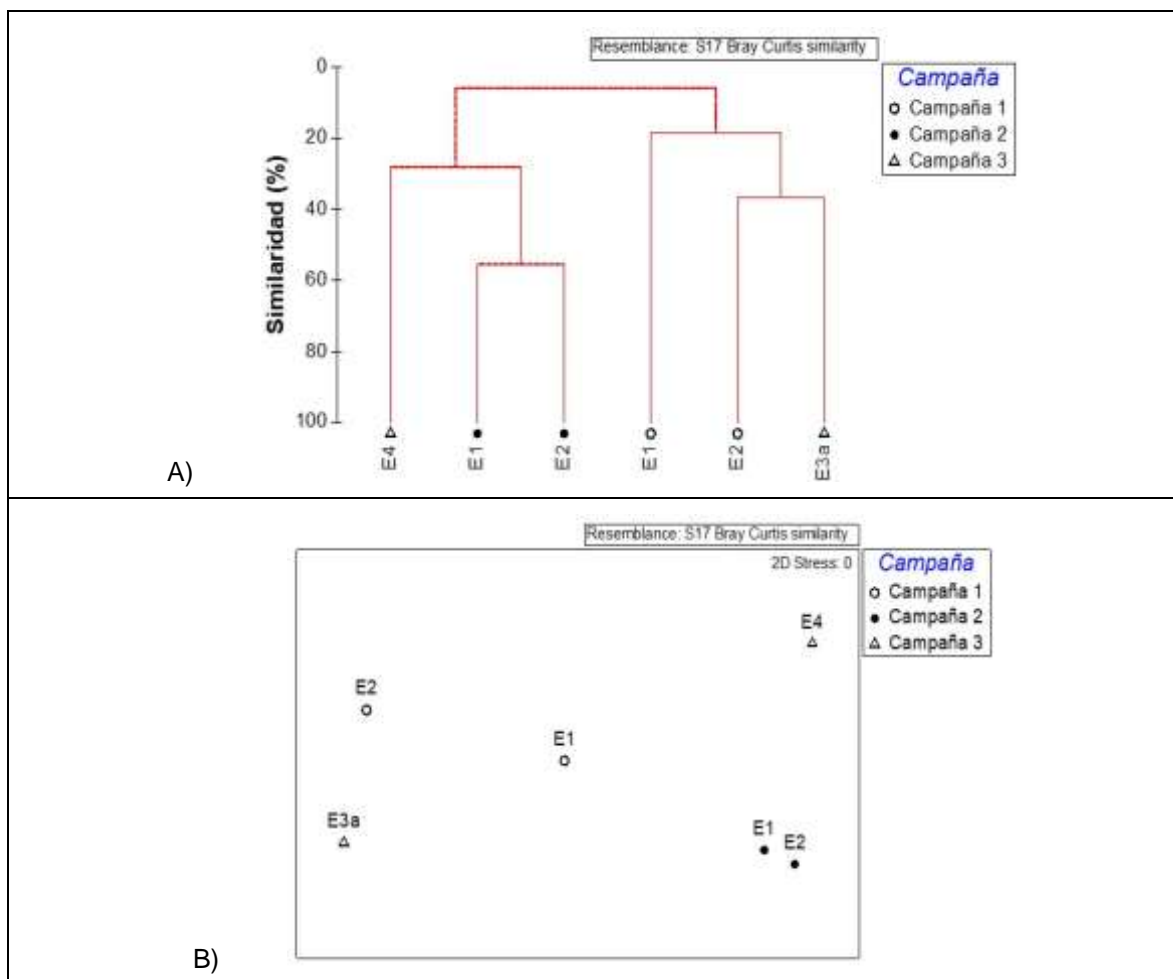
La variación estructural del perifiton a nivel espacial (estaciones) y temporal (campañas de monitoreo) se evaluó por medio de los análisis de clasificación y ordenación, donde, de acuerdo a los resultados obtenidos, se evidenció que no hubo alguna tendencia de asociación por estaciones y/o campañas de monitoreo (Figura 5-6), lo que fue confirmado

<sup>47</sup> Íbid,

<sup>48</sup> ROUND, F. E. Diatoms in river water-monitoring studies. Journal of applied phycology, 1991, vol. 3, no 2, p. 129-145.

<sup>49</sup>

con la prueba Anosim ( $R=0,22$ ;  $p= 0,33$ ). Este resultado está indicando que la comunidad perifítica registrada en el área de influencia del proyecto es homogénea, con diferencias que no son significativas.



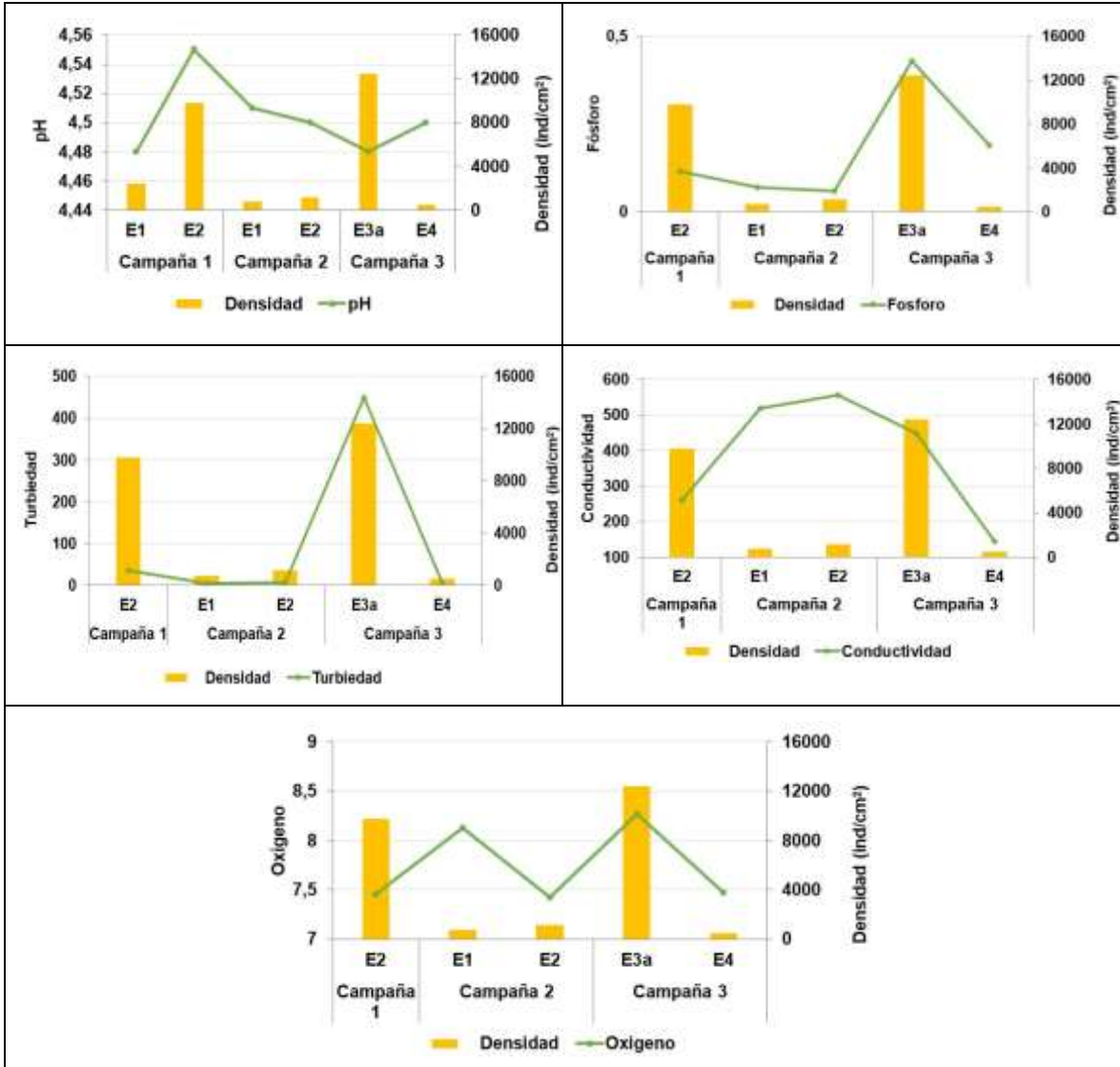
**Figura 5-6. Dendrograma de clasificación-Cluster (A) y ordenación nMDS para el perifiton registrado en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

- Relación con variables ambientales

Dentro de los factores considerados como limitantes para el desarrollo del perifiton encontramos entre otros la transparencia, turbidez, movimiento del agua, velocidad y corriente, disponibilidad de sustrato, nutrientes (nitrógeno, fosforo), pH.

Para visualizar la tendencia de las variables fisicoquímicas con las biológicas se realizaron gráficas de tendencias con las variables fisicoquímicas relacionadas con la estructura de la comunidad perifítica (Figura 5-7).



**Figura 5-7. Tendencia de relación de la densidad perifítica con algunas variables ambientales registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

*Fuente: SAG, 2024*

En este sentido, para el pH no se registró una tendencia definida y esto puede ser por sus valores poco variables (entre 4,48 y 4,55). De acuerdo a la literatura, en sitios donde se registran pH de 4 o menores a este valor, se constituyen matrices con ácidos húmicos y con desarrollo principal del grupo de desmidiáceas<sup>50</sup>; lo anterior difiere de los resultados

<sup>50</sup> ROLDÁN PÉREZ, Gabriel; RAMÍREZ RESTREPO, John Jairo. 2022. Op. Cit. p. 457.



	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>		
		Rev. No.: 2	2023-08-07

registrados para el área de influencia ya que este grupo algal no se registró en ninguna de las estaciones.

Para el caso de la conductividad y el oxígeno disuelto no se observaron tendencias de relación con la densidad perifítica registradas en las estaciones de monitoreo.

El fósforo total y la turbiedad presentaron picos en algunas de las estaciones de monitoreo; con base en esto se esperaría que, donde se presentaron los mayores valores para estas variables, la densidad disminuyera, ya que esta comunidad no puede crecer apropiadamente si la luz disponible llega a ser atenuada por la turbidez y nutrientes, es decir, una acumulación excesiva de sólidos limita la cantidad y calidad de luz, dificultando allí los procesos fotosintéticos de los autótrofos<sup>51</sup>.

A pesar de lo descrito anteriormente, en el área de influencia se registró lo contrario, con las densidades perifíticas más altas en las estaciones con valores de turbiedad y fósforo más alto. Estos resultados pueden estar sustentados principalmente por los géneros *Gomphonema*, *Navicula* y *Lyngbya*, considerados como grupos con tolerancia a sitios con contaminación<sup>52</sup>. Cabe resaltar que estas microalgas también se registraron con densidades altas en otras estaciones.

En términos generales, la mayoría de las diatomeas y cianobacterias dominantes en el AI son tolerantes con contaminación de tipo químico<sup>53</sup>, por lo tanto, es posible inferir que las variables ambientales no fueron determinantes en el establecimiento y estructura comunitaria.

- Conclusiones

La composición del perifiton registrado en el área de influencia corresponde con el descrito para otros sistemas lóticos andinos.

En términos de número de taxones se registraron los mayores valores para las estaciones E1 y E2 de la campaña 1 (periodo de lluvias), correspondientes en su mayoría a la división Bacillariophyta. El menor valor para este atributo comunitario se registró en la estación E4, monitoreada en campaña 3 (periodo seco).

La densidad fue mayor en las estaciones E3a (periodo seco) (río Cauca) y E2 (periodo lluvia) (quebrada NN) con los mayores aportes realizados por las diatomeas bacilariofitas *Gomphonema* y *Nitzschia* en la primera y por las cianobacterias *Lyngbya* y *Aphanothece* en la segunda estación.

No se evidenciaron tendencias de agrupaciones a nivel espacial o temporal, lo que indica que la comunidad perifítica registrada en el área de influencia del proyecto es homogénea y, que los cambios observados en cuanto a la estructura están asociados a factores intermedios como condiciones del tramo, hábitats disponibles, estructuras especializadas para fijación, etc. y no a condiciones hidroclimáticas.

<sup>51</sup> HEFFERNAN, James B.; COHEN, Matthew J. Direct and indirect coupling of primary production and diel nitrate dynamics in a subtropical spring-fed river. *Limnology and oceanography*, 2010, vol. 55, no 2, p. 677-688.

<sup>52</sup> CHRISTENSEN, T. The Diatoms. *Biology and Morphology of the Genera*. 1991.

<sup>53</sup> ROLDÁN PÉREZ, Gabriel; RAMÍREZ RESTREPO, John Jairo. 2022. Fundamentos de limnología neotropical. Bogotá: Academia colombiana de Ciencias Exactas, físicas y Naturales. p-468.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2    2023-08-07

#### 5.2.1.2.2.3 *Macroinvertebrados*

Los análisis de resultados de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos se centraron a nivel de familia, ya que fue el nivel taxonómico al cual se llegó con una identificación más precisa.

- Composición y densidad

El ensamblaje de la comunidad durante las tres campañas, estuvo conformado por 50 taxones (28 identificados hasta género y 22 indeterminados), pertenecientes a 30 familias (4 indeterminadas), 11 órdenes (1 indeterminado), dos (2) clases y dos (2) phylum (Tabla 5-8).

Respecto al número de taxones, los grupos más representativos a nivel de orden fueron: Diptera con un total de 13 taxones, seguido de Ephemeroptera con 9 taxones y, finalmente los órdenes Coleoptera y Odonata con 6 taxones cada uno. Por su parte, los órdenes que obtuvieron el menor aporte fueron Hygrophila, Lepidoptera, Littorinimorpha y Plecoptera con un taxón cada uno.

A nivel temporal y espacial, durante la campaña 1 el mayor número de taxones se reportó en la estación E1 con 21 taxones, mientras que la estación E2 solo obtuvo ocho (8) taxones. Para la campaña 2, el número de taxones obtenidos fue muy similar, reportando en la estación E1 nueve (9) taxones y en la estación E2 ocho (8) taxones. Por último, en la campaña 3, la estación E3a obtuvo tres taxones mientras que la estación E4 reportó nueve (9) taxones (Figura 5-8).

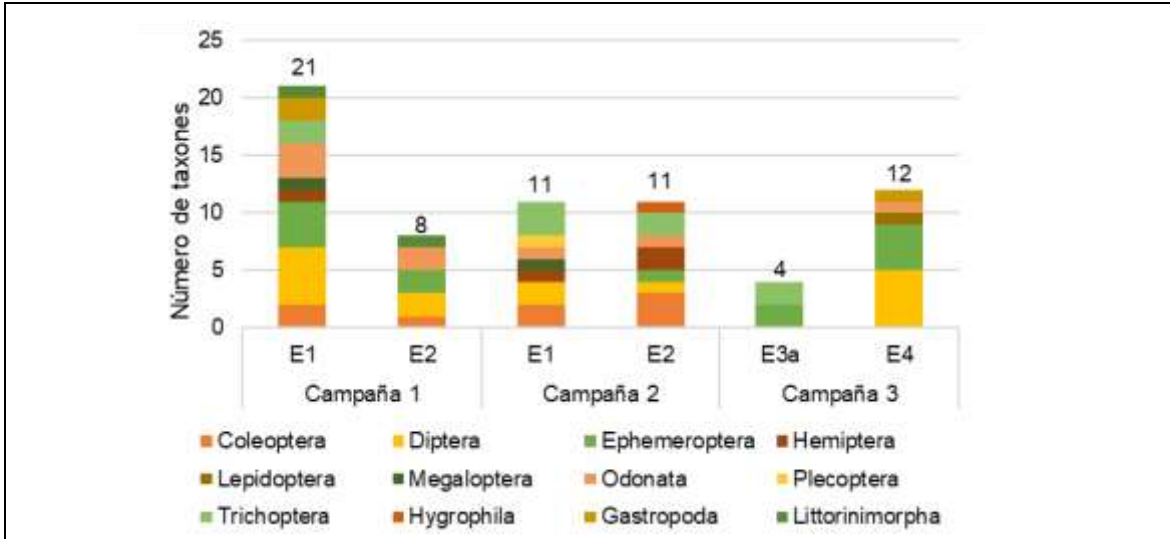
**Tabla 5-8. Clasificación taxonómica de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto**

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Campaña 1		Campaña 2		Campaña 3		
					E1	E2	E1	E2	E3A	E4	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrelmis</i>	-	-	2,22	-	-	-	
				<i>Austrolimnius</i>	-	-	-	13,33	-	-	
				<i>Cylloepus</i>	-	-	8,89	-	-	-	
				<i>Macrelmis</i>	-	-	-	12,22	-	-	
			Hydrophilidae	Indeterminado	2,22	1,11	-	-	-	-	
			Psephenidae	<i>Psephenops</i>	1,11	-	-	2,22	-	-	
		Diptera	Blephariceridae	Indeterminado	-	1,11	-	-	-	-	
			Ceratopogonidae	Indeterminado	1,11	-	-	-	-	-	
			Chironomidae	<i>Chironomus</i>	-	-	-	-	-	-	25,00
				Indeterminado (Chironominae)	-	-	-	-	-	-	1,39
				Indeterminado (Tanypodinae)	3,33	-	-	-	-	-	11,11
				<i>Polypedilum</i>	-	-	14,44	-	-	-	-
				<i>Procladius</i>	-	-	-	25,56	-	-	-
			Culicidae	Indeterminado	-	1,11	-	-	-	-	
			Dixidae	Indeterminado	1,11	-	-	-	-	-	
			Psychodidae	<i>Maruina</i>	-	-	-	-	-	2,78	
			Simuliidae	Indeterminado	1,11	-	-	-	-	-	
				<i>Simulium</i>	-	-	20,00	-	-	416,67	
			Tipulidae	Indeterminado	1,11	-	-	-	-	-	
			Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i>	-	-	-	-	1,39	47,22
		Indeterminado			26,67	-	-	-	-	-	
		Caenidae		<i>Caenis</i>	-	-	-	-	-	15,28	
		Indeterminado		Indeterminado	5,56	2,22	-	-	-	-	
Leptohyphidae	Indeterminado	20,00		-	-	-	-	-			
Leptophlebiidae	Indeterminado	5,56	3,33	-	-	4,17	-				

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Campaña 1		Campaña 2		Campaña 3	
					E1	E2	E1	E2	E3A	E4
				<i>Thraulodes</i>	-	-	-	-	-	11,11
				<i>Traverella</i>	-	-	-	7,78	-	-
				<i>Tricorythodes</i>	-	-	-	-	-	31,94
		Hemiptera	Gerridae	<i>Trepobates</i>	-	-	3,33	-	-	-
			Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>	-	-	-	1,11	-	-
			Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	5,56	-	-	14,44	-	-
		Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	-	-	-	-	-	1,39
		Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	-	-	1,11	-	-	-
			Indeterminado	Indeterminado	1,11	-	-	-	-	-
		Odonata	Coenagrionidae	Indeterminado	4,44	-	-	-	-	-
			Indeterminado	Indeterminado	-	2,22	-	-	-	-
			Lestidae	Indeterminado	1,11	-	-	-	-	-
			Libellulidae	<i>Idiataphe</i>	-	-	-	-	-	2,78
		Indeterminado		Indeterminado	6,67	2,22	-	-	-	-
			<i>Macrothemis</i>	-	-	7,78	15,56	-	-	
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	-	-	2,22	-	-	-
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	-	-	5,56	6,67	6,94	-
				<i>Smicridea</i>	1,11	-	4,44	-	1,39	-
			Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i>	-	-	7,78	5,56	-	-
			Indeterminado	Indeterminado	3,33	-	-	-	-	-
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	-	-	-	10,00	-	-
		Indeterminado	Physidae	Indeterminado	1,11	-	-	-	-	-
				<i>Physa</i>	-	-	-	-	-	1,39
			Planorbidae	Indeterminado	1,11	-	-	-	-	-
	Littorinimorpha	Cochliopidae	Indeterminado	1,11	1,11	-	-	-	-	
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>11 + 1 ind</b>	<b>30 + 4 ind</b>	<b>28 + 22 ind</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
<b>Densidad (Ind/m<sup>2</sup>)</b>					<b>95,55</b>	<b>14,43</b>	<b>77,78</b>	<b>114,44</b>	<b>13,89</b>	<b>568,06</b>

Fuente: SAG, 2024

 <p><b>TSAG</b> SERVICIOS AMBIENTALES Y GEOGRÁFICOS S.A.</p>	<p><b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b></p>	 <p><i>isa</i> INTERCOLOMBIA</p>
<p>Rev. No.: 2    2023-08-07</p>		

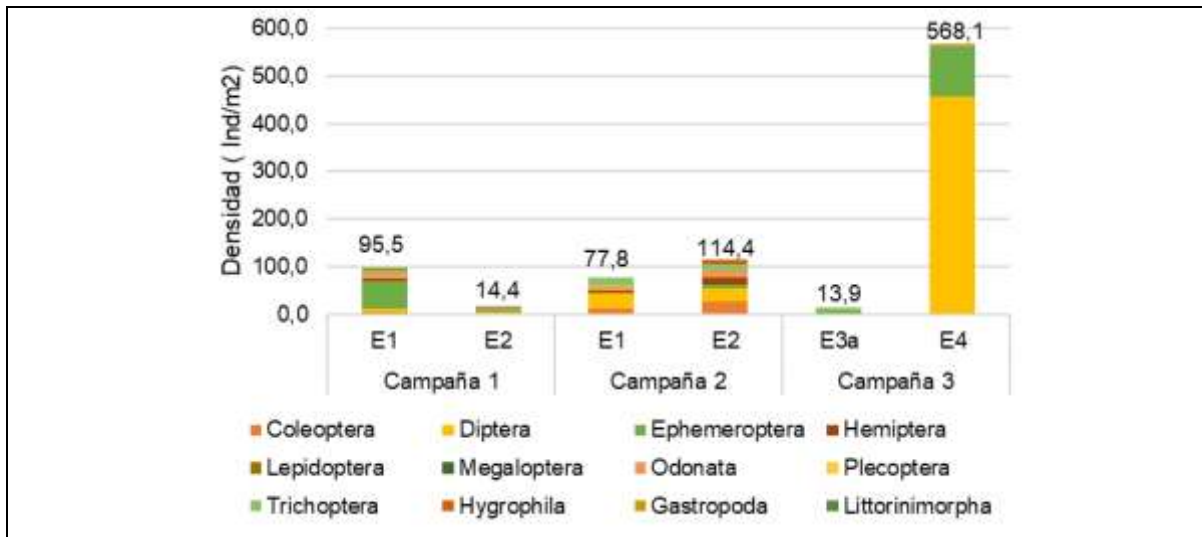


**Figura 5-8. Representatividad de los órdenes de Macroinvertebrados acuáticos a nivel de número de taxones en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

*Fuente: SAG, 2024*

En términos de la densidad, se reportó un total de 884,15 Ind/m<sup>2</sup>, de los cuales, el orden Diptera nuevamente obtuvo el mayor aporte con 556,93 Ind/m<sup>2</sup>, seguido por Ephemeroptera con 182,23 Ind/m<sup>2</sup>; los demás órdenes reportaron densidades inferiores a 50 Ind/m<sup>2</sup>.

En cuanto al análisis espaciotemporal, la campaña 1 registró una densidad de 95,5 Ind/m<sup>2</sup> en la estación E1, mientras que en la estación E2 este atributo fue inferior con 14,4 Ind/m<sup>2</sup>. En la segunda campaña, las densidades reportadas se comportaron de manera inversa a lo anteriormente descrito, con el menor valor en la estación E1 (77,8 Ind/m<sup>2</sup>) y el mayor en E2 (114,4 Ind/m<sup>2</sup>). Para la campaña 3, la densidad en la estación E3a fue baja con 13,9 Ind/m<sup>2</sup>, mientras que la estación E4 presentó la densidad más alta con 568,1 Ind/m<sup>2</sup>(Figura 5-9).



**Figura 5-9. Representatividad de los órdenes de Macroinvertebrados acuáticos en términos de densidad en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

*Fuente: SAG, 2024*

Los dípteros son un grupo que tiene una amplia distribución debido a la alta riqueza de especies, en donde se pueden encontrar organismos con tolerancias y distribuciones diferenciales, debido a las variadas funciones ecológicas que presentan<sup>54</sup>, como lo son el régimen alimentario y los mecanismos de respiración, esto permite que puedan colonizar un sin número de hábitats<sup>55</sup>. Por su parte los efemerópteros son insectos característicos por tener una vida corta más son muy importantes en la cadena de energía de los sistemas acuáticos ya que son fuente de alimento de otros organismos, así como son también procesadores de materia orgánica, sus ninfas se encuentran en mayor abundancia en ríos y arroyos con fondos rocosos<sup>56</sup>. Los coleópteros son el grupo más numeroso de organismos en la región neotropical, se encuentran en cualquier tipo de hábitat, pero su riqueza es mucho mayor en sistemas lénticos, asociados a la vegetación litoral hay familias que son características solo de sistemas lóticos<sup>57</sup>.

A nivel de familias, en la primera campaña las mayores densidades las reportaron organismos de las familias Baetidae (26,67 Ind/m<sup>2</sup>) y Leptohipidae (20,00 Ind/m<sup>2</sup>), familias que se caracterizan por tener adaptaciones para las aguas rápidas como lo es la forma comprimida de los cuerpos y las garras bien desarrolladas en las patas para poder adherirse

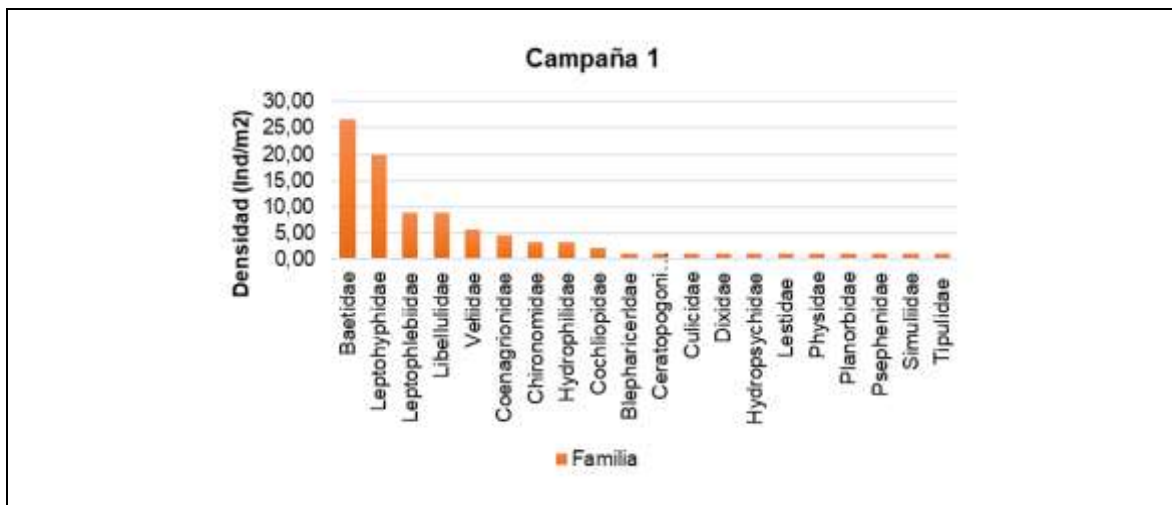
<sup>54</sup> ROJAS-SANDINO, Laura D.; REINOSO-FLÓREZ, Gladys; VÁSQUEZ-RAMOS, Jesús M. Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Díptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia. Biota colombiana, 2018, vol. 19, no 1, p. 70-91.

<sup>55</sup> DOMÍNGUEZ, Eduardo; FERNÁNDEZ, Hugo R. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 2009, vol. 656.

<sup>56</sup> FLOWERS, Ralph Wills; DE LA ROSA, C. Capítulo 4: Ephemeroptera. Revista de Biología Tropical, 2010, vol. 58, p. 63-93.

<sup>57</sup> DOMINGUEZ. Op., cit. p. 412

bien a las piedras en lugares torrentosos<sup>58</sup>, características observadas en la quebrada en estudio. En la segunda campaña, las familias más representativas por su contribución a la densidad fueron Chironomidae con 40,00 Ind/m<sup>2</sup> y Elmidae con 36,67 Ind/m<sup>2</sup>, grupos de organismos que viven en aguas corrientes con alto contenido de oxígeno<sup>59</sup>. Por último, en la tercera campaña, la familia con mayor densidad fue Simuliidae (Figura 5-11), aportando un total de 416,67 Ind/m<sup>2</sup>; estos organismos se caracterizan por tomar el oxígeno disuelto en el agua y, por tanto, se encuentran en lugares con alta corriente y sitios con alta luminosidad<sup>60</sup>, características presentadas en E4 (Figura 5-10).

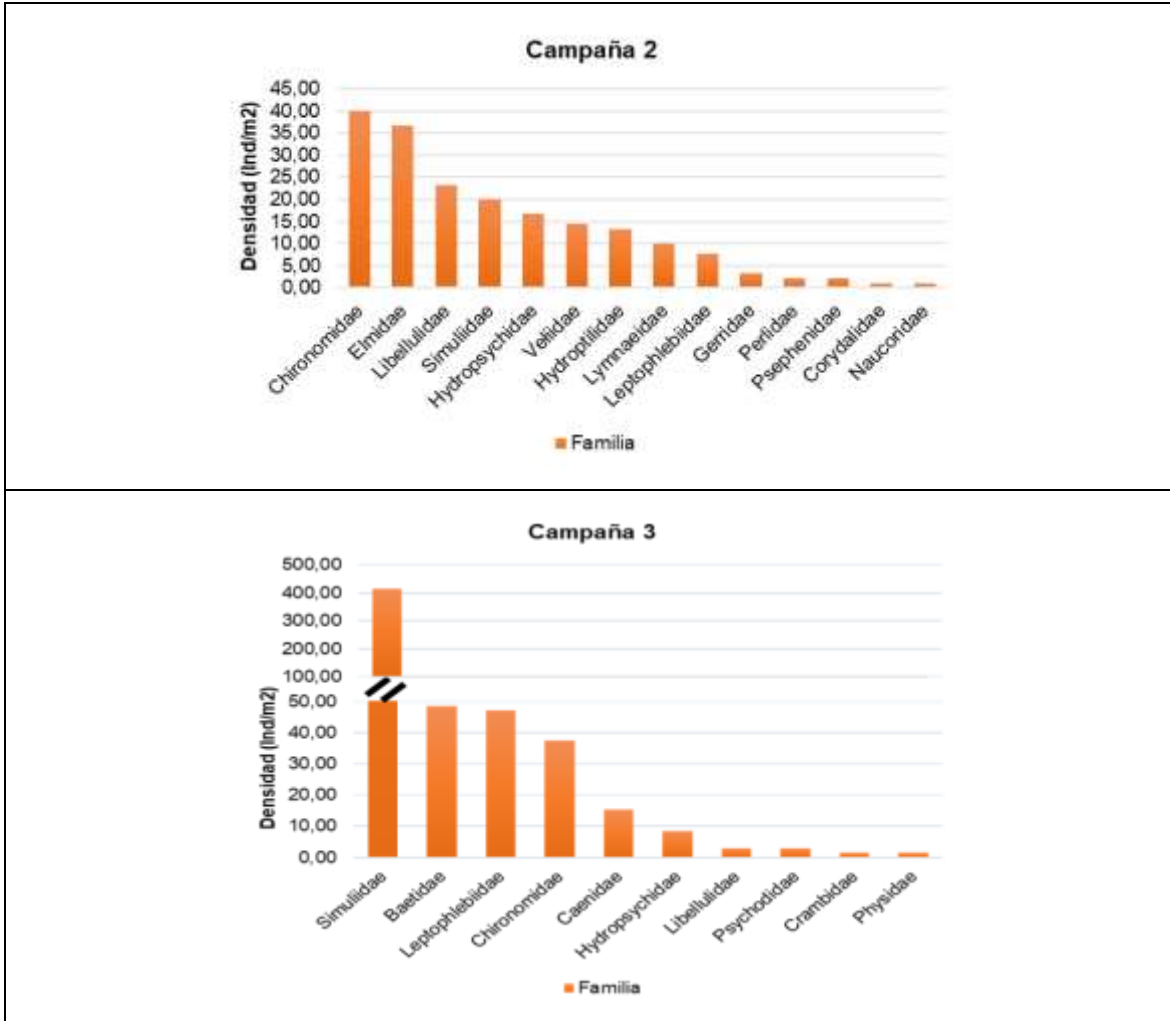


<sup>58</sup> FLOWERS. Op., cit. p. 64

<sup>59</sup> DOMINGUEZ. Op., cit. p. 450

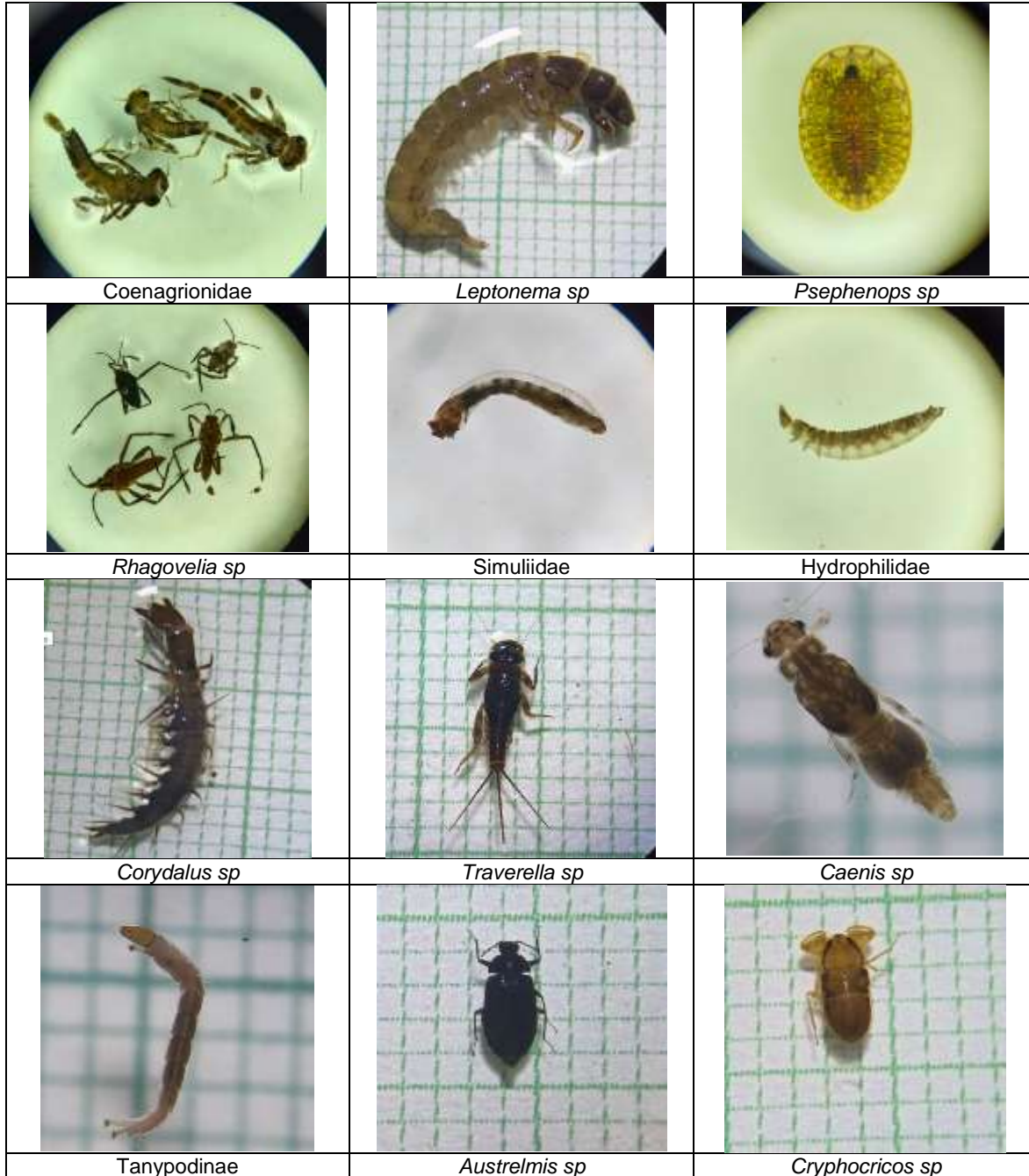
<sup>60</sup> Ibid. p. 367





**Figura 5-10. Representatividad de los órdenes de Macroinvertebrados acuáticos en términos de densidad en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

*Fuente: SAG, 2024*



**Figura 5-11. Representantes de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

- Índices Ecológicos

En la primera campaña, el valor del índice de Shannon en E1 fue de  $H=2,30$  Nats/Ind siendo la diversidad más alta, en comparación con la estación E2 cuyo valor fue de  $H=1,78$  Nats/Ind.. Por su parte, la riqueza presentó un comportamiento similar, con su valor más alto en E1 (19 familias), mientras que en E2 la riqueza fue de 7 familias. Para ambas estaciones se pudo observar un índice de uniformidad cercano a 1, lo que establece una distribución uniforme de la densidad ente las familias reportadas.

En la segunda campaña, la diversidad fue mayor en E2 con  $H=2,03$  Nats/Ind, mientras que E1 fue de  $H=2,03$  Nats/Ind. En este caso, la riqueza también tuvo una variación similar a la diversidad, con el valor más alto de 10 familias en E2 y una riqueza de 9 familias para E1. De igual manera, para esta esta campaña se presentó una alta uniformidad en la repartición de la densidad entre las familias presentes en cada estación de la quebrada NN.

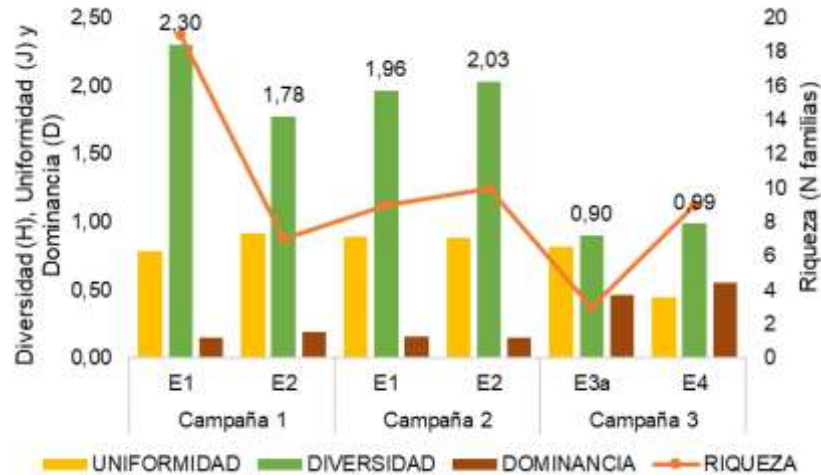
Por último, en la campaña 3 se registraron las diversidades más bajas con un valor de  $H=0,90$  y  $H=0,99$  Nats/Ind en las estaciones E3a (río Cauca) y E4 (Quebrada NN -La Ardita) respectivamente. La riqueza para el sitio en el río Cauca (E3a) fue baja (tres familias), en comparación con lo registrado para la quebrada NN (E4) (9 familias). A pesar de la baja riqueza de especies de la estación E3a, los valores de uniformidad fueron altos, suponiendo que es equitativa la distribución de las densidades. Si embargo, para E4 los índices de uniformidad y dominancia fueron intermedios, con lo cual se puede inferir que existe algún taxón con potencial dominante, que, para este caso particular, se debe a una alta densidad de la familia Simuliidae presente en este sitio.

En la Tabla 5-9 y la Figura 5-12, se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los atributos de diversidad.

**Tabla 5-9. Índices de diversidad de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Campaña	Estación	No. taxones (S)	Uniformidad (J')	Diversidad (H')	Dominancia (D)
Campaña 1	E1	19	0,78	2,30	0,15
	E2	7	0,91	1,78	0,20
Campaña 2	E1	9	0,89	1,96	0,16
	E2	10	0,88	2,03	0,15
Campaña 3	E3a	3	0,82	0,90	0,46
	E4	9	0,45	0,99	0,56

*Fuente: SAG, 2024*

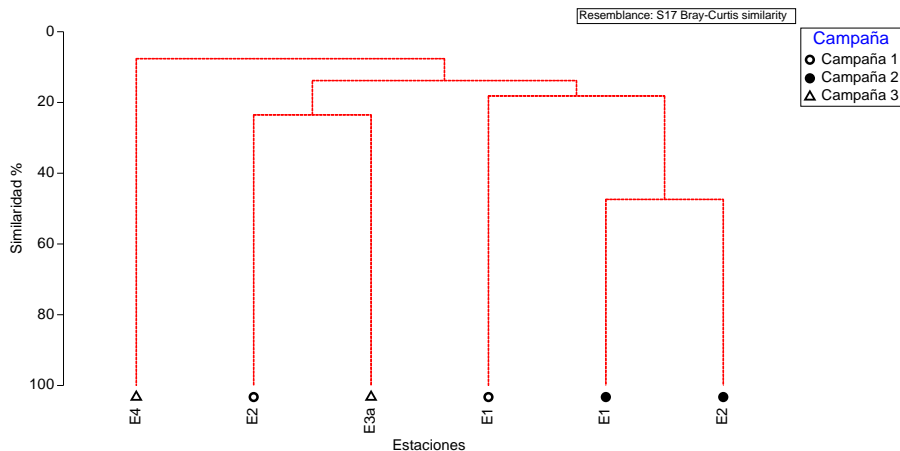


**Figura 5-12. Índices de diversidad y riqueza de los Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

*Fuente: SAG, 2024*

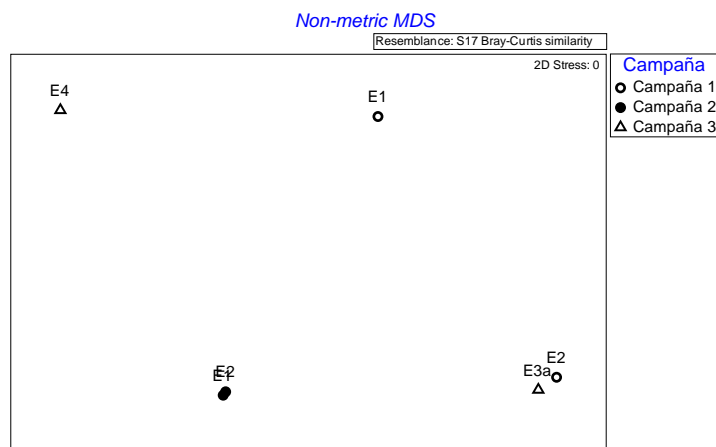
- Variación espacio-temporal

Para comparar la composición y estructura espaciotemporalmente, es decir, entre las estaciones y campañas, se realizaron los análisis de clasificación de Bray-Curtis y ordenación nMDS (ver Figura 5-13 y Figura 5-14). Los resultados de los análisis a nivel general, no muestran agrupaciones significativas entre estaciones y campañas de muestreo. Aunque se presenten taxones exclusivos de cada estación, la comunidad de macroinvertebrados es homogénea espaciotemporalmente (Figura 5-14).



**Figura 5-13. Análisis de similitud de Bray-Curtis, por medio del método de agrupamiento Clúster, de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024



**Figura 5-14. Análisis de ordenación nMDS de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

- Relación con variables ambientales

En cuanto a la relación de los parámetros fisicoquímicos con los biológicos se tuvo en cuenta aquellos que tiene una mayor influencia sobre la comunidad y que a su vez presentaron valores detectables dentro de los análisis realizados.

Con base en lo anterior, se analiza el efecto del oxígeno disuelto como uno de los principales factores que junto a la temperatura modulan la estructura de la comunidad<sup>61</sup>. En este caso, para las dos estaciones de la quebrada NN (E1 y E2), durante las dos campañas el oxígeno osciló entre 7,42 mg/L a 8,13 mg/L y, para las estaciones E3a y E4 durante la campaña 3, la variación de este parámetro fue de 8,27 mg/L y 7,47 mg/L respectivamente (Figura 5-15a). Por su parte, la temperatura general osciló entre 23°C y 29,7°C (Figura 5-15b), rangos que se consideran óptimos para la preservación y desarrollo de la vida acuática, según lo establecido en el Decreto 1076 de 2015<sup>62</sup>. A nivel temporal y espacial, no se ve una relación clara entre el oxígeno disuelto y las densidades reportadas, sin embargo, si se pudo observar que, en los sitios con mayores reportes de esta variable, se reportaron varias familias típicas de aguas bien oxigenadas como Leptohyphidae, Baetidae, Leptophlebiidae, entre otras.

Los sólidos disueltos totales son una medida de la materia orgánica (detritus) e inorgánica (iones) presente en el medio<sup>63</sup> y está muy relacionada con la conductividad, dichos parámetros son importantes porque permiten tener una noción del metabolismo en los ecosistemas acuáticos<sup>64</sup>. Para dicho parámetro, se observó una relación entre las campañas y los valores obtenidos, en donde en la primera campaña (lluvias), los SDT en las estaciones E1 y E2 (Quebrada NN) oscilaron entre 186 y 201 mg/L, valores inferiores a los registrados en la segunda campaña (época seca), en la cual los valores fueron de 260 y 275 mg/L para E1 y E2 respectivamente (Figura 5-15c). En este sentido, se puede decir que, los efectos de las lluvias generan un lavado de materiales y disolución de iones presentes, además del arrastre de organismos, lo que generó que en la campaña 1 las densidades fueran menores.

En la tercera campaña los SDT fueron los más bajos en la estación E3a (río Cauca) con un valor de 136 mg/L, mientras que E4 reportó los valores más altos 322 mg/L (Figura 5-15c). En este último punto en mención la densidad fue mayor, atribuida en su mayoría a organismos de la familia Simuliidae, organismos filtradores de detritus y reófilos (viven en aguas con corriente)<sup>65</sup>, por tanto, dichas condiciones fueron propicias para el aumento de estos organismos.

La conductividad exhibió un comportamiento similar a los SDT en donde fue inferior en la primera campaña (lluvias) con 232  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (E1) y 260  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (E2) y luego aumento en la segunda campaña (seca) con 519  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (E1) y 556  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (E2); en la tercera campaña la estación E3a presentó un valor de 449  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y E4 144,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 5-15d). Según la literatura aguas con elevados valores de SDT y conductividades limitan la vida de muchas

<sup>61</sup> PÉREZ, Gabriel Roldán; RESTREPO, John Jairo Ramírez. *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia, 2008.

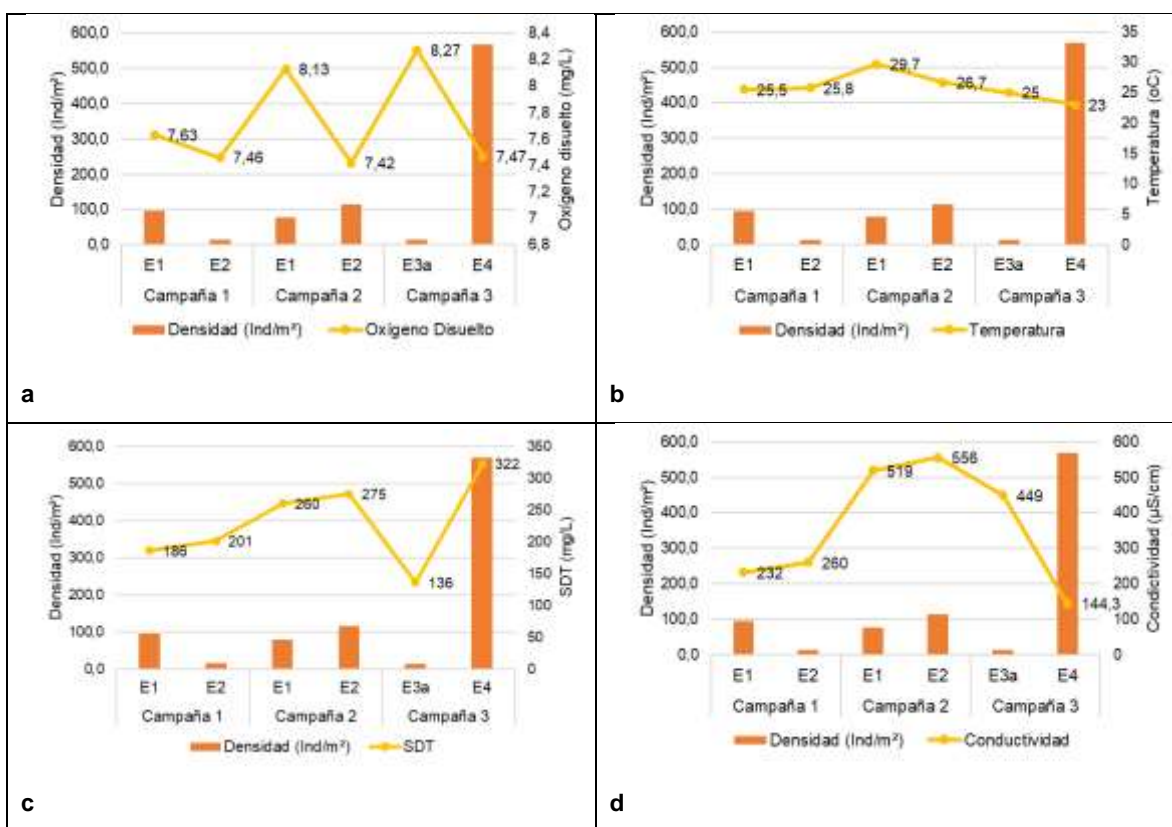
<sup>62</sup> MADS. Decreto 1076 de 2015.

<sup>63</sup> FORERO DUARTE, Julián. *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de Río Frío* (Tabio, Cundinamarca). 2019.

<sup>64</sup> DOMINGUEZ. Op., cit. p. 225

<sup>65</sup> Ibid. p. 342

especies, debido a que se genera una mayor presión osmótica<sup>66</sup> por tanto sus densidades pueden verse afectadas, sin embargo, en este estudio la conductividad no presentó relación con el comportamiento de la densidad para ninguna de las campañas, lo cual indica que otros factores pudieron influir en la variación de este atributo. La densidad, en este caso puede estar más asociado al caudal, cuando disminuye se permite un mejor establecimiento de los organismos en los diferentes hábitats disponibles. En cuanto a la tercera campaña, para E3a el aumento en la conductividad se asoció a una densidad poblacional baja, más no se concluye que sea el único factor que influye en el ensamblaje obtenido.



**Figura 5-15. Relación de algunos parámetros fisicoquímicos con la densidad de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

- Índice BMWP/ASTP

El índice de BMWP en la estación E1, dio una calidad de aceptable en la primera campaña y dudosa en la segunda campaña, lo cual indica que sus aguas son ligeramente

66

contaminadas; el índice ASPT registra una calidad dudosa, lo cual indica que la mayoría de familias presentes son en algún grado sensibles a la contaminación.

La estación E2, presentó una calidad crítica en la primera campaña y dudosa en la segunda campaña. En este caso el índice ASPT en la segunda campaña fue aceptable, en donde solo una familia de todas las presentes tiene una alta tolerancia a la contaminación, las restantes son sensibles a esta.

En la tercera campaña, la estación E3a correspondiente al río Cauca presento el índice BWMP más bajo, ya que solo tuvo la presencia de tres familias. Sin embargo, el ASPT dio una calidad aceptable, debido a que dichas familias son sensibles a la contaminación. Por su parte, la estación E4 obtuvo una calidad dudosa tanto en el BMWP y ASPT, indicando aguas modernamente contaminadas.

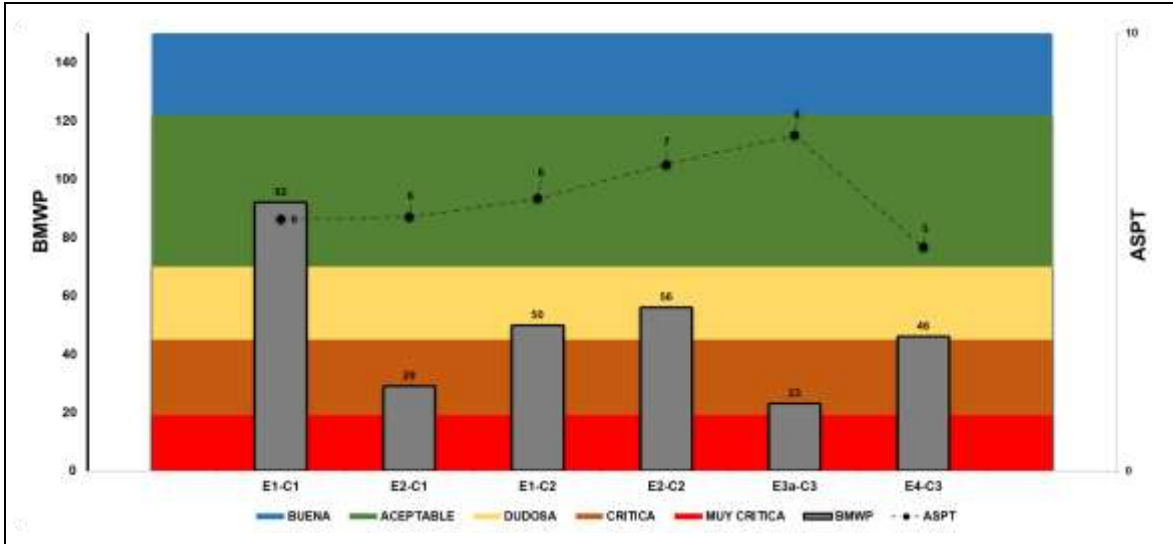
En la Tabla 5-10 y Figura 5-16, se muestra los resultados obtenidos para el índice de calidad de Macroinvertebrados BMWP y ASPT.

**Tabla 5-10. Índice BMWP y ASTP de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos registrados en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

	Estación	Bmwp	Calidad/Bmwp	Clase	Aspt	Calidad/Aspt	Clase
Campaña 1	E1	92	ACEPTABLE	II	5,8	DUDOSA	III
	E2	29	CRITICA	IV	5,8	DUDOSA	III
Campaña 2	E1	50	DUDOSA	III	6,2	DUDOSA	III
	E2	56	DUDOSA	III	7,0	ACEPTABLE	II
Campaña 3	E3a	23	CRITICA	IV	7,7	ACEPTABLE	II
	E4	46	DUDOSA	III	5,1	DUDOSA	III

*Fuente: SAG, 2024*





**Figura 5-16. Índice BMWP y ASPT de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos presentes en el área de influencia durante las tres campañas.**

Fuente: SAG, 2024

- Conclusiones

Las mayores riquezas y densidades se presentaron en las estaciones de las quebradas NN (E1, E2 y E4), mientras que el río Cauca (E3a) presentó un ensamblaje pobre, posiblemente debido a que las quebradas presentan una mayor oferta de hábitats para el establecimiento de diferentes organismos, mientras que el río Cauca es un sistema más homogéneo con poca variedad de sustratos.

En las quebradas se presentó un ensamblaje típico de organismos adaptados a altas concentraciones de oxígeno, corriente y aguas limpias, como los Efemerópteros (Baetidae), Plecópteros, Trichópteros y Odonatos.

La diversidad en general, no presentó variaciones asociadas a la temporada climática, sin embargo, sí reportó sus valores más altos en los dos monitoreos de los sitios E1 y E2 (quebrada NN).

El índice de calidad BMWP, calificó a las quebradas como sistemas con aguas ligeras a moderadamente contaminadas, en donde la mayoría de familias presentes tiene una alta sensibilidad a la contaminación. Por su parte el río Cauca, a pesar de tener una baja riqueza se clasificó de igual manera, con aguas moderadamente contaminadas ya que las familias presentes también son sensibles a la contaminación.

#### 5.2.1.2.2.4 Macrófitas

Los resultados obtenidos de las Macrófitas acuáticas, se analizan de manera descriptiva al nivel más bajo de identificación obtenido.

- Composición y densidad

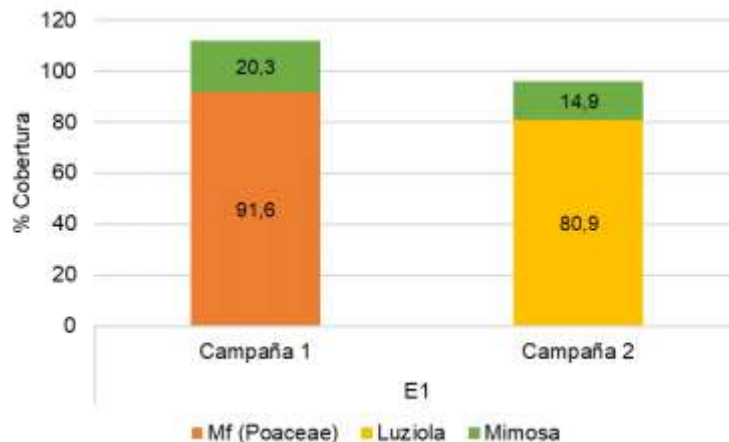
El ensamblaje de la comunidad estuvo compuesto por un total de tres (3) taxones, pertenecientes a dos (2) familias, dos (2) órdenes, dos (2) clases y un Phylum. (Tabla 5-11)

**Tabla 5-11. Composición taxonómica de las Macrófitas acuáticas presentes en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Estación	Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxón	Campaña 1	Campaña 2
						% Cobertura	
E1	Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Indeterminado	91,6	-
					<i>Luziola</i>	-	80,9
		Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	<i>Mimosa</i>	20,3	14,9

Fuente: SAG, 2024

La estación E1 (Quebrada NN), fue el único sitio donde se encontraron macrófitas en las riberas del sistema durante la primera campaña. Se registraron dos taxones, de los cuales Poaceae Mf1 obtuvo el mayor porcentaje de cobertura con un 91,6% y el género *Mimosa* sp, obtuvo una cobertura del 20,3%. En la segunda campaña, el género *Luziola* (Poaceae) obtuvo una cobertura de 80,9%, mientras el género *Mimosa* (Fabaceae) registró un porcentaje de cobertura del 14,9% (Figura 5-17). Posiblemente los dos taxones de la familia Poaceae reportados en las dos campañas, correspondan al mismo género.



**Figura 5-17. Porcentaje de cobertura de las Macrófitas presentes en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

- Aspectos Ecológicos

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2      2023-08-07

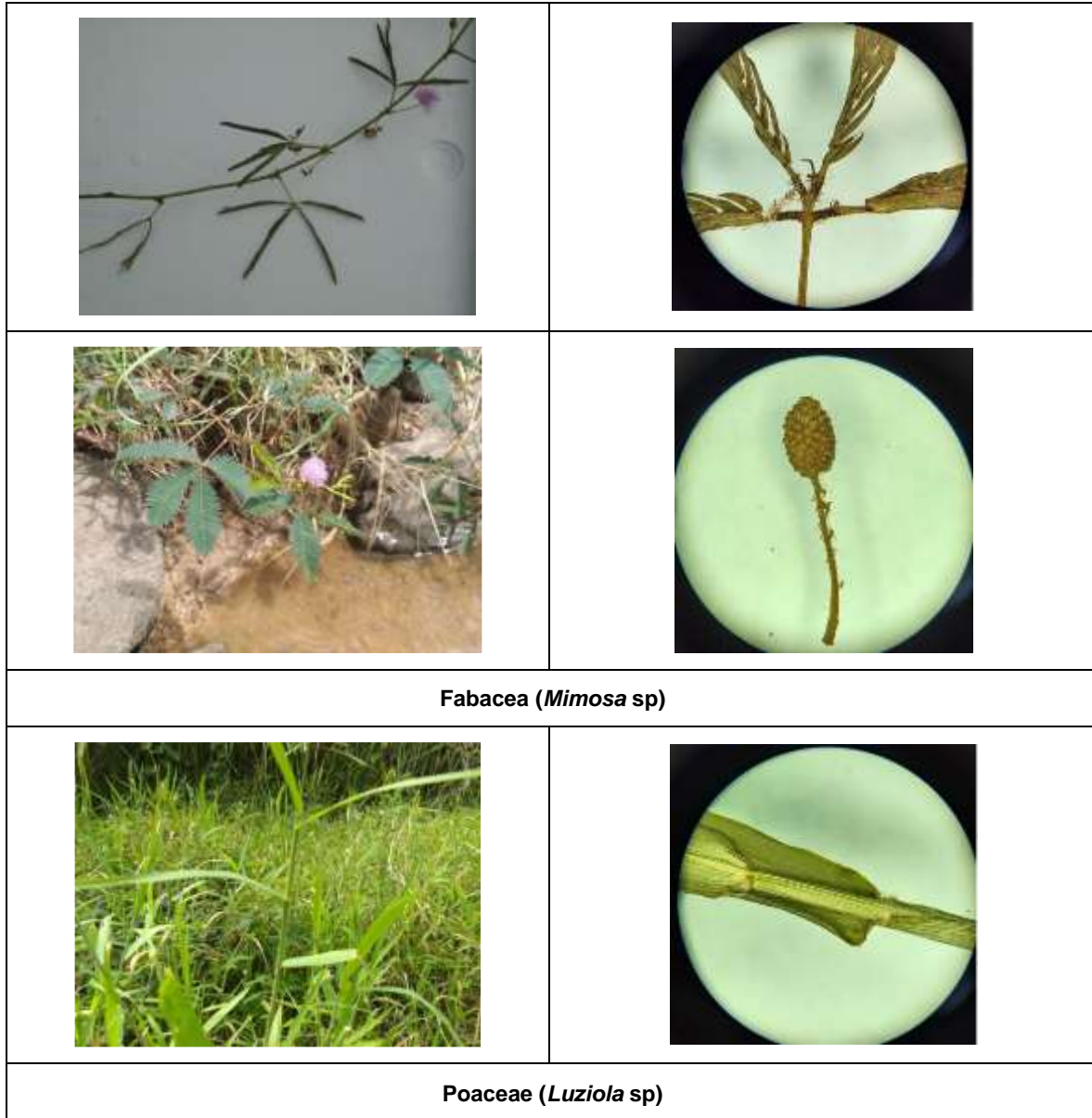
Las plantas registradas presentaron hábitos semi-acuático; es decir, que crecen en aguas poco profundas o en áreas de gran fluctuación hidráulica<sup>67</sup> y por lo tanto pueden tolerar desde suelos húmedos hasta áreas inundadas en diferentes épocas de su ciclo vital.

La familia Poaceae es una de los grupos que tiene la mayor diversidad de especies en el mundo y especialmente en el Neotrópico<sup>68</sup>, estando constituida por hierba terrestre y semiacuática, por tanto, es común encontrarla en las orillas de los ríos y quebradas, si como es la zona rivereña de los sistemas lenticos y pendientes húmedas<sup>69</sup>.

*Luziola* (Figura 5-22) es una especie de Poaceae típica de las zonas tropicales y de hábitat dulce acuícola, su distribución es un poco restringida donde su mayor diversificación se presenta en Sudamérica, tan solo se conoce 11 especies de este género<sup>70</sup>.

La familia Fabaceae es una de las herbáceas más diversificadas del mundo, debido a su gran variabilidad fisiológica, morfológica y ecología, se caracterizan por poseer un fruto el cual es conocido como legumbre, por tanto, son de gran importancia alimenticia ya que las leguminosas son de los principales alimentos del mundo<sup>71</sup>. Dentro de este grupo se encuentra el género *Mimosa*, (Figura 5-22) sus especies tiene diferentes usos, dentro de los cuales están: uso medicinal para aliviar la pérdida de sueño, como cerca viva, comestible, combustible, forraje para ganado, material para construcción y como implemento agrícola<sup>72</sup>.

<sup>67</sup> CROW, George. Plantas acuáticas del Parque Nacional Palo Verde y el Valle del Río Tempisque Costa Rica. 2002 INBio.  
<sup>68</sup> CHAMBERS, Patricia. *et al.* Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Freshwater animal diversity assessment*. Springer, Dordrecht, 2007. p. 9-26.  
<sup>69</sup> POSADA, J. A.; LÓPEZ, M. T. Plantas acuáticas del altiplano del oriente antioqueño, Colombia. *Rionegro: Universidad Católica de Oriente*, 2011, p. 121.  
<sup>70</sup> NOVELO, Alejandro. Registros nuevos de plantas acuáticas mexicanas II: *Luziola subintegra* Swallen y *L. spruceana* Benth. ex Doell. (Gramineae). *Botanical Sciences*, 1984, no 46, p. 90-91.  
<sup>71</sup> AGUILAR M, G.; LEÓN G, A. P.; MEJÍA F, D. B. Botánica aplicada: Fabaceae. 2021.  
<sup>72</sup> *Ibid.* p. 3



**Figura 5-18. Macrófitas presentes en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

*Fuente: SAG, 2024*

- Relación con variables ambientales

En este apartado no se relacionan las variables fisicoquímicas con el porcentaje de cobertura debido a que se presentaron macrófitas en una sola estación (E1) para la campaña 1 y 2. Adicionalmente la riqueza fue muy baja, por lo cual no es posible establecer

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>		
		Rev. No.: 2	2023-08-07

asociaciones comparativas de ninguno de los tributos ecológicos con las variables ambientales. Las relaciones con las variables fisicoquímicas, se dan con mayor frecuencia en los sistemas lénticos, ya que los cambios en ciertos parámetros como los nutrientes, generan sistemas eutróficos, oligotróficos o mesotróficos, condiciones que van a cambiar el comportamiento de esta comunidad.

- Conclusiones

Las Macrófitas monitoreadas solo estuvieron presentes en la estación E1 (Quebrada NN) durante las dos campañas, siendo en su mayoría poáceas (vegetación herbácea) típicas de suelos tropicales. En el río Cauca no se reportaron macrófitas asociadas a las riberas, debido a que el tramo monitoreado fue en una zona de playa formada por la disminución del nivel hídrico.

#### 5.2.1.2.2.5 Peces

- Composición y abundancia

La comunidad íctica en el área de influencia del proyecto, registró un total de 80 individuos durante las tres campañas de muestreo ejecutadas. Estos individuos están clasificados en 13 especies, cinco (5) familias y dos (2) órdenes (Tabla 5-12). Las especies registradas son válidas para Colombia y presentan distribución en la cuenca Magdalena-cauca<sup>73,74</sup>.

A nivel general, la composición en número de taxones fue superior durante la campaña 1 (época de lluvias) con un total de ocho (8) especies ícticas, mientras la campaña 2 (época seca) reportó solo dos (2) especies. Por su parte, la tercera campaña (época seca) tuvo un total de seis (6) taxones registrados. Respecto a la abundancia, para las campañas del año 2022 se pudo observar una mayor representatividad de esta comunidad en el periodo de lluvias (campaña 1) con un total de 34 individuos, contrastando con la campaña 2 (época seca), en la que se registraron solo dos (2) individuos. Por su parte, durante la tercera campaña ejecutada en febrero del año 2023 (época seca), se reportó una abundancia total de 44 individuos, superando así, a las campañas ejecutadas en el año 2022 en términos del número de individuos capturados.

Estos resultados de composición y abundancia son atribuidos a la diferencia en los sistemas hídricos monitoreados, ya que cada uno presenta dinámicas físicas, químicas e interacciones ecológicas propias. Para la campaña 1 y 2, los muestreos se ejecutaron en puntos sobre el mismo drenaje (quebrada NN) en épocas climáticas contrastantes; sin embargo, para la tercera campaña, las capturas se realizaron sobre otra quebrada NN distinta a la mencionada y, sobre el río Cauca.

<sup>73</sup> DONASCIMIENTO, Carlos, et al. Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. ZooKeys, 2017, no 708, p. 25.

<sup>74</sup> Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (eds) 2022. Eschmeyer's Catalog of fishes: Genera, Species, References. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 25-09-2023.

**Tabla 5-12. Composición taxonómica de la ictiofauna registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto**

Clase	Orden	Familia	Especie	Campaña 1		Campaña 2		Campaña 3	
				E1	E2	E1	E2	E3a	E4
Actinopteri	Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon sp.</i>	1	-	-	-	-	-
		Characidae	<i>Argopleura sp.</i>	-	4	-	-	-	-
			<i>Astyanax fasciatus</i>	-	-	-	1	3	33
			<i>Astyanax sp.</i>	-	16	-	-	-	-
			<i>Creagrutus</i>	8	-	-	-	-	-
			<i>Creagrutus brevipinnis</i>	-	-	1	-	-	-
			<i>Gephyrocharax melanocheir</i>	-	-	-	-	4	-
	Parodontidae	<i>Saccodon sp.</i>	1	-	-	-	-	-	
	Siluriformes	Heptapteridae	<i>Cetopsorhamdia nasus</i>	-	-	-	-	1	-
			<i>Rhamdia sp.</i>	2	1	-	-	-	-
		Loricariidae	<i>Hypostomus hondae</i>	-	-	-	-	-	1
			<i>Hypostomus sp.</i>	-	1	-	-	-	-
<i>Sturisomatichthys aureum</i>			-	-	-	-	2	-	
<b>Taxones presentes</b>									
1	2	5	13	4	4	1	1	4	2
<b>Abundancia (Ind)</b>				12	22	1	1	10	34

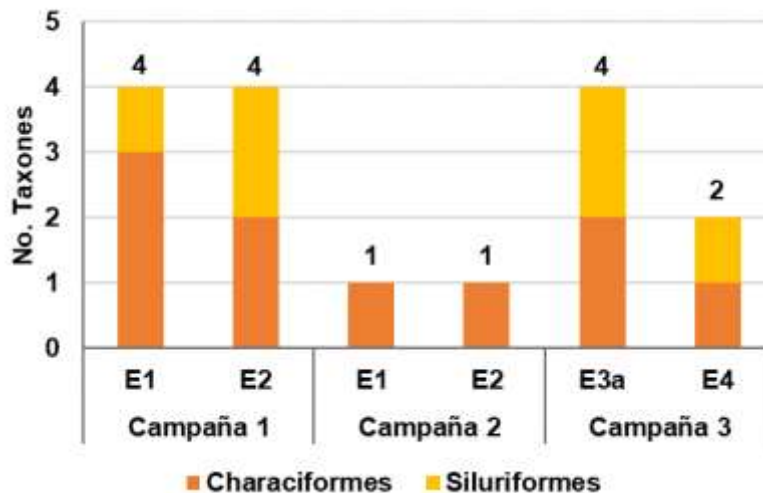
Fuente: SAG, 2024

En términos de los órdenes taxonómicos, se destacó el grupo de los Characiformes por estar presente en las tres temporadas ejecutadas, con participaciones durante cada campaña así: la campaña 1 contó con tres (3) taxones para E1 (75%) y dos (2) taxones para E2 (50%). La campaña 2 registró un solo taxón (100%) de este orden para E1 y E2 respectivamente; y finalmente, la última campaña reportó dos (2) taxones para E3a y un taxón para E4 con contribuciones de 50% en cada caso (ver Figura 5-19).

Por su parte, el orden Siluriformes solo registró especies en las campañas 1 y 3, con participaciones en la primera temporada de: 25% (un taxón) y 50% (2 taxones) respectivamente para E1 y E2; seguido de 50% (2 taxones) para E3a y 50% (1 taxón) para E4 en la campaña 3.

En este orden de ideas, como las campañas 1 y 2 se ejecutaron sobre las mismas estaciones (E1 y E2) se puede decir que, la campaña 1 correspondiente al periodo lluvioso registró mayor riqueza de especies en sus dos sitios, en comparación con la temporada seca, posiblemente por una mejor oferta de lugares de refugio y alimentación, ya que el área de inundación fue mayor en algunos tramos y se presentaron más zonas de remanso, lo que favoreció la captura de peces. Por su parte, la estación correspondiente al río Cauca (E3a) en la campaña 3 (época seca), presentó mayor riqueza de especies respecto a la

quebrada la Ardita (E4), lo que es de esperarse dado que se trata de un sistema de mayor amplitud, que exhibe variados nichos para esta comunidad.



**Figura 5-19. Riqueza en número de taxones de los órdenes encontrados para la ictiofauna en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

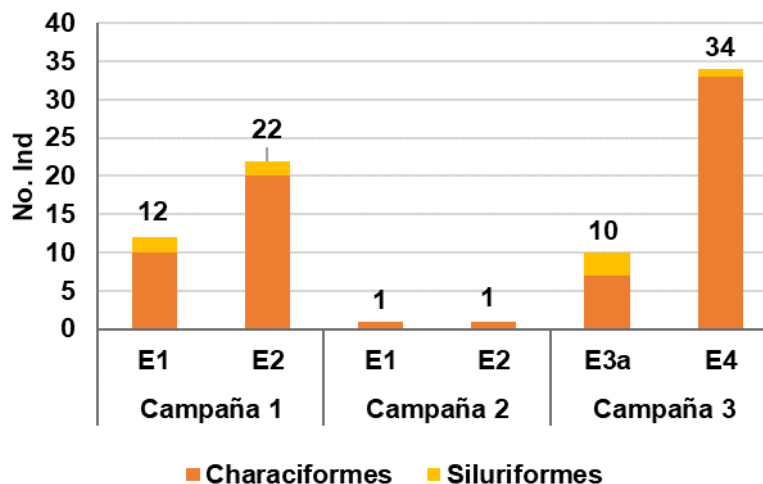
Fuente: SAG, 2024

En cuanto a la abundancia, los Characiformes dominaron el ensamblaje íctico en todos los puntos y en las tres temporadas de monitoreo. Para la campaña 1 se registró una participación del 83% (10 ind) y 91% (20 Ind) respectivamente para E1 y E2. Seguido se encuentra la campaña 2 con el 100% (1 solo individuo) para E1 y E2 respectivamente. Por último, durante la tercera campaña la contribución de los Characiformes fue de 70% (7 Ind) para el punto E3a y 97% (33 Ind) correspondiente a E4 (Figura 5-20).

El orden Siluriformes como ya se mencionó, tuvo presencia de peces solo en dos de las tres campañas, con aportes a la abundancia de 17% (2 Ind) en E1 y 9% (2 Ind) en E2 para la primera temporada de monitoreo; y 30% (3 Ind) en la estación E3a y 3% (1 Ind) en E4 durante la campaña 3.

Finalmente se puede concluir que, el drenaje correspondiente a los puntos E1 y E2 (quebrada NN) presentan una mayor abundancia durante la temporada de lluvias (campaña 1), en comparación con la temporada seca (campaña 2). De estos sitios, la abundancia fue mayor sobre la estación E2, debido a que se encuentra ubicada antes de desembocar al río Cauca, lo que permite que existan hábitats más variados y por ende, un mayor flujo de especies de manera bidireccional (de la quebrada al río y viceversa). Por su parte, la estación correspondiente a la quebrada la Ardita (E4) en la campaña 3 (época seca), presentó mayor abundancia respecto al río Cauca, como consecuencia de la captura de numerosos individuos de la misma especie *Astyanax fasciatus*, organismos con distribución

cosmopolita y dieta variada (omnívora)<sup>75</sup>, lo que les permite adaptarse a varios ambientes y crecer de manera masiva.



**Figura 5-20. Abundancia en número de individuos de los órdenes encontrados para la ictiofauna en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

La composición del ensamblaje íctico a nivel de órdenes (Characiformes y Siluriformes) para el presente estudio, es coherente con lo reportado en los sistemas dulceacuícolas de Colombia, ya que estos grupos son los más diversos y abundantes<sup>76</sup>, principalmente por la gran diversidad morfológica y fisiológica que les permite aprovechar diferentes hábitats y recursos<sup>77,78</sup>. Estudios realizados, confirman a los Characiformes como los peces de más abundancia en Colombia y en Sudamérica<sup>79,80</sup>; además de ser entre los peces de agua dulce más abundantes en el neo-trópico, representan más del 50 % de todas las formas dulceacuícolas de Sudamérica, ocupando un amplio rango de nichos ecológicos. Por su parte, los Siluriformes están presentes en todos los continentes y son el segundo orden en

<sup>75</sup> MALDONADO-OCAMPO JA Y USMA JS. Estado del conocimiento sobre peces dulceacuícolas en Colombia Tomo II. 174-194p. En: Chavez, M. E. y Santamaría, M, editores. 2006. Informe nacional sobre el avance en el conocimiento y la información sobre la biodiversidad 1998-2004. Instituto de investigación en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá D.C. (Colombia) 2 Tomos.

<sup>76</sup> MALDONADO-OCAMPO, Javier; ORTEGA-LARA, Armando; USMA, José; GALVIS, Germán; VILLA-NAVARRO, Francisco; VÁSQUEZ, Lucena; PRADA-PEDREROS, Saul y Ardila, Carlos. Peces de los Andes de Colombia. Bogotá: Instituto HUMBOLDT Colombia, 2005. 346 p.

<sup>77</sup> VARI, Richard P.; MALABARBA, Luiz R. Neotropical ichthyology: an overview. *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*, 1998, vol. 1, p. 1-12.

<sup>78</sup> CALA, PLUTARCO. Ictiofauna Epicontinental de Colombia en el contexto global Neotropical y su estado actual: una revisión bibliográfica. *Dahlia*, 2001, vol. 4, p. 3-14.

<sup>79</sup> LOWE-MCCONNELL RH. Ecological studies in tropical fish communities. 1987. Cambridge University Press, Cambridge. 382 p

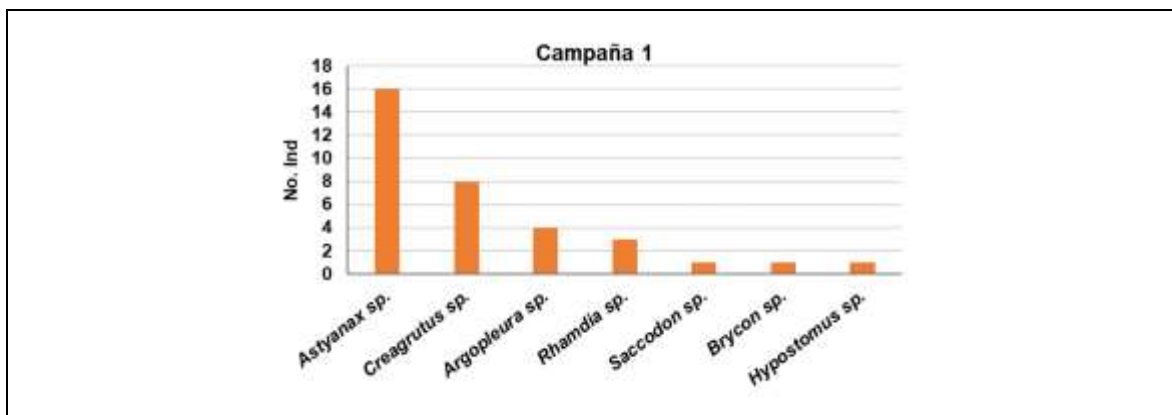
<sup>80</sup> MALDONADO-OCAMPO JA Y USMA JS. 2006. Op Cit. 182 p.



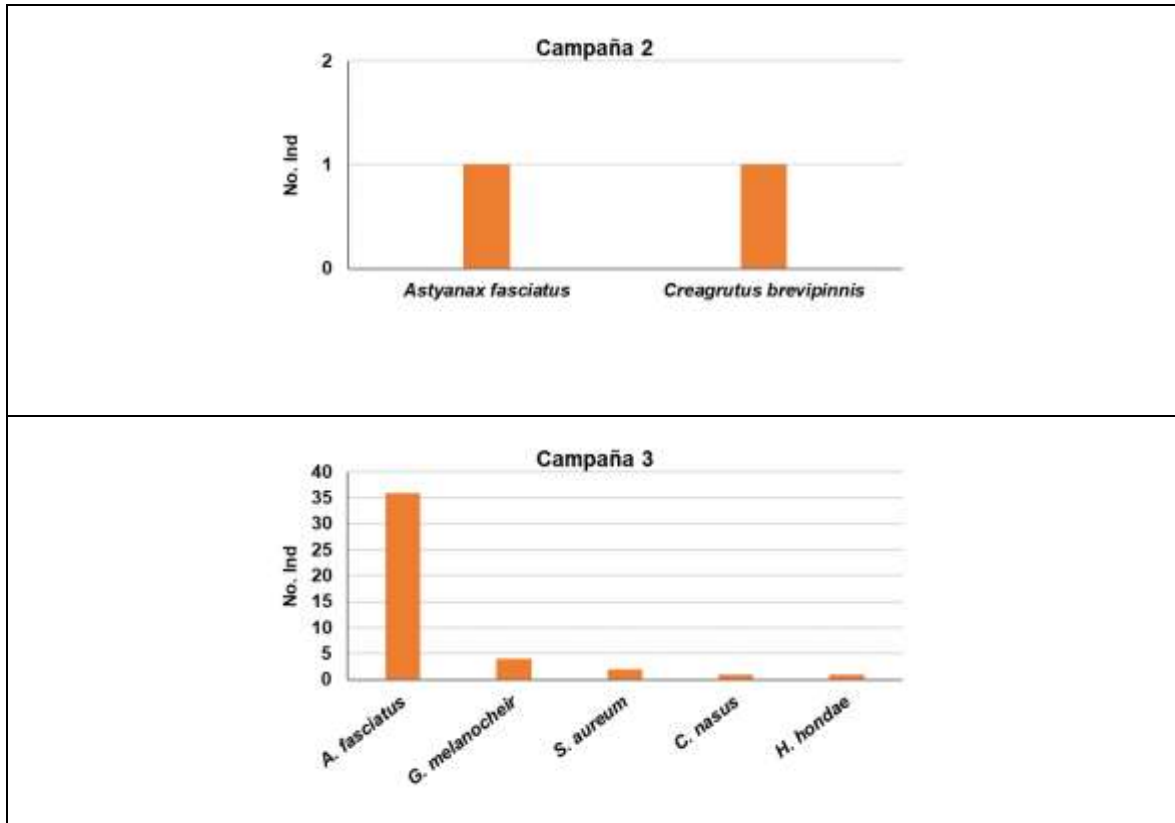
riqueza de especies y abundancia del Neotrópico<sup>81</sup>. Además, las especies de este orden prefieren sistemas lóticos, razón por la cual figuran en este orden de importancia en sistema evaluado.

A nivel de las especies determinadas, la campaña 1 registró sus mayores abundancias concentradas en las especies *Astyanax sp.* con 16 individuos equivalentes al 47,06% y *Creagrutus sp.* con 8 individuos y una contribución del 23,53%. La campaña 2, registró un solo individuo de cada especie *Astyanax fasciatus* y *Creagrutus brevipinnis*, respectivamente. La tercer y última temporada de monitoreo, presentó la especie *Astyanax fasciatus* como la más representativa con 36 individuos y una participación del 81,82% sobre la abundancia total de la campaña (ver Figura 5-21).

Los resultados de composición y abundancia aquí descritos, presentaron diferencias a nivel de época climática y tipo de sistema. Para la campaña 1 y 2, los muestreos se ejecutaron en puntos sobre el mismo drenaje (quebrada NN), destacándose la campaña 1 (época de lluvias) con mayores registros de individuos y número de especies, respecto de la época seca. No obstante, para la tercera campaña, los monitoreos se realizaron sobre otra quebrada NN (distinta a la mencionada) y sobre el río Cauca, cuyos resultados exhiben la riqueza más alta en el río y la mayor abundancia sobre la quebrada. Lo anterior puede explicarse debido a que el río Cauca al ser un sistema de mayor amplitud, permite el desarrollo de más variedad de especies ícticas, sin embargo, la probabilidad de captura de individuos de la misma especie es menor en relación a la quebrada.



<sup>81</sup> ZAPATA, Luis y USMA, José. Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia. Bogotá, D.C. Colombia, 2013, Vol. 2. 486p.



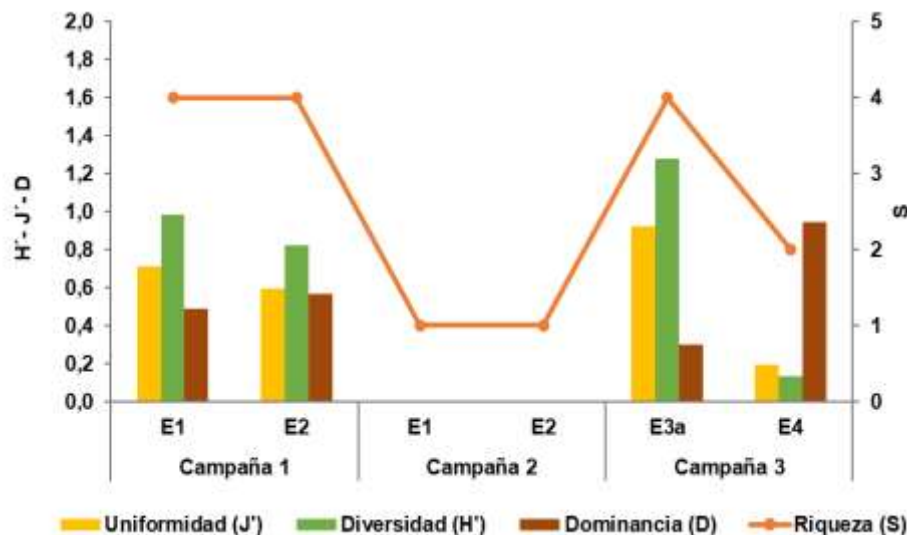
**Figura 5-21. Abundancia en número de individuos de cada una de las especies encontradas para la ictiofauna en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

Fuente: SAG, 2024

- Índices Ecológicos

Con base en los índices ecológicos calculados, se puede decir que la diversidad de peces a nivel general es baja, con el valor mínimo en el punto E4 de la campaña 3 (0,13 Nats/ind) y el máximo en la estación E3a de la misma campaña (1,28 Nats/ind) (ver Figura 5-22 y Tabla 5-13). Vale la pena mencionar que, para las estaciones de la campaña 2 no fue posible calcular los índices debido a que se registró un solo taxón en cada sitio.

Los índices de uniformidad registraron valores intermedios, los cuales suponen distribuciones heterogéneas de las abundancias entre las especies, a excepción de la estación E3a que reportó valores cercanos a 1, lo que establece una repartición equitativa o uniforme de las abundancias entre las especies de dicha estación. Estos resultados son soportados por los valores de dominancia, ya que se observa predominio de algunas especies sobre las demás, registrándose el máximo valor de este indicador en la E4 (campaña 3), valor atribuido a la especie *Astyanax fasciatus* la cual aportó el 97% de la abundancia total (33 individuos).



**Figura 5-22. Índices ecológicos de la ictiofauna registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto.**

*Fuente: SAG, 2024*

**Tabla 5-13. Índices ecológicos de la ictiofauna registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto**

Campaña	Estación	Riqueza (S)	Uniformidad (J')	Diversidad (H')	Dominancia (D)
<b>Campaña 1</b>	E1	4	0,71	0,98	0,49
	E2	4	0,59	0,82	0,57
<b>Campaña 2</b>	E1	1	-	-	1
	E2	1	-	-	1
<b>Campaña 3</b>	E3a	4	0,92	1,28	0,30
	E4	2	0,19	0,13	0,94

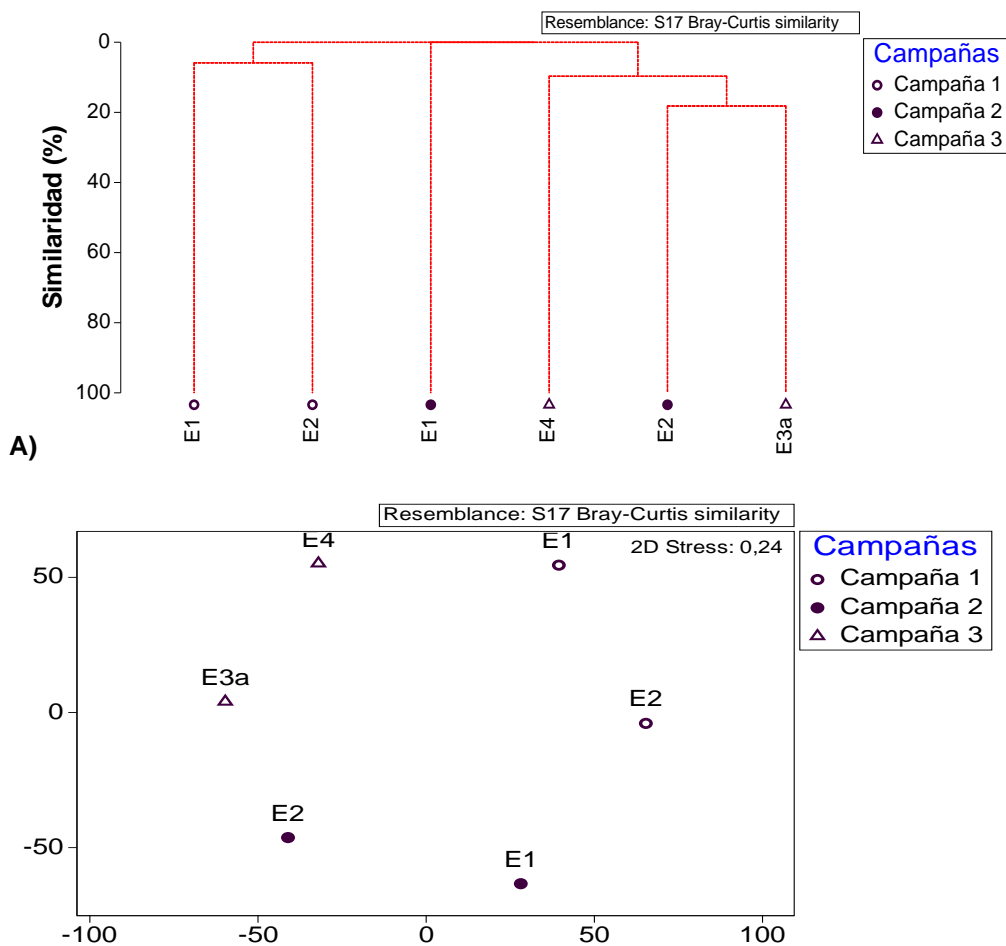
*Fuente: SAG, 2024*

Con base en los índices ecológicos calculados, se puede decir que la comunidad íctica presentó variación entre periodos climáticos sobre la quebrada NN, con las riquezas y diversidades mayores durante la temporada lluviosa (campaña 1), posiblemente por una mejor oferta de lugares de refugio y alimentación en las riberas, ya que el área de inundación fue mayor en algunos tramos y se presentaron más zonas de remanso, lugares que favorecieron la captura de peces. Por su parte, la estación correspondiente al río Cauca (E3a) en la campaña 3, presentó mayor riqueza y diversidad respecto a la quebrada la Ardita (E4), lo que es de esperarse al ser un sistema de mayor orden, el cual recibe aportes de varios tributarios y, por ende, alberga mayor diversidad de especies.

- Variación espacio-temporal

Para evaluar la variación espacio-temporal de la composición y abundancia de la comunidad íctica, se realizaron análisis de similitud de Bray - Curtis y ordenación (nMDS). En la Figura 5-23, se puede observar que no existen agrupamientos a nivel de campaña ni de estaciones, es decir que, espaciotemporalmente no existen similitudes en la composición y estructura de esta comunidad.

Estos resultados muestran que, cada estación presenta una estructura comunitaria propia, que se caracteriza por registrar entre 1 y 3 especies exclusivas (taxones que no se repiten en otra estación), lo que genera que ninguno de los sitios y campañas logre agruparse.




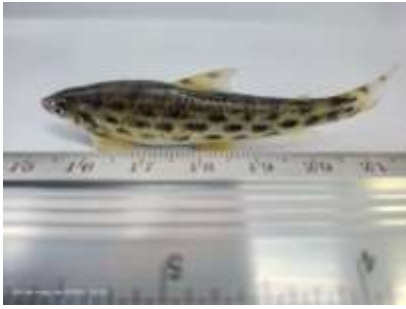
**Figura 5-23. Análisis de clasificación y ordenación. (A) Dendrograma mediante el índice de similitud de Bray-Curtis Análisis y (B) ordenación nMDS para la ictiofauna registrada en las tres campañas de monitoreo en el área de influencia del proyecto**

Fuente: SAG, 2024

- Biología y ecología de las especies registradas

En la Tabla 5-14 presentan algunos aspectos relacionados con la distribución, hábitat, categoría trófica y reproducción de los taxones registrados en los muestreos.

**Tabla 5-14. Algunos aspectos de la biología y ecología de las especies registradas en los sistemas monitoreados.**

Género/Especie	Descripción
 <p><i>Rhamdia</i> sp.</p>	<p>La mayoría de las especies del género <i>Rhamdia</i> son de ciclo reproductivo corto, con la primera maduración gonadal al final del primer año de vida, coincidiendo con la estación lluviosa<sup>82</sup>. El Liso es un pez con tipo de desarrollo ovocitario asincrónico en más de dos grupos, con desoves parciales durante todo el año, con talla media de madurez sexual de 24 cm de longitud total, ovocitos maduros con 963 <math>\mu</math> y fecundidad promedio estimada en 26.305 ovocitos<sup>83</sup>.</p>
 <p><i>Saccodon</i> sp.</p>	<p>El género <i>Saccodon</i> contiene solo 3 especies válidas: <i>Saccodon dariensis</i> distribuida en Colombia y Panamá; <i>Saccodon wagneri</i> distribuida en las cuencas costeras de Ecuador y más cuencas costeras del norte de Perú y, <i>Saccodon terminalis</i> en la cuenca del río Daule en Ecuador<sup>84</sup>. <i>Saccodon dariensis</i> presenta dimorfismo sexual y los machos adultos presentan tubérculos nupciales durante la época reproductiva<sup>85</sup>. Se encuentra asociada a sitios de corrientes rápidas, bajas pendientes y sustratos rocosos cubiertos de perifiton, y está incluida en el Libro Rojo de peces dulceacuícolas de Colombia en la categoría de Preocupación Menor.<sup>86</sup></p>



<sup>82</sup> GOMES LC, GOMES ARC, GOLOMBIESKI JI, BALDISSEROTTO B. *Rhamdia quelen* (Pimelodidae), espécie promissora para a piscicultura do sul do Brasil-uma revisão. In: XIII Encontro Brasileiro de Ictiologia. São Carlos. 1999; 7 p.

<sup>83</sup> Olaya-Nieto CW, Hernández DF, Ayarza E. Biología reproductiva del Liso *Rhamdia quelen* (Pisces: Heptapteridae) en el río Sinú, Colombia. Acta biol Colomb 2010; 15(3):61-74.

<sup>84</sup> MASACHE ESPINOZA, M. Análisis Citogenético del ratón de montaña *Saccodon Wagneri* (Characiformes; Parodontidae) Kner, 1863 Mediante Métodos Convencionales y Moleculares. Facultad de ciencias Agropecuarias. Carrera de Medicina Veterinaria y zootecnia. 2020. Machala. 68 p

<sup>85</sup> MANCERA-RODRÍGUEZ, NÉSTOR JAVIER, CASTELLANOS-BARLIZA, JEINER, URREGO-BALLESTAS DIEGO. Reproducción de *Saccodon dariensis* (Teleostei: Parodontidae) en afluentes del río Guatapé, cuenca del río Magdalena, Colombia. Revista de Biología Tropical. 2016, 64(2), 635-653

<sup>86</sup> USMA-OVIEDO, J. S., ORTEGA-LARA, A., & MANCERA-RODRÍGUEZ, N. J. *Saccodon dariensis* (Meek y Hildebrand 1913). En Mojica-Corzo, J. S. Usma Oviedo, R. Álvarez-León & C. A. Lasso-Alcalá (Eds.), Libro Rojo de peces dulceacuícolas

Género/Especie	Descripción
 <p data-bbox="396 758 509 785"><i>Brycon sp.</i></p>	<p data-bbox="695 422 1385 785">A la sabaleta se le puede reconocer por presentar dos dientes en la hilera interna de la mandíbula, característicos del género, además que los dientes de las tres hileras del pre-maxilar son multicúspides. La coloración en vivo permite la identificación, ya que presenta un punto oscuro y conspicuo en la base de la aleta caudal, que se continúa por los radios medios hasta el final de la aleta, además una mancha roja en la parte superior del ojo y manchas oscuras opercular y humeral<sup>87</sup>. Es omnívora y se alimenta de insectos, arácnidos, restos de peces, crustáceos, moluscos, anélidos, ranas y renacuajos; restos de material vegetal (hojas, frutos, semillas y raíces), arena y limo<sup>88</sup>.</p>
 <p data-bbox="375 1182 532 1209"><i>Creagrutus sp.</i></p>	<p data-bbox="695 905 1385 1083">Muchas de las especies del género se reportan en Cauca, César, Huila y Tolima. Pueden habitar aguas rápidas. No se conocen datos de su biología, sin embargo, otras especies del género tienen dieta omnívora y a nivel reproductivo se ha encontrado que tiene periodos largos de desove y baja fecundidad<sup>89</sup>.</p>

de Colombia (pp. 261-263). 2012. Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales.

<sup>87</sup> ORTEGA-LARA, A; SAULO USMA, J; BONILLA, P; SANTOS, N. Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia Biota Colombiana, vol. 7, núm. 1, 2006, pp. 39-54 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" Bogotá, Colombia

<sup>88</sup> MONTOYA-LÓPEZ, Andrés Felipe. CARRILLO-BONILLA, Lina María. OLIVERA-ÁNGEL, Martha. Algunos aspectos biológicos y del manejo en cautiverio de la Sabaleta *Brycon henni* Eigenmann, 1913 (Pisces: Characidae). *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*, 2006, Vol. 19: 2.

<sup>89</sup> ROMÁN-VALENCIA, César. Alimentación y reproducción de *Creagrutus brevipinnis* (Pisces: Characidae) en alto Cauca, Colombia. *Revista de biología tropical*, 1998, vol. 46, no 3, p. 783-789.

Género/Especie	Descripción
 <p><i>Astyanax sp.</i></p>	<p>Tiene distribución desde México hasta Uruguay. En Colombia se encuentra en las cuencas Amazonas, Caribe, Magdalena, Orinoco y Pacífico<sup>90</sup>. Habita principalmente en aguas claras y correntosas de sustratos rocoso-arenosos o en arroyos y pantanos<sup>91</sup>. Su dieta es variada (omnívora) predominando macroinvertebrados, peces y macrófitas, su dieta puede cambiar con el crecimiento.</p>
 <p><i>Astyanax fasciatus</i></p>	<p>Tiene distribución desde México hasta Uruguay. En Colombia se encuentra en las cuencas Amazonas, Caribe, Magdalena, Orinoco y Pacífico<sup>92</sup>. Habita principalmente en aguas claras y correntosas de sustratos rocoso-arenosos o en arroyos y pantanos<sup>93</sup>. Su dieta es variada (omnívora), predominando macroinvertebrados, peces y macrófitas, su dieta puede cambiar con el crecimiento. No tiene interés como aporte de proteína, pero hay registro de importancia ornamental en algunas cuencas<sup>94</sup>.</p>
	<p>Cuerpo (excepto vientre) cubiertos por escudetes o placas óseas. Quillas de los escudetes poco a moderadamente desarrolladas. Boca en forma de ventosa; en cada ramo de la mandíbula presenta un número reducido de dientes (13 - 16) en forma de cuchara. Desarrollan su ciclo de vida entre el cauce principal de los ríos y las ciénagas. Consume detritus con cierto contenido de algas, también suele raspar troncos sumergidos. Es comestible, pero en pocas partes alcanza a ser lo suficientemente abundante como para tener importancia en la pesca local<sup>95</sup>.</p>

<sup>90</sup> MALDONADO-OCAMPO, et al., Op cit. p. 51.




<sup>91</sup> VARGAS TISNES, Isabel Cristina. Inventario preliminar de la ictiofauna de la hova hidrografica del Quindio. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Armenia, 1989.

<sup>92</sup> MALDONADO-OCAMPO JA Y USMA JS. 2006. Op Cit. 182 p.

<sup>93</sup> GALVIS, Germán; MOJICA, José Iván; CAMARGO, Mauricio. Peces del Catatumbo. Asociación Cravo Norte, 1997.

<sup>94</sup> LASSO, C. A., E. AGUDELO CÓRDOBA, L. F. JIMÉNEZ-SEGURA, H. RAMÍREZ-GIL, M. MORALES-BETANCOURT, R. E. AJIACO-MARTÍNEZ, F. DE PAULA GUTIÉRREZ, J. S. USMA OVIEDO, S. E. MUÑOZ TORRES Y A. I. SANABRIA OCHOA (Editores). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 2011. Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp.

<sup>95</sup> LASSO, C. A et al. Op. Cit. p. 379.

Género/Especie	Descripción
<i>Hypostomus hondae</i>	
 <p><i>Gephyrocharax melanocheir</i></p>	<p>Se caracteriza por su color plateado en todo el cuerpo y una banda blanca sobre la línea lateral; origen de la dorsal más allá de la mitad del cuerpo y detrás del inicio de la anal; los tres radios inferiores de la caudal separados en los machos, formando una espuela<sup>96</sup>. Habita fondos de guijarro y roca; vegetación riparia, ribereña y material alóctono; flujo lento, bajo y rápido; márgenes suaves, abruptas y moderadas; profundidad entre 0.10 – 0.60 m; corrientes de tipo 1, 2 y 3; ancho entre 5 – 25 m.</p>
 <p><i>Sturisomatichthys aureum</i></p>	<p>Existe poca información de la biología y ecología de la especie. Sin embargo, se sabe que distribuye en las cuencas del Magdalena, Caribe y Pacífico. A esta especie se le puede encontrar en sistemas con corriente donde el sustrato es dominado por gravas y cantos rodados (Obs. personales).</p>
 <p><i>Cetopsorhamdia nasus</i></p>	<p>La aleta adiposa corta, su longitud se encuentra más de 6 veces en la LE; pedúnculo caudal moderadamente largo, con una longitud mayor a 3.25 veces en la LE; cabeza tan alta como ancha; hocico prominente y cónico; boca ubicada en posición inferior y su ancho es menor que la LR; cabeza mediana, con longitud equivalente más de 4 veces la LE. Especie bentónica, habita en zonas de corrientes rápidas con sustratos rocosos y en aguas sin vertimientos orgánicos y químicos, en donde se alimenta de insectos acuáticos como tricópteros, efemerópteros y dípteros; su reproducción está sincronizada con el inicio de las épocas lluviosas<sup>97</sup></p>

Fuente: SAG, 2024

- Especies endémicas, amenazadas, migratorias y de importancia comercial

<sup>96</sup> MALDONADO-OCAMPO, Javier *et al.* Op. Cit. p 90.

<sup>97</sup> MALDONADO-OCAMPO, Javier *et al.* Op. Cit. p 162.



De las 13 especies registradas en el presente estudio, solo seis (6) fueron identificadas hasta nivel de especie y, por tanto, sobre estas especies se logró confirmar el estado de amenaza, endemismo, migración e importancia comercial (Tabla 5-15). Respecto al estado de amenaza, según el Libro Rojo de peces dulceacuícolas<sup>98</sup> y la lista roja de la IUCN<sup>99</sup>, solo una (*Hypostomus hondae*) se encuentra en categoría de Casi amenazada (NT), principalmente por la pérdida de hábitat y la sobreexplotación pesquera. Las demás especies se encuentran en categoría de preocupación menor (LC). Con base en la Resolución 1912 de 2017<sup>100</sup> del Ministerio del Medio Ambiente, ninguna de las especies registradas en los monitoreos se presenta en dicho listado. En cuanto al uso que se le da a las especies o su importancia comercial, una (1) presenta interés pesquero, dos (2) como recurso ornamental y las restantes no presentan uso conocido.

Según la Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia para peces<sup>101</sup>, de los seis taxones identificados hasta nivel de especies, ninguna realiza migraciones reproductivas. Por otro lado, en cuanto a endemismos del total de especies dulceacuícolas asociadas a la cuenca, según la CheckList verificada por Donascimento, *et al*<sup>102</sup>, en este estudio se reportan cuatro (4) especies descritas y endémicas para Colombia (Tabla 5-15).

**Tabla 5-15. Endemismos, migración, categoría de amenaza e importancia comercial de las especies ícticas registradas en las tres campañas de monitoreo.**

Especie	Endemismo, CheckList, 2017	Categoría de Amenaza			Migración	Uso comercial
		Libro Rojo, Mojica <i>et al.</i> , 2002	Categoría amenaza IUCN, 2023	Resolución de 1912 de 2017		
<i>Astyanax fasciatus</i>	No	No	LC	-	No	Ornamental
<i>Cetopsorhamdia nasus</i>	DC, EN	No	LC	-	No	Ninguno
<i>Creagrutus brevipinnis</i>	DC, EN	No	LC	-	No	Ninguno
<i>Gephyrocharax melanocheir</i>	DC, EN	No	LC	-	No	Ninguno
<i>Hypostomus hondae</i>	No	NT	-	-	No	Pesquero

<sup>98</sup> MOJICA, José Iván, *et al.* 2012. Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. p 319.

<sup>99</sup> IUCN 2023. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3. [En línea]. <https://www.iucnredlist.org/es/search?query=Geophagus%20steindachneri&searchType=species>. Fecha de acceso: 26 de septiembre de 2023.

<sup>100</sup> CRUZ-RODRÍGUEZ, Cristian, *et al.* 2017. Resolución nacional de especies amenazadas de Colombia. *Mammalogy Notes*. 4(2), p 1-5.

<sup>101</sup> ZAPATA, Luis Alonso y USMA, José Saulo. Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia. Bogotá, D.C. Colombia, 2013, Vol. 2.

<sup>102</sup> DONASCIMIENTO, Carlos, *et al.* Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. *ZooKeys*, 2017, no 708, p. 25

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>		
		Rev. No.: 2	2023-08-07

Especie	Endemismo, CheckList, 2017	Categoría de Amenaza			Migración	Uso comercial
		Libro Rojo, Mojica et al., 2002	Categoría amenaza IUCN, 2023	Resolución de 1912 de 2017		
<i>Sturisomatichthys aureum</i>	DC, EN	No	DD	-	No	Ornamental

DC: Descrita para Colombia; EN: Endémica; NT: Casi Amenazada; LC: Preocupación menor; DD: Datos deficientes

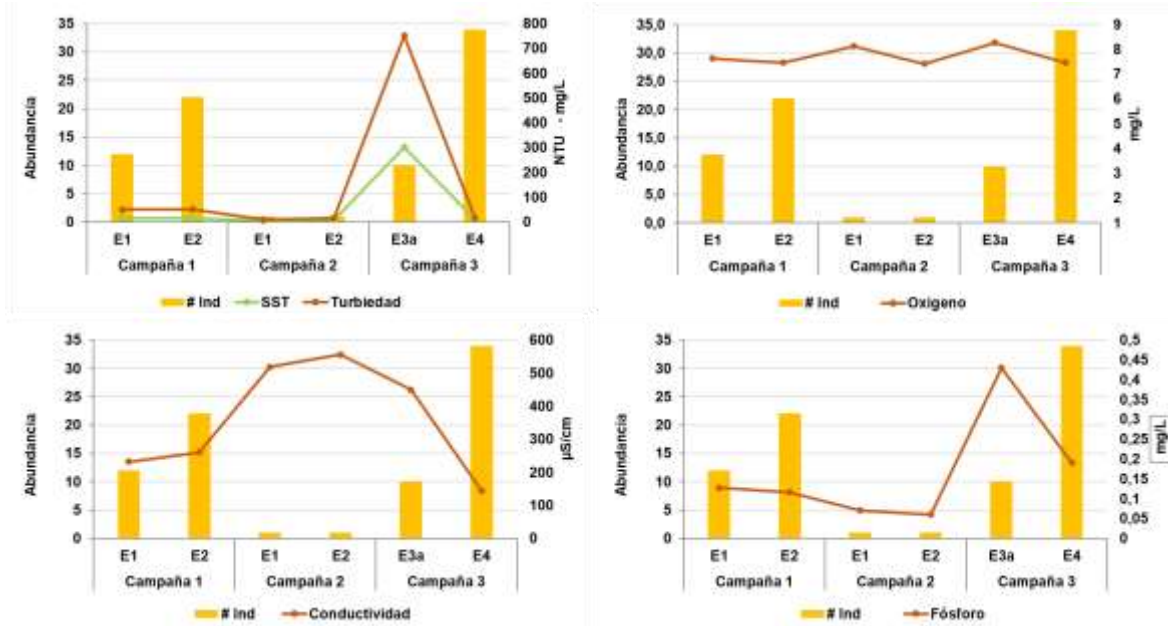
Fuente: SAG, 2024

- Relación con variables ambientales

En este apartado se realiza la comparación de la abundancia de peces y su relación con los parámetros fisicoquímicos medidos para cada campaña. Dentro de las variables que se consideran potencialmente limitantes en el desarrollo de la ictiofauna se encuentran: los sólidos suspendidos totales, la turbiedad, el oxígeno disuelto, la conductividad y Fósforo total Figura 5-24.

De las variables ambientales anteriormente listadas, no se observa relación con el comportamiento de la abundancia de la comunidad íctica, posiblemente por lo explicado en el análisis de ordenación, ya que cada estación presenta una estructura comunitaria propia, que se caracteriza por registrar entre 1 y 3 especies exclusivas. En este sentido, cada especie tendrá una tolerancia distinta a cada variable, por ende, no es posible observar una tendencia.

Por otra parte, se puede decir que las variables fisicoquímicas si presentaron cambios respecto a la temporada y tipo de sistema, como es el caso de la turbiedad, los SST y el fósforo, presentaron sus máximos valores en el río Cauca (E3a), lo que es de esperarse al ser un cuerpo de agua de mayor magnitud, además de ser receptor de varios tributarios. La conductividad, presentó sus valores más altos en la temporada seca (campaña 2) para las estaciones E1 y E2, debido a una mayor concentración de sólidos y sustancias disueltas, como consecuencia del bajo flujo de la corriente.



**Figura 5-24. Relación de la abundancia de peces con algunas variables ambientales registradas en las tres campañas de monitoreo.**

*Fuente: SAG, 2024*

- Conclusiones

Los resultados de composición y abundancia, presentaron diferencias a nivel de época climática y tipo de sistema. Para la campaña 1 y 2, los muestreos se ejecutaron en puntos sobre el mismo drenaje (quebrada NN), destacándose la campaña 1 (época de lluvias) con mayores registros de individuos y número de especies, respecto de la época seca. No obstante, para la tercera campaña, los monitoreos se realizaron sobre otra quebrada NN (distinta a la mencionada) y sobre el río Cauca, cuyos resultados exhiben la riqueza más alta en el río y la mayor abundancia sobre la quebrada. Lo anterior puede explicarse debido a que el río Cauca al ser un sistema de mayor amplitud, permite el desarrollo de más variedad de especies ícticas, sin embargo, la probabilidad de captura de individuos de la misma especie es menor en relación a la quebrada.

Con base en los índices ecológicos calculados, se puede decir que la comunidad íctica presentó variación entre periodos climáticos sobre la quebrada NN (E1 y E2), con las riquezas y diversidades mayores durante la temporada lluviosa (campaña 1), posiblemente por una mejor oferta de lugares de refugio y alimentación en las riberas, ya que el área de inundación fue mayor en algunos tramos y se presentaron más zonas de remanso, lugares que favorecieron la captura de peces. Por su parte, la estación correspondiente al río Cauca (E3a) en la campaña 3, presentó mayor riqueza y diversidad respecto a la quebrada la Ardita (E4), lo que es de esperarse al ser un sistema de mayor orden, el cual recibe aportes de varios tributarios y por ende, alberga mayor diversidad de especies.

	<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS</b>	
		Rev. No.: 2    2023-08-07

De las especies registradas en el presente estudio, solo seis (6) fueron identificadas hasta nivel de especie. De éstas, solo una (*Hypostomus hondae*) se encuentra en categoría de Casi amenazada (NT), principalmente por la pérdida de hábitat y la sobreexplotación pesquera. Las demás especies se encuentran en categoría de preocupación menor (LC). En términos de endemismos, en este estudio se reportaron cuatro (4) especies endémicas y descritas para Colombia.

Respecto a la comparación de la comunidad íctica con las variables ambientales, no se observaron correlaciones ni tendencias, debido a que cada estación presenta una estructura comunitaria propia, que se caracteriza por registrar entre 1 y 3 especies exclusivas. En este sentido, cada especie tendrá una tolerancia distinta a cada variable y, por ende, no es posible observar tendencias espacio temporales.