

CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.2 MEDIO BIÓTICO

5.2.1 ECOSISTEMAS

5.2.1.2 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS



Transmisora Colombiana
de Energía S.A.S. E.S.P.



COMPLEMENTO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL- MODIFICACIÓN 2 LICENCIA AMBIENTAL RESOLUCIÓN No. 170 / 2021 – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área
oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva
Esperanza 500 kV

UPME 07-2016

TCE-ET2W-GPB00-0003-1

Control de Cambios SMAYD LTDA

FECHA 26/09/2022 01/10/2022	VERSIÓN V1A V1B	DESCRIPCIÓN Versión inicial Versión ajustada
ELABORADO POR: Grupo Interdisciplinario SMAYD LTDA	REVISADO POR: W. Rodríguez; A. Fajardo	APROBADO POR: A. Fajardo

Control de Revisiones TCE

FECHA 30/09/2022 02/10/2022	VERSIÓN V1A V1	DESCRIPCIÓN Devuelto con comentarios Final
ELABORADO POR: SMAYD LTDA	REVISADO POR: L. Barragán; N. Rojas	APROBADO POR: TCE S.A.S.



CONTENIDO

5.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	5
5.2	Medio Biótico.....	5
5.2.1	Ecosistemas	5
5.2.1.1	Ecosistemas acuáticos	5
	CONCLUSIONES	39
6.	BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo establecidos para la caracterización hidrobiológica	6
<i>Tabla 5-2 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo establecidos para la segunda caracterización hidrobiológica Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>8</i>
Tabla 5-3 Composición, abundancia y riqueza de fitoplancton.....	15
Tabla 5-4 Índices ecológicos para la comunidad de fitoplancton.....	17
Tabla 5-5 Composición, abundancia y riqueza de zooplancton.....	19
Tabla 5-6 Índices ecológicos para la comunidad de Zooplancton.	22
Tabla 5-7 Composición, abundancia y riqueza del perifiton.....	23
Tabla 5-8 Índices ecológicos para la comunidad de perifiton.	25
Tabla 5-9 Composición, abundancia y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos	26
Tabla 5-10 Índice BMWP/Col obtenido para el punto MA-1.....	30
<i>Tabla 5-11 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA1 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 5-12 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA3 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5-13 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA4 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5-14 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA5 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5-15 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA6 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5-16 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA8 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 5-17 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA9 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5-18 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo AS25 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>38</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5-1 Localización de los puntos de monitoreo de la caracterización.....	7
<i>Figura 5-2 Localización de los puntos de monitoreo establecidos para la segunda caracterización hidrobiológica Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>8</i>
Figura 5-3. Distribución porcentual del fitoplancton a nivel de clase	16
Figura 5-4- Distribución porcentual del fitoplancton a nivel de familia	16
Figura 5-5. Distribución porcentual de fitoplancton a nivel de taxa.....	17

Figura 5-6 Distribución porcentual de zooplancton a nivel de clase	19
Figura 5-7 Distribución porcentual de zooplancton por familia	20
Figura 5-8 Distribución porcentual de zooplancton a nivel de taxa.....	21
Figura 5-9 Distribución porcentual del perifiton a nivel de clase	23
Figura 5-10 Distribución porcentual del perifiton a nivel de familia.....	24
Figura 5-11 Distribución porcentual del perifiton a nivel de taxa	24
Figura 5-12 Distribución porcentual de los macroinvertebrados acuáticos a nivel de clase.....	27
Figura 5-13 Distribución porcentual de los macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia.....	28
Figura 5-14 Distribución porcentual de los macroinvertebrados acuáticos a nivel de taxa.	28

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 5-1 Punto de monitoreo MA1 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>9</i>
<i>Fotografía 5-2 Punto de monitoreo MA2 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>9</i>
<i>Fotografía 5-3 Punto de monitoreo MA3 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>10</i>
<i>Fotografía 5-4 Punto de monitoreo MA4 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>10</i>
<i>Fotografía 5-5 Punto de monitoreo MA5 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>10</i>
<i>Fotografía 5-6 Punto de monitoreo MA6 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>11</i>
<i>Fotografía 5-7 Punto de monitoreo MA8 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>11</i>
<i>Fotografía 5-8 Punto de monitoreo MA9 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional.....</i>	<i>11</i>
<i>Fotografía 5-9 Punto de monitoreo AS25 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional</i>	<i>12</i>

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 5.2.1.2_1 Informe Hidrobiológico Mod 2
Anexo 5.2.1.2_2 Reportes de resultados
Anexo 5.2.1.2_3 Registros de campo
Anexo 5.2.1.2_4 Acreditación laboratorio
Anexo 5.2.1.2_5 Resolución permiso colecta
<i>Anexo A13. Inf Ad Acta 69 de 2022</i>

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.2 Medio Biótico

5.2.1 Ecosistemas

5.2.1.1 Ecosistemas acuáticos

Las comunidades hidrobiológicas hacen referencia a las especies animales y vegetales, así como a los micro y macro organismos que habitan en aguas continentales o marinas y que viven en estrecha relación con el medio físico acuático, del cual dependen casi en su totalidad, para vivir. Dada la relativa facilidad para recolectar muestras de cada una de ellas (siguiendo metodologías estandarizadas empleadas tanto en estudios ambientales como para investigación), estas comunidades se convierten en instrumentos muy útiles de medición para un gran número de impactos ambientales.

La composición, estructura y dinámica de las comunidades hidrobiológicas, se ven inmediatamente influenciadas por cambios en las condiciones naturales del medio en el que viven; razón por la cual, su estado de conservación es el mejor indicador de las condiciones en las que se encuentra cualquier cuerpo de agua lótico y/o léntico.

En el presente capítulo se presentan los aspectos más relevantes del monitoreo hidrobiológico realizado durante el mes de febrero, en tres puntos de agua superficial del área de influencia establecida para la Modificación No. 2 de la Licencia ambiental otorgada bajo Resolución No. 170 del 15 de enero de 2021 y bajo la respuesta al Recurso de Reposición a través de la Resolución 1363 del 04 de agosto de 2021 del Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia- Nueva Esperanza 500 KV, ubicada en los municipios de Soacha y San Antonio del Tequendama, en adelante denominado «Modificación 2».

El monitoreo hidrobiológico realizado a las corrientes hídricas superficiales se efectuó entre el 14 y 15 de febrero de 2022 por la empresa Servicios Geológicos Integrados LTDA, S.G.I LTDA, la cual se encuentra debidamente acreditada por medio de la Resolución 0791 del 21 de mayo de 2015, extendida por la Resolución 1614 del 23 de diciembre de 2021, ambas expedidas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para producir información cuantitativa física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, la respectiva certificación se puede consultar en el Anexo 5.2.1.2_4 Acreditación laboratorio.

El proceso metodológico que se empleó para el desarrollo de la presente caracterización está basado en los lineamientos establecidos en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica, TdR-17, expedidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA el año 2018.

Durante la ejecución del monitoreo, se encontraron dos puntos secos (MA-2 y MA-3), y no se capturaron individuos para la comunidad íctica dado que los ecosistemas en general se caracterizaron por tener flujos muy pequeños y pendientes altas lo cual dificulta el establecimiento de comunidades de ictiofauna y de hidrobiota en general.

El respectivo informe de laboratorio que soporta el presente documento puede ser consultado en el Anexo 5.2.1.2_1 Informe Hidrobiológico Mod 2, de igual manera, los reportes de resultados hidrobiológicos se presentan en el Anexo 5.2.1.2_2 Reportes de resultados. Los formatos de recolección de información *in situ*, las cadenas de custodia de las muestras y el formato de muestreo hidrobiológico se encuentran en el Anexo 5.2.1.2_3 Registros de campo.

Finalmente, es preciso aclarar que las intervenciones proyectadas en el alcance técnico de la Modificación 2 no contemplan el uso y/o aprovechamiento del recurso hídrico mediante captaciones o vertimientos en fuentes hídricas superficiales ni subterráneas.

5.2.1.1.1 Caracterización de comunidades hidrobiológicas

Se caracterizaron seis (6) comunidades hidrobiológicas que comprenden perifiton, macro invertebrados bentónicos y fauna íctica (peces) en sistemas lóticos y lénticos, y plancton (fito y zoo) y macrófitas en sistemas lénticos.

Con base en el conteo de los organismos muestreados se realizó la determinación taxonómica para las familias, géneros, especies o grupos de organismos característicos, posteriormente se realizan los cálculos de densidad y abundancia, y empleando los índices ecológicos, se analizó la composición y estructura de la hidrobiota existente en los ecosistemas acuáticos presentes en el área de influencia.

5.2.1.1.2 Localización de los puntos de muestreo

Las corrientes hídricas superficiales monitoreadas se sitúan en los municipios de Soacha y San Antonio de Tequendama en el departamento de Cundinamarca. En línea con lo establecido en los TdR, la caracterización biótica correspondiente a las comunidades hidrobiológicas de perifiton, plancton, bentos, peces y macrófitas, se realizó en los mismos puntos de muestreo donde se evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica de aguas superficiales para el proyecto, en ese sentido, las coordenadas de los puntos de muestreo se relacionan en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo establecidos para la caracterización hidrobiológica

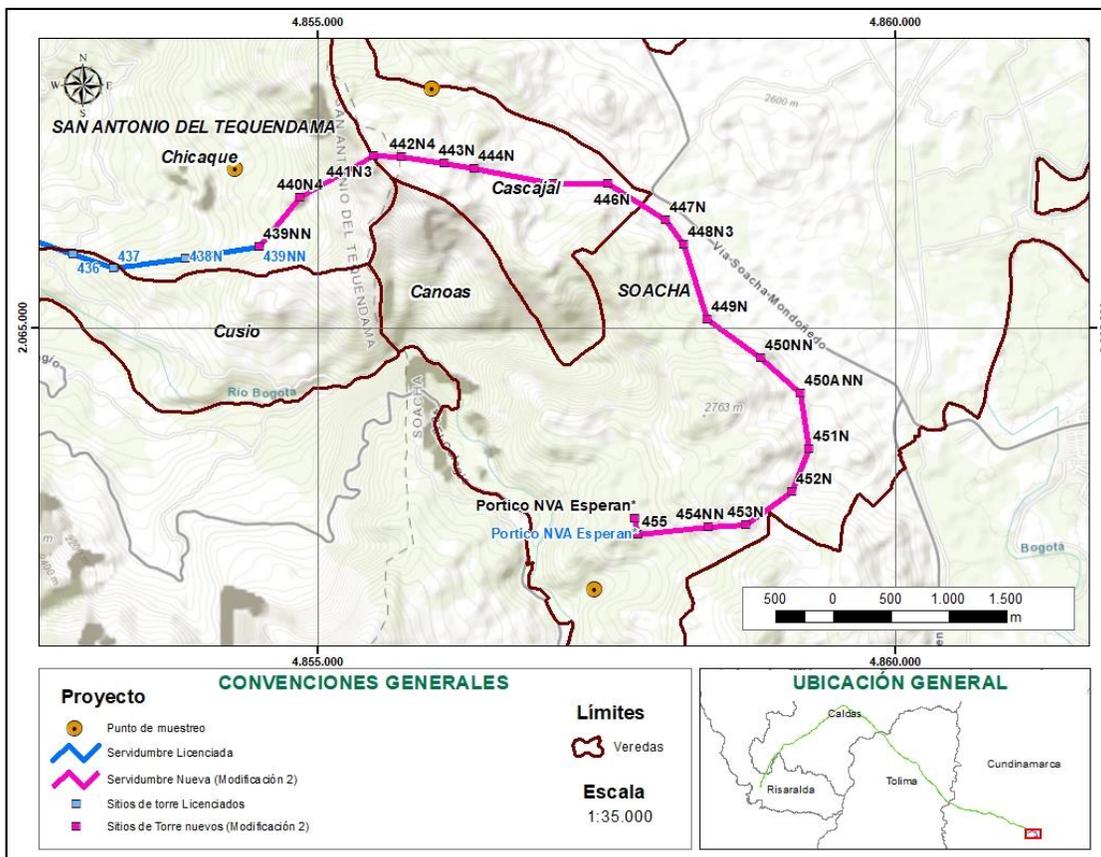
ID Reporte	Punto de monitoreo	COORDENADAS CTM – 12 Origen único		Municipio	Departamento	Subzona hidrográfica
		Este	Norte			
M22-01289	MA-1	4854297,957	2066377,762	Chicaque	Cundinamarca	Río Bogotá
M22-01379	MA-2	4856003,104	2067075,445	Canoas	Cundinamarca	Río Bogotá
M22-01275	MA-3	4857409,007	2062736,042	Canoas	Cundinamarca	Río Bogotá

Fuente: SGI, 2022. Adaptado por SMAYD LTDA, 2022.

La ubicación georreferenciada de los puntos relacionados en la tabla anterior se esquematiza en la Figura 5-1.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

Figura 5-1 Localización de los puntos de monitoreo de la caracterización



Fuente: SMAYD LTDA, 2022.

Adicionalmente, dando alcance al Requerimiento No. 14 establecido por la ANLA en el Acta de Reunión de Información Adicional No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022, en el cual se solicita: «Complementar la caracterización hidrobiológica de los ecosistemas acuáticos, considerando el muestreo para cuerpos de agua lénticos y lóticos»; TCE adelantó un nuevo monitoreo de parámetros hidrobiológicos y fisicoquímicos en diferentes cuerpos de agua lóticos y lénticos al interior del área de influencia de la Modificación No. 2; servicio que se contrató con el laboratorio Servicios Geológicos Integrados – SGI S.A.S. empresa acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM- por medio de la Resolución 0791 del 21 de mayo de 2015, extendida por la Resolución 1628 del 26 de diciembre de 2019, para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades competentes.

El formato de inicio de actividades de campo enmarcadas dentro del Permiso de estudio recolección de especímenes silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales – Resolución 00961 del 02 de junio de 2021, para el Complemento del Estudio de Impacto Ambiental Modificación No. 2 de la Licencia Ambiental para el Proyecto «Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de Transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV UPME 07-2016» se radicó ante la ANLA con número 2022170287-1-000 del 9 de agosto de 2022; por lo cual, las actividades en campo se ejecutaron entre el 01 y el 03 de septiembre de 2022; la última muestra ingresó al laboratorio el día 05 de septiembre de 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

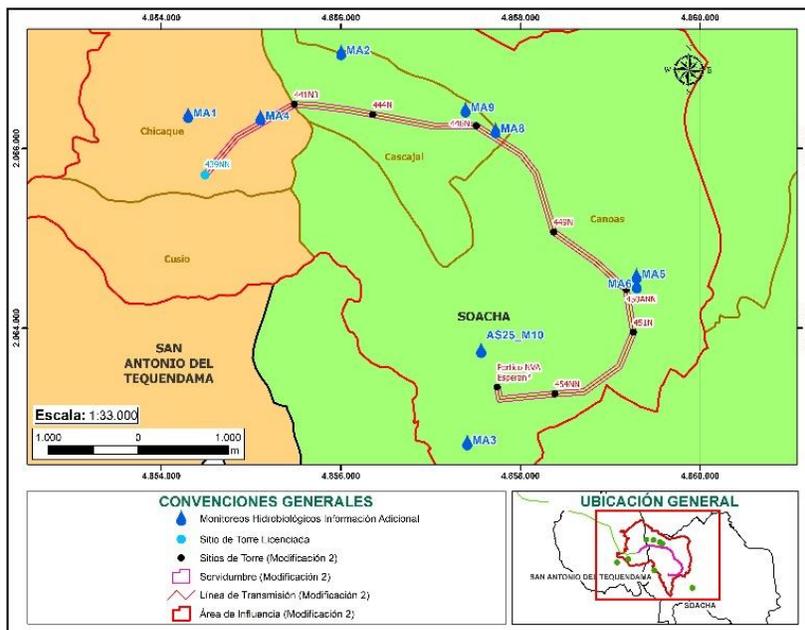
En la Tabla 5-2 se relacionan los puntos de agua que fueron objeto de esta segunda caracterización hidrobiológica (Figura 5-2); en el Anexo «A13. Inf Ad Acta 69 de 2022\Requerimiento 14» se adjunta el informe de laboratorio con la caracterización del recurso hidrobiológico solicitado por la ANLA en el mencionado requerimiento de información adicional.

Tabla 5-2 Ubicación geográfica de los sitios de muestreo establecidos para la segunda caracterización hidrobiológica Requerimiento No. 14 de Información Adicional

ID Reporte	Punto de monitoreo	COORDENADAS CTM – 12 Origen único		Municipio	Departamento	Subzona hidrográfica
		Este	Norte			
M22-07412	MA1	4.854.297,96	2.066.377,76	San Antonio del Tequendama	Cundinamarca	Río Bogotá
M22-07413	MA4	4.855.105,00	2.066.348,00			
Seco	MA2*	4.856.003,10	2.067.075,44	Soacha		
M22-07415	MA5	4.859.292,80	2.064.587,78			
M22-07417	MA8	4.857.723,80	2.066.208,03			
M22-07416	MA9	4.857.387,99	2.066.438,28			
M22-07409	MA6	4.859.296,17	2.064.478,86			
M22-07410	MA3	4.857.409,01	2.062.736,04			
M22-07411	AS25	4.857.563,31	2.063.761,51			

(*): El día 01 de septiembre de 2022, el punto MA2 no presentaba lámina de agua al momento de la toma de muestras.
Fuente: SGI S.A.S., 2022. Adaptado por SMAYD LTDA, 2022.

Figura 5-2 Localización de los puntos de monitoreo establecidos para la segunda caracterización hidrobiológica Requerimiento No. 14 de Información Adicional



Fuente: SMAYD LTDA, 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

Desde la Fotografía 5-1 hasta la Fotografía 5-9 se ilustran los puntos de agua que fueron objeto de esta segunda caracterización hidrobiológica, la cual se realizó en respuesta al Requerimiento de Información Adicional No. 14 del Acta de Reunión No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022.

Más adelante, en el numeral 5.2.1.1.7 de este documento se presenta el reporte de los resultados de hidrobiológicos que se disponen a la fecha.



Fotografía 5-1 Punto de monitoreo MA1 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.



Fotografía 5-2 Punto de monitoreo MA2 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016



Fotografía 5-3 Punto de monitoreo MA3 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.



Fotografía 5-4 Punto de monitoreo MA4 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.



Fotografía 5-5 Punto de monitoreo MA5 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016



Fotografía 5-6 Punto de monitoreo MA6 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.



Fotografía 5-7 Punto de monitoreo MA8 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.



Fotografía 5-8 Punto de monitoreo MA9 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.



Fotografía 5-9 Punto de monitoreo AS25 – Respuesta Requerimiento No. 14 de Información Adicional
Fuente: SGI S.A.S., 2022.

5.2.1.1.3 Metodología del muestreo

La toma de muestras de las comunidades hidrobiológicas se realizó conforme a lo estipulado por el laboratorio S.G.I. S.A.S., en el procedimiento interno establecido para el muestreo y análisis de cada comunidad, y según el plan de muestreo PM-22-077-V1, los cuales se fundamentan en las siguientes referencias metodológicas:

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 23 ed. 2017. Sección 10300 B.
- GTC 25: 1995. Gestión ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Técnicas generales de muestreo para estudios biológicos. Colombia.
- Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 1999. EPA -841-B-99-002.

5.2.1.1.4 Trabajo de campo del muestreo hidrobiológico

Una vez identificados los sitios para la toma de cada una de las muestras, se ejecutaron los procedimientos establecidos para cada comunidad, los cuales se describen en mayor detalle en el numeral 3.2.1 al 3.2.5 del Anexo 5.2.1.2_1 Informe Hidrobiológico Mod 2.

Las actividades realizadas en campo se encuentran enmarcadas dentro del permiso de estudio recolección de especímenes silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales, otorgado a SGI S.A.S mediante la Resolución 00961 del 02 de junio de 2021 (Ver Anexo 5.2.1.2_5 Resolución permiso colecta). El registro fotográfico de los puntos monitoreados puede consultarse en el Anexo 5.2.1.2_1 Informe Hidrobiológico Mod 2.

Una vez ejecutado el muestreo, se procedió a la preservación de las muestras hidrobiológicas que fueron enviadas posteriormente al laboratorio SGI Consultoría e Ingeniería S.A.S., localizado en la ciudad de Bogotá, el

cual se encuentra acreditado por el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005, según Resolución No. 2438 del 10 de noviembre de 2015, renovada mediante la Resolución No. 1628 del 26 de diciembre de 2019.

5.2.1.1.5 Métodos de análisis

A continuación, se describen las actividades realizadas durante la fase de laboratorio para cada uno de los componentes hidrobiológicos, conforme a lo estipulado por el laboratorio SGI S.A.S, en los procedimientos internos PO-AM-058, PO-AM-059, PO-AM-061 y PO-AM-062.

a. Plancton

Las muestras de plancton fueron observadas utilizando un microscopio invertido. Para la identificación taxonómica de fitoplancton, se utilizaron los trabajos de (Streble & Krauter, 1987), (Bicudo & Menezes, 2006), (Cox, 1996) y (Parra, Rivera, Gonzalez, Dellarossa, & Orellana, 1982) Para la identificación de zooplancton se utilizaron las claves y trabajos de (Thorp & Covich, 2001), (Gaviria & Aranguren, 2003) (Elmoor-Loureiro, 1997). Se efectuaron los cálculos correspondientes para expresar los resultados como número de organismos por litro (org/L).

b. Perifiton

Empleando un microscopio invertido se llevó a cabo la identificación taxonómica y conteo de las algas perifíticas. Para la identificación de los grupos taxonómicos presentes, se utilizaron las claves taxonómicas de (Bicudo & Menezes, 2006), (Cox, 1996) y (Parra, Rivera, Gonzalez, Dellarossa, & Orellana, 1982). Posteriormente, se realizaron los cálculos correspondientes para expresar los resultados en número de organismos por centímetro cuadrado (org/cm²).

c. Macroinvertebrados Bentónicos

Cada una de las muestras colectadas fue pasada por un tamiz de 0,5 mm y el material retenido fue vertido en bandejas de fondo blanco para la fácil visualización de los organismos macroinvertebrados. Los individuos se separaron con ayuda de pinzas, agujas entomológicas y lupas, fueron almacenados en viales de vidrio de aproximadamente 20 mL y preservados con alcohol al 70%. El material colectado se identificó utilizando estereoscopio y las claves taxonómicas especializadas de (Roldan, Guía para el estudio de los Macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia., 1988), (Thorp & Covich, 2001) y (Merrit & Cummins, 1996). Los resultados se expresaron como organismos por metro cuadrado (ind/m²).

d. Peces

El procedimiento se basó en la identificación de individuos por medio del uso del recurso visual *in situ* y el uso de claves taxonómicas. La identificación se realizó mediante el uso de claves taxonómicas e información secundaria como: (Mojica, Castellanos, Usma, & Álvarez, 2002), (Mojica, 1999), (Galvis, Mojica, & Camargo, 1997) y (Maldonado-Ocampo, y otros, 2005). Los organismos que no fueron identificados en campo fueron extraídos, fotografiados e identificados en el laboratorio.

e. Macrófitas

Se estimó el porcentaje de cobertura para cada especie por área muestreada y del espejo de agua a partir de los datos de campo, imágenes y fotografías, utilizando los datos suministrados por los cuadrantes y las medidas del transecto muestreado. La variación en el espacio de la vegetación usualmente no es aleatoria; la distribución puede ser determinada por la profundidad del agua, la actividad del borde o costa, el tipo de sedimento, u otros factores. Debido a que la distribución normal no es característica de las comunidades de las plantas, el uso de los parámetros estadísticos se debe hacer con precaución.

5.2.1.1.6 Resultados y análisis

En el Anexo 5.2.1.2_2 se adjuntan los reportes de los resultados de los monitoreos hidrobiológicos en las corrientes de aguas superficiales monitoreadas en el marco del presente Complemento al Estudio de Impacto Ambiental – Modificación 2 de la Licencia Ambiental Resolución No. 170 del 15 de enero de 2021.

La información obtenida en el laboratorio para cada uno de los parámetros analizados de las muestras se organizó en tablas con los datos primarios de cada comunidad, expresando los resultados en términos de organismos por unidad de área (Perifiton org/cm² y Bentos org/m²) o de organismos por unidad de volumen (Plancton org/L). Así mismo, se evaluó la estructura de las comunidades a partir de los índices ecológicos: Riqueza específica (S), Dominancia de Simpson (D), Equidad de Pielou (J'), Diversidad de Shannon-Wiener (H') y la serie de números de Hill (N1 y N2). Las fotografías de los taxa representativos identificados en el laboratorio pueden consultarse en el Anexo 5.2.1.2_1 Informe Hidrobiológico Mod 2.

Posteriormente, para la comunidad de macroinvertebrados, se calculó el índice BMWP/Col, el cual sugiere en términos de bioindicación, el estado de los ecosistemas estudiados. Para las comunidades de plancton y perifiton se construyeron tablas de estructura y figuras de abundancia relativa y se determinó la bioindicación de los taxones más representativos a partir de lo establecido en la literatura por Pinilla (2000).

La composición, abundancia y riqueza, así como índices ecológicos calculados para cada una de las seis (6) comunidades hidrobiológicas analizadas se describen en los literales que se exponen a continuación.

a. Fitoplancton

Esta comunidad comprende los organismos vegetales y bacterias que son capaces de realizar fotosíntesis como procesos principal para su desarrollo vital (Ramírez J. , 2000), gracias a esta característica como sucede en los ecosistemas terrestres con los demás organismos vegetales, el fitoplancton genera grandes aportes a la producción primaria de los ecosistemas acuáticos, brindando grandes cantidades de energía necesaria para que lleven a cabo todos los procesos relacionados con la cadena trófica (Ramírez & Viña, 1998).

▪ Composición

En el presente estudio se identificaron un total de 3 taxa de algas planctónicas, pertenecientes a 3 familias, 3 órdenes y 3 clases agrupadas a su vez en 3 divisiones taxonómicas: Cyanobacteria, Ochrophyta y Charophyta.

La división Ochrophyta, se presenta como las de mayor riqueza y abundancia; comprende las comúnmente conocidas como diatomeas. Las diatomeas constituyen un grupo de microalgas dominante en muchos sustratos, existen especies muy sensibles a cambios ambientales y otras muy tolerantes a ellos (Toro et al., 2003). En general, el predominio de diatomeas indica procesos de constante mezcla, sucesión planctónica, bajas concentraciones de calcio y una relación Nitrógeno/Fósforo alta permitida por un pH neutro a levemente ácido (Roldan & Ramírez, 2008).

Según Ramírez (2000), los ambientes eutróficos se caracterizan por presentar unas pocas especies de diatomeas de densidad alta, mientras que, en los ambientes limpios, se pueden presentar varias especies de diatomeas, pero cada una de densidad baja.

En la Tabla 5-3 se especifica la composición de la comunidad de fitoplancton encontrada en el punto monitoreado con su respectiva clasificación taxonómica y las densidades en cada una de las estaciones de muestreo:

Tabla 5-3 Composición, abundancia y riqueza de fitoplancton

MA-1						
REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA Org/l
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>	19
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>	58
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Ankistrodesmus sp.</i>	6
TOTAL						83

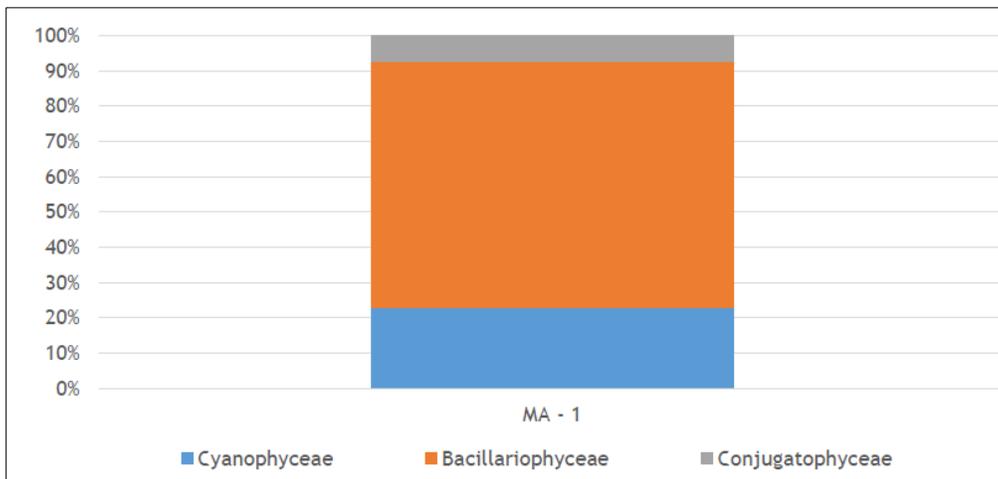
Fuente: SGI S.A.S., 2022.

- **Riqueza y abundancia**

El termino riqueza hace referencia al número de taxa diferentes que se registran para una comunidad dada, en un momento y lugar específico. En el caso del fitoplancton para el presente estudio se encontró una riqueza total de 3 taxa divididos en las 3 divisiones taxonómicas anteriormente mencionadas.

En la Figura 5-3 se pueden observar las clases con mayor representación en términos de riqueza específica, siendo Bacillariophyceae con una composición del 69,88% del total de organismos registrados, seguida de Cyanophyceae con el 22,89% y Conjugatophyceae con el 7,23%, restante de la composición porcentual.

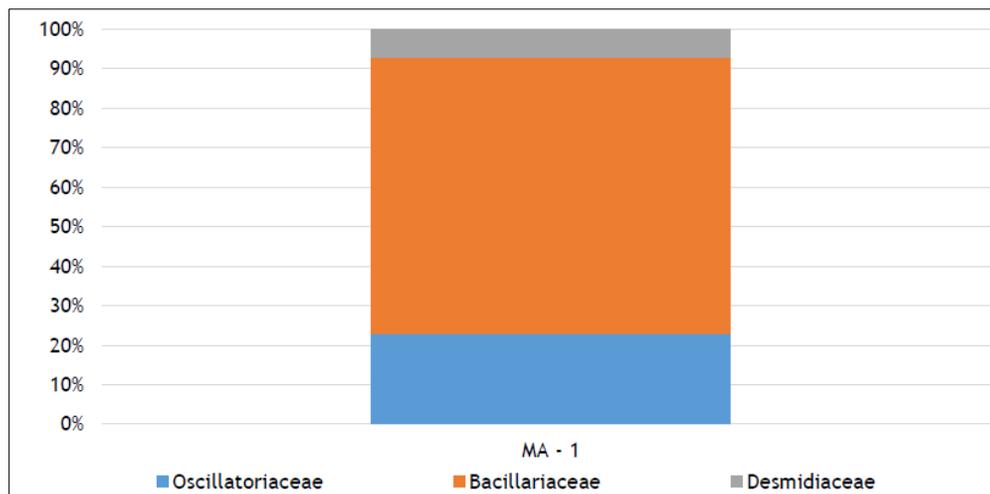
Figura 5-3. Distribución porcentual del fitoplancton a nivel de clase



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

A nivel taxonómico de familia para el punto MA-1, el reporte con mayor densidad, corresponde a Bacillariaceae con 69,9%, seguido de Oscillatoriaceae con 22,9% y Desmidiaceae con 7,2%; estos resultados se pueden observar en la siguiente figura. Estos resultados coinciden con lo reportado para la comunidad perifítica, donde Bacillariaceae presentó la mayor composición porcentual.

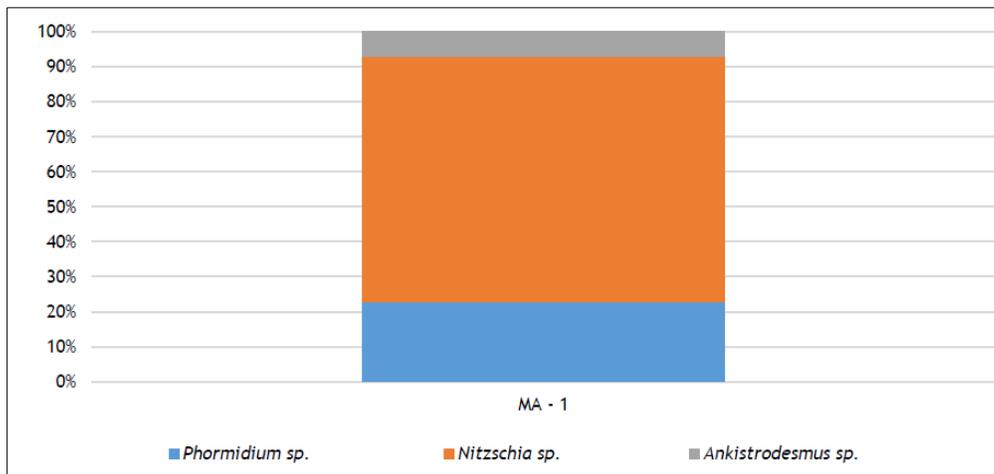
Figura 5-4- Distribución porcentual del fitoplancton a nivel de familia



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Con relación a los taxa reportados, la mayor riqueza se registró para *Nitzschia sp.*, con 58 Org/l, seguido *Phormidium sp.*, con 19 Org/l; por último, *Ankistrodesmus sp.*, con 6 Org/l. Esto se puede observar en la Figura 5-5.

Figura 5-5. Distribución porcentual de fitoplancton a nivel de taxa



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Los taxa con mayores densidades fueron *Nitzschia sp.*, de la clase Bacillariophyceae; de la clase Cyanophyceae, *Phormidium sp.*; por último, de la clase Conjugatophyceae se encuentra *Ankistrodesmus sp.*, la menos representativa. De las anteriormente mencionadas *Nitzschia sp.*, la cual fue la más representativa, ya que fue la más abundante en el cuerpo de agua monitoreado; estos organismos se encuentran en aguas con contaminación intensa a leve, con preferencia a aguas estancadas y remansos (Streble & Krauter, 1987). Los organismos del taxa *Phormidium sp.*, son muy comunes y se pueden encontrar en diferentes tipos de hábitat (Bicudo & Menezes, 2006) y se presenta en aguas con contaminación leve a intensa (Streble & Krauter, 1987). En cuanto a los individuos del taxa *Ankistrodesmus sp.*, se presenta en aguas moderadamente contaminadas y tranquilas (Streble & Krauter, 1987).

▪ Índices ecológicos

Según los resultados obtenidos en el punto MA-1, se presenta riqueza de 3 taxa, los índices de diversidad se encuentran en un rango bajo. De acuerdo con lo propuesto por Roldan y Ramírez (2008), los valores bajos hacen referencia a sistemas que presentan enriquecimiento orgánico; es decir, no cuentan con gran estabilidad en sus procesos energéticos internos.

Tabla 5-4 Índices ecológicos para la comunidad de fitoplancton.

PUNTO DE MONITOREO	ÍNDICES ECOLÓGICOS							
	S	N	d	J	H'(Log2)	λ	N1	N2
MA-1	3	83	0,45	0,71	1,12	0,55	2	2
MA-2	PUNTOS SECOS							
MA-3								

S: Riqueza de especies, N: # de individuos, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson. Serie de Números de Hill (N1, N2).

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Los valores bajos obtenidos para el índice de dominancia de Simpson (< 0.5), y los valores altos del índice de uniformidad de Pielou (>0.5) calculados para los ecosistemas donde se presentan riquezas mayores a 2 taxa, en general muestran una estructura de comunidad uniforme sin predominio de un taxa específico sobre los demás. Lo anterior es respaldado por los valores obtenidos para la serie de números de Hill donde, para estos mismos

ecosistemas, el número de taxa catalogadas como abundantes y muy abundantes excede la mitad del total de taxa registrados.

b. Zooplancton

La comunidad zooplanctónica es considerada un grupo muy importante dentro de los ecosistemas acuáticos puesto que al ser el principal consumidor de microalgas es capaz en primer lugar de controlar la sobrepoblación de estos organismos y además de transferir la energía hacia niveles superiores dentro de la red trófica al ser consumidos por otros organismos que se alimentan del plancton. Sin embargo, su presencia está relacionada por diversos factores en especial por el tipo de sistema (lótico - léntico) siendo mucho más abundante en aquellos de aguas quietas donde realiza migraciones en la columna de agua siguiendo las realizadas por el fitoplancton. En los sistemas lóticos depende de que existan zonas de remanso donde haya ofertas alimenticias y suficientes nutrientes.

▪ Composición

Para el presente estudio se identificaron 4 taxa de organismos zooplanctónicos (uno indeterminado debido al estadio en el que se encontraba el organismo), pertenecientes a 4 familias, 4 órdenes y 4 clases, de tres divisiones taxonómicas: Rotífera, Nematoda y Protozoa.

La división Nematoda obtuvo una mayor abundancia con 38 Org/l, seguido de la división Protozoa con 26 Org/l; por último, la división Rotífera con 13 Org/l registrando la densidad total de organismos reportados en el monitoreo del punto MA-1.

La división Protozoa donde la clase Lobosa es una de las más representativas, se refiere a organismos considerados cosmopolitas en lo referente a su distribución en un hábitat conveniente para ellos. Es destacable su importancia en los ambientes acuáticos, formando parte de la cadena alimenticia, como consumidores primarios, jugando un rol fundamental en el ciclo de nutrientes y el flujo de energía dentro de los sistemas acuáticos (Finlay *et al.* 1988 En: Guillen, 2002). El taxa *Arcella sp.*, es característica de aguas estancadas y turberas. Estanques eutróficos, en aguas poco profundas, se encuentra cuando existe la presencia de hojarasca en el cuerpo de agua (Streble & Krauter, 1987). En cuanto a la clase Filosia se agrupan especies de muy diverso nivel de organización (Streble & Krauter, 1987).

En la Tabla 5-5 se especifica la composición del zooplancton encontrado en el total de los puntos de monitoreo con su respectiva clasificación taxonómica.

Tabla 5-5 Composición, abundancia y riqueza de zooplancton

MA-1						
REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA Org/l
Animalia	Nematoda				<i>Morfoespecie 1</i>	38
	Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	<i>Euglypha sp.</i>	13
		Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella sp.</i>	13
	Rotífera	Monogonta	Ploima	Trichocercidae	<i>Trichocerca sp.</i>	13
TOTAL						77

____ = Nivel taxonómico no determinado dado el estadio de desarrollo del organismo.

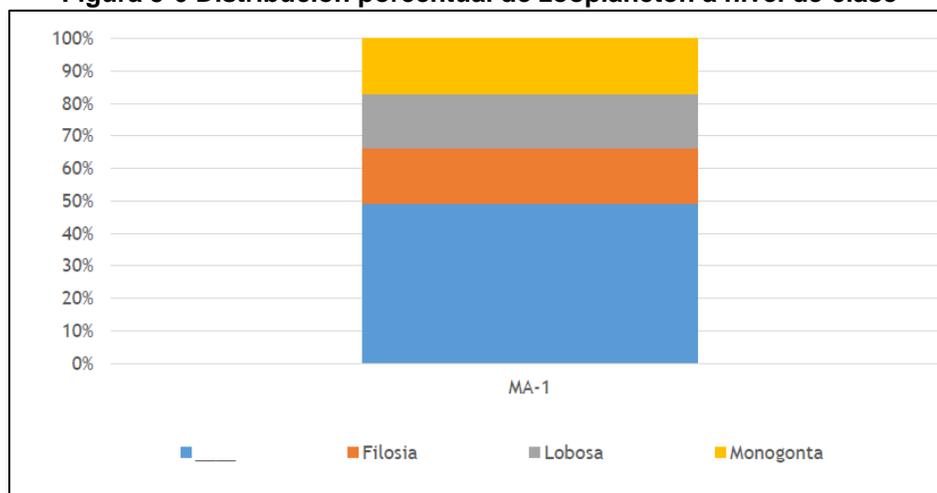
Fuente: SGI S.A.S., 2022.

▪ **Riqueza y abundancia**

El desarrollo de las poblaciones de zooplancton no solo va a depender de la cantidad de alimento disponible sino también de su calidad. La calidad nutricional de los diferentes taxones de algas sugiere que el zooplancton estará limitado por las comunidades fitoplanctónicas, las cuales serán de mayor aprovechamiento cuando estas estén dominadas por diatomeas o criptofíceas, u otros grupos de algas de alta calidad nutricional (Conde-Porcuna, Ramos-Rodríguez, & Pérez-Martínez, 2002). Para estos ecosistemas las algas dominantes en la comunidad del fitoplancton fueron algas Desmideas y Bacillarofíceas (diatomeas) las cuales representan una buena fuente de alimento debido a su morfología la cual facilita su consumo por parte del zooplancton.

El termino riqueza hace referencia al número de taxa que se reportan para una comunidad dada, en un momento y lugar específico. En el caso del zooplancton, para el presente estudio se encontró una riqueza total de 4 taxa pertenecientes a las 3 divisiones taxonómicas anteriormente mencionadas. La división Protozoa registró riqueza de 2 taxa, la división Nematoda y Rotífera con solo un taxa cada una.

Figura 5-6 Distribución porcentual de zooplancton a nivel de clase



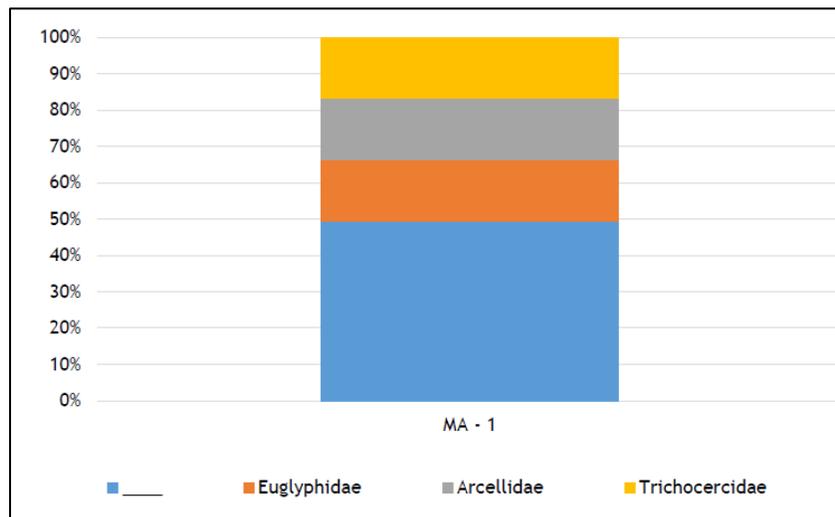
Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

En términos de abundancia, es decir, de número de individuos presentes en un área determinada, a nivel de clase, la clase no determinada de la división Nematoda presentó los valores más altos con un total de 49,35%, seguido de Filosia, Lobosa y Monogonta con un total de 16,88% cada una.

La familia que registra la mayor densidad fue la familia no determinada de la división Nematoda con 38 Org/l; mientras que las demás familias registraron 13 Org/l cada una. Las abundancias a nivel de familia se pueden observar en la Figura 5-7.

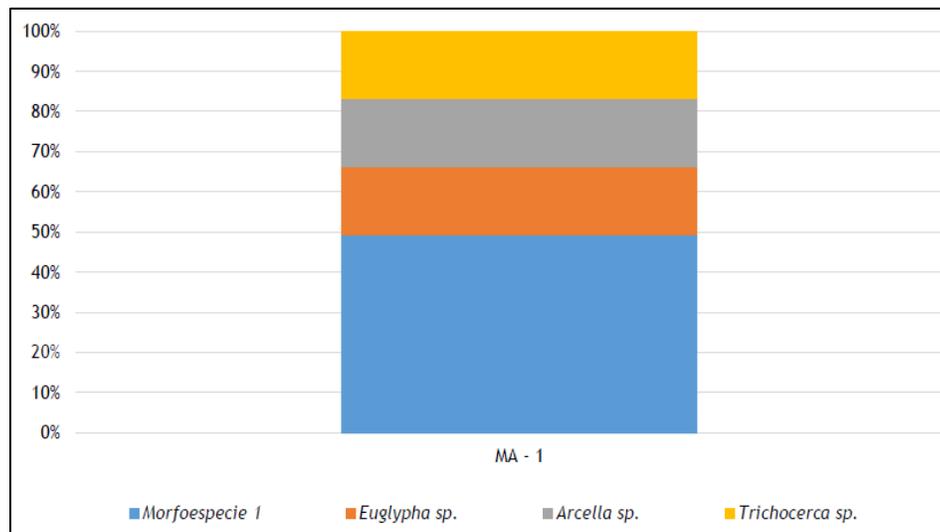
Figura 5-7 Distribución porcentual de zooplancton por familia



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Con respecto a los taxa como se observa en la **Figura 5-8**, el taxa registrado de la división Nematoda fue el más representativo en el monitoreo. En cuanto a los taxas *Euglypha sp.*, los cuales se encuentran en aguas con contaminación moderada o aguas estancadas (Streble & Krauter, 1987); los individuos del taxa *Arcella sp.*, son característicos de aguas estancadas y turberas; en estanques eutróficos, en aguas poco profundas y se encuentra cuando existe la presencia de hojarasca en el cuerpo de agua (Streble & Krauter, 1987). Por último, *Trichocerca sp.*, registran una densidad de 13 Org/l cada una.

Figura 5-8 Distribución porcentual de zooplancton a nivel de taxa



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Filosia hace parte del phylum Protozoa junto con la clase Lobosa; aquí se agrupan especies de muy diverso nivel de organización (Streble & Krauter, 1987). Esta clase estuvo representada por el taxa *Trinema sp.*; suele asociarse a sistemas influenciados por hojarasca o material vegetal proveniente de la vegetación adyacente (Streble & Krauter, 1987).

El desarrollo de las poblaciones de zooplancton no solo va a depender de la cantidad de alimento disponible sino también de su calidad. La calidad nutricional de los diferentes taxones de algas sugiere que el zooplancton estará limitado por las comunidades fitoplanctónicas, las cuales serán de mayor aprovechamiento cuando estas estén dominadas por diatomeas o criptofíceas, u otros grupos de algas de alta calidad nutricional (Conde-Porcuna, Ramos-Rodríguez, & Pérez-Martínez, 2002).

Para estos ecosistemas las algas dominantes en la comunidad del fitoplancton fueron algas Bacillariofíceas (diatomeas) las cuales representan una buena fuente de alimento debido a su morfología la cual facilita su consumo por parte del zooplancton.

▪ Índices ecológicos

Los índices ecológicos calculados para el análisis de la comunidad de zooplancton muestran en general una riqueza (S) baja (4) para el punto monitoreado.

En términos de diversidad, el índice de Shannon-Wiener ($H' \text{ Log}_2$), presentó un valor bajo (<2.0) para los puntos monitoreados. De acuerdo con lo propuesto por Roldan y Ramírez (2008), los valores bajos reflejan sistemas que presentan procesos de enriquecimiento orgánico en su interior.

Tabla 5-6 Índices ecológicos para la comunidad de Zooplancton.

PUNTO DE MONITOREO	ÍNDICES ECOLÓGICOS							
	S	N	d	J	H'(Log2)	λ	N1	N2
MA-1	4	77	0,69	0,90	1,80	0,33	3	3
MA-2	PUNTOS SECOS							
MA-3								

S: Riqueza de especies, N: # de individuos, d: Riqueza de Margalef, J: Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson. Serie de Números de Hill (N1, N2).

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Los valores bajos obtenidos para el índice de dominancia de Simpson (< 0.5), y los valores altos del índice de uniformidad de Pielou (> 0.5) calculados para los ecosistemas donde se presentan riquezas mayores a 2 taxa, en general muestran una estructura de comunidad uniforme sin predominio de un taxa específico sobre los demás. Lo anterior es respaldado por los valores obtenidos para la serie de números de Hill donde, para estos mismos ecosistemas, el número de taxa catalogadas como abundantes y muy abundantes excede la mitad del total de taxa registrados.

c. Perifiton

El perifiton es una de las comunidades más importantes presente en los sistemas acuáticos, está constituido por varios grupos de microorganismos entre los que se encuentran algas, hongos, bacterias y protozoos; se desarrollan sobre superficies solidas sumergidas tales como rocas, sedimento, material vegetal, arenas, hojas y macrófitas (Wetzel, 1983). Las características hidrológicas, físicas y químicas, así como los disturbios y la heterogeneidad espacial y temporal en los sistemas acuáticos, definen la distribución, la dispersión, la colonización y la respuesta de estos organismos al medio.

Las algas perifíticas se desarrollan mejor en sustratos que le ofrezcan estabilidad y donde la acción de las corrientes sea mínima. Incluso, en algunos casos, el tipo de sustrato, más que la intensidad lumínica o nutrientes, es el factor limitante en la producción de esta comunidad (Roldan & Ramirez , 2008). Así mismo, algunos autores afirman que hay cuatro factores primordiales que limitan la productividad de las algas perifíticas: luz, agua, temperatura y nutrientes.

El perifiton desempeña un papel fundamental en la productividad primaria y en la tasa de reciclaje de nutrientes de los sistemas acuáticos. Actualmente se utiliza como indicador de la calidad del agua debido a su estrecha relación con el sustrato, lo que le permite reflejar los cambios ocurridos por alteraciones físicas, químicas y biológicas. Así pues, si hay un gran número de perturbaciones físicas, como incremento de la velocidad del agua y arrastre de sedimento, el perifiton tendrá poco desarrollo (Stevenson, Bothwell, & Lowe, 1996).

▪ Composición

Para el presente estudio se identificaron un total de 4 taxa de algas perifíticas, pertenecientes a 4 familias, 4 órdenes y 2 clases agrupadas a su vez en 2 divisiones taxonómicas: Ochrophyta y Charophyta. En la siguiente tabla se especifica la composición de la comunidad de microalgas encontrada en el total de los puntos de monitoreo y su respectiva clasificación taxonómica.

En los ecosistemas monitoreados, se obtuvo una densidad total de 774 Org/cm². El taxa más representativo fue para *Nitzschia* sp., los cuales suelen encontrarse en aguas con contaminación intensa a leve, con preferencia a aguas estancadas y remansos (Streble & Krauter, 1987).

Tabla 5-7 Composición, abundancia y riqueza del perifiton.

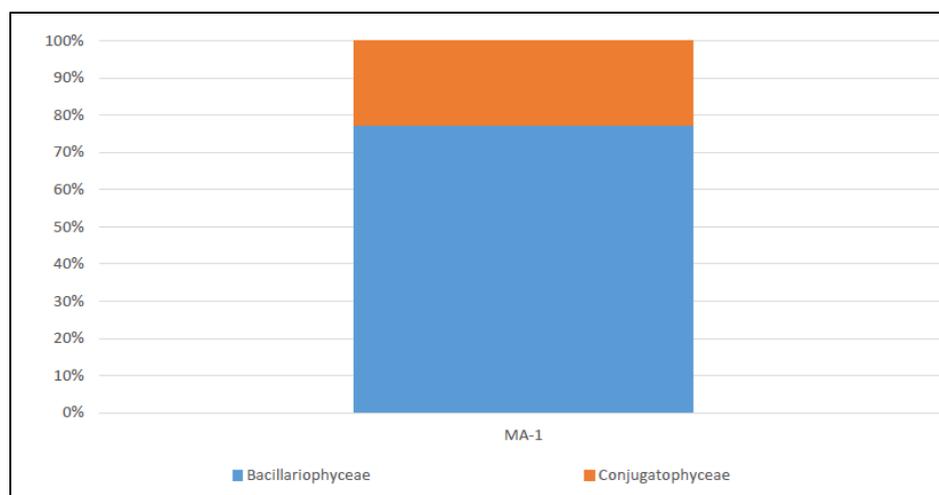
MA-1						
REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA Org/cm ²
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i> sp.	460
			Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Ulnaria</i> sp.	67
			Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.	72
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i> sp.	175
TOTAL						774

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

▪ Riqueza y abundancia

El termino riqueza hace referencia al número de taxa que se registran para una comunidad dada, en un momento y lugar específico. En el caso del perifiton para el presente estudio se encontró una riqueza total de cuarenta taxa pertenecientes a las divisiones taxonómicas anteriormente mencionadas. La división con mayor riqueza de taxa fue Ochrophyta con 3 taxa seguido de Charophyta con 1 solo taxa registrado. A nivel de clases, se registró que la mayor abundancia la obtuvo Bacillariophyceae con un 77,39 %, seguido Conjugatophyceae con 22,61%. Esto se puede evidenciar en la siguiente figura:

Figura 5-9 Distribución porcentual del perifiton a nivel de clase

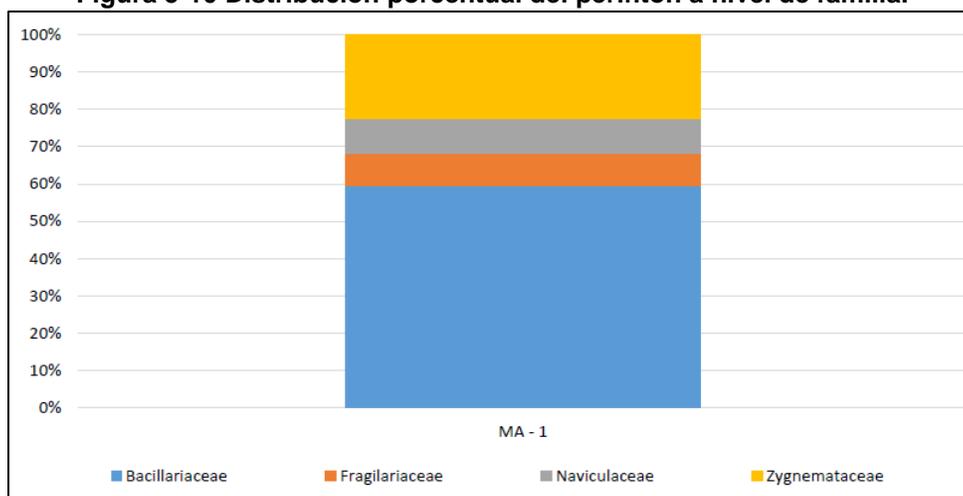


Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
 Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

La clase Bacillariophyceae fue la clase más representativa para el presente monitoreo. En términos de abundancia, es decir, de número de individuos presentes en un área determinada, en general en el presente monitoreo la división Ochrophyta fue la que presentó los valores más altos con un total de 77,39%, seguida de la división Charophyta con 22,61% siendo el valor más bajo de abundancia total encontrada para la comunidad de perifiton. A nivel taxonómico de familia, Bacillariaceae se reportó en la mayoría de las estaciones monitoreadas arrojando un valor de 59,43%; le sigue Zygnemataceae con 22,61%. Los registros más bajos fueron para las familias Naviculaceae con 9,30% y Fragilariaceae 8,66% registrados para el presente monitoreo.

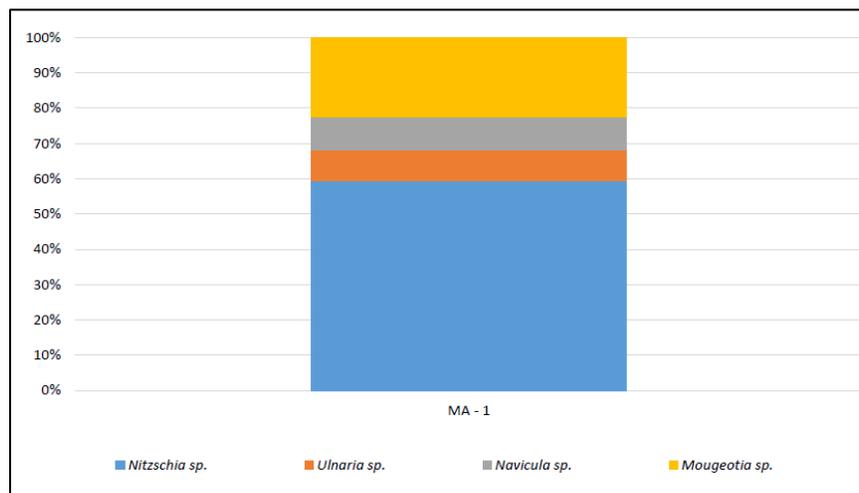
Figura 5-10 Distribución porcentual del perifiton a nivel de familia.



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

El taxa *Nitzschia* sp., presenta la mayor densidad. El taxa *Mougeotia* sp., se encuentra en segundo lugar y registra una densidad de 175 Org/cm². Estos resultados se pueden observar en la siguiente figura:

Figura 5-11 Distribución porcentual del perifiton a nivel de taxa



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

De acuerdo con la bioindicación de los taxa más abundantes en el presente estudio, es importante resaltar que la presencia de los organismos del taxa *Nitzschia* sp., se encuentran en aguas con contaminación intensa a leve, con preferencia a aguas estancadas y remansos (Streble & Krauter, 1987).

De acuerdo con las especies del género *Mougeotia* se pueden encontrar en aguas ácidas y en pantanos (Ramirez J. , 2000) y en aguas turbias con eutrofia (Pinilla, 2000). Los taxa de *Navicula* sp., pueden crecer en ambientes oscuros y carentes de CO₂, debido a la capacidad de generar energía a partir de sustancias de las cuales están hechas (Ramirez J. , 2000).

▪ Índices ecológicos

Los índices ecológicos calculados para el análisis de la comunidad de perifiton, muestran en general riquezas bajas para el presente monitoreo. El punto MA-1, obtuvo un valor bajo (<2,0).

De acuerdo con lo propuesto por Roldan y Ramírez (2008), los valores bajos reflejan sistemas que presentan procesos de enriquecimiento orgánico en su interior, mientras que los valores medios reflejan sistemas que tienden a estabilizarse en sus procesos energéticos internos, lo cual genera mejores condiciones para el desarrollo de la biota acuática y asociada; los valores altos de diversidad hacen referencia a ecosistemas con gran estabilidad en sus procesos energéticos internos lo cual genera mejores condiciones para el desarrollo de la biota acuática y asociada.

Tabla 5-8 Índices ecológicos para la comunidad de perifiton.

PUNTO DE MONITOREO	ÍNDICES ECOLÓGICOS							
	S	N	d	J	H'(Log2)	λ	N1	N2
MA-1	4	774	0,45	0,78	1,56	0,42	3	2
MA-2	PUNTOS SECOS							
MA-3								

S: Riqueza de especies, N: # de individuos, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Wiener, λ: Predominio de Simpson. Serie de Números de Hill (N1, N2).

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Los valores bajos obtenidos para el índice de dominancia de Simpson (< 0.5), y los valores altos del índice de uniformidad de Pielou (>0.5) calculados para los ecosistemas donde se presentan riquezas mayores a 2 taxa, en general muestran una estructura de comunidad uniforme sin predominio de un taxa específico sobre los demás. Lo anterior es respaldado por los valores obtenidos para la serie de números de Hill donde, para estos mismos ecosistemas, el número de taxa catalogadas como abundantes y muy abundantes excede la mitad del total de taxa registrados.

d. Macroinvertebrados bentónicos

Se denominan macroinvertebrados acuáticos bentónicos a aquellos organismos invertebrados que habitan, en alguna etapa de su ciclo de vida en ambientes acuáticos y pueden ser retenidos con mallas de 200 a 500 μm. Esto comprende una amplia variedad de especies de diferentes Phylum como anélidos, moluscos, platelmintos, nematodos y artrópodos (insectos principalmente).

Los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos, al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos sistemas y tener un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas (Ladrera, Rieradevall, & Prat, 2009).

En la actualidad, los macroinvertebrados acuáticos son los organismos más ampliamente utilizados como bioindicadores debido a diversas razones entre las que se destacan: tener una amplia distribución, tener una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a gradientes ambientales; ser en su mayoría sedentarios, lo que permite un análisis espacial de la contaminación; en algunas especies, tener ciclos de vida largo lo que integra los efectos de la contaminación en el tiempo y la sensibilidad de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación (Bonada, Prat, Resh, & Statzner, 2006).

▪ Composición

En el presente estudio se encontraron un total de 6 taxa de macroinvertebrados, pertenecientes a 5 familias, 4 órdenes y 2 clases que se agrupan a su vez en 2 divisiones: Annelida y Arthropoda.

La división Arthropoda, la cual fue la más diversa y abundante, en términos generales hace referencia a organismos que habitan en una gran cantidad de ecosistemas, desde cuerpos lóticos adheridos a las rocas hasta en sistemas lóticos habitando el fondo de los mismos; sin embargo, se diversifican generalmente en ambientes con una alta carga de materia orgánica, siendo esta su principal fuente de alimento (Roldan, 1988).

La división Annelida fue la menos representativa en los puntos monitoreados; estos organismos son característicos de aguas contaminadas con residuos vegetales (Roldán, 2003) y contaminación por materia orgánica, hipoxia, aportes de sedimentos alóctonos y aguas de poca turbulencia (Pinilla, 2000). La mayoría viven en aguas eutrofizadas, sobre suelo fangoso, con abundantes detritos, aguas quietas y en aguas con descomposición de materia orgánica (Roldán, 2003).

En la Tabla 5-9 se especifica la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos encontrada en cada punto de monitoreo con su respectiva clasificación taxonómica.

Tabla 5-9 Composición, abundancia y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos

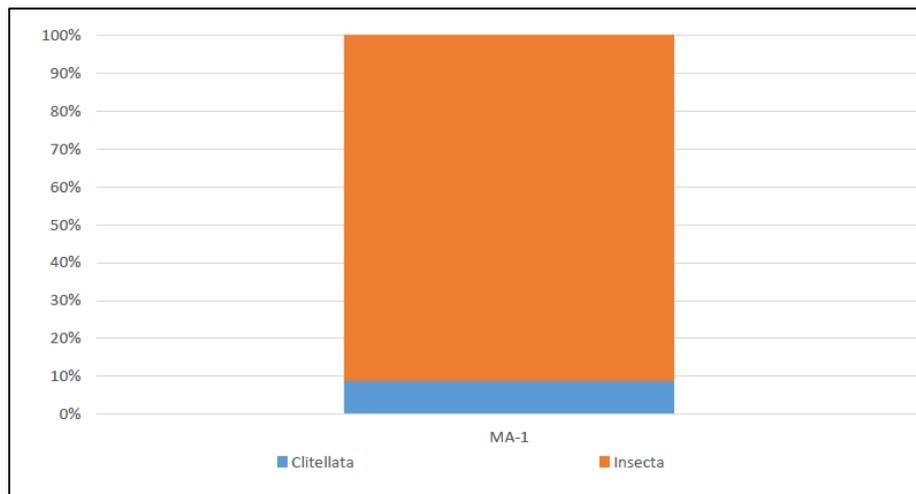
MA-1						
REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA Org/m ²
Animalia	Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	<i>Morfoespecie 1</i>	2
	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Morfoespecie 13</i>	2
				Chironomidae	<i>Morfoespecie 86</i>	2
					<i>Morfoespecie 81</i>	9
			Ephemeroptera	Baetidae	<i>Morfoespecie 25</i>	4
			Trichoptera	Leptoceridae	<i>Morfoespecie 10</i>	4
TOTAL						23

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

- Riqueza y abundancia

Al observar la siguiente figura, la clase Insecta obtuvo la mayor representatividad, la cual registró el 91,30% del total de organismos encontrados, a diferencia de la clase Clitellata con una composición porcentual de 8,70% del total general; los Clitelados son un grupo de organismos propio de ambientes con alta sedimentación, eutróficos y con sustrato lodoso (Pinilla G. A., 2000), son indicadores de contaminación por materia orgánica (Roldán, 2003).

Figura 5-12 Distribución porcentual de los macroinvertebrados acuáticos a nivel de clase.

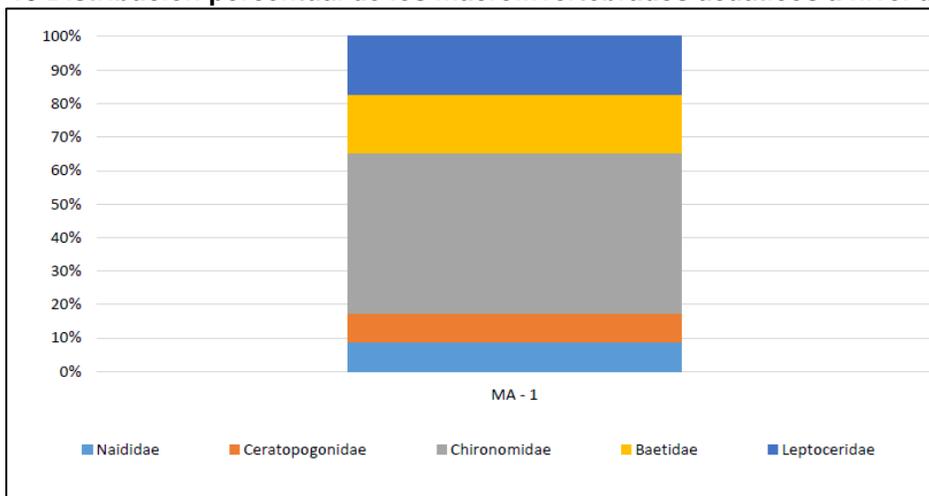


Fuente: SGI S.A.S., 2022.

En términos de abundancia, es decir, de número de individuos presentes en un área determinada, la división taxonómica que presentó mayor abundancia fue Arthropoda con 21 Org/m² (91,30%), mientras que la división Annelida reportó 2 Org/m² (8,70%); estos últimos viven en su mayoría en aguas eutrificadas, sobre fondo fangoso, con abundantes detritos, aguas quietas y en aguas con descomposición de materia orgánica (Roldán, 2003).

Al comparar la riqueza reportada para el punto MA-1, presenta mayor riqueza con 4 familias registradas la clase Insecta, mientras que la clase Annelida reporta una familia. Esto se puede observar en la siguiente figura:

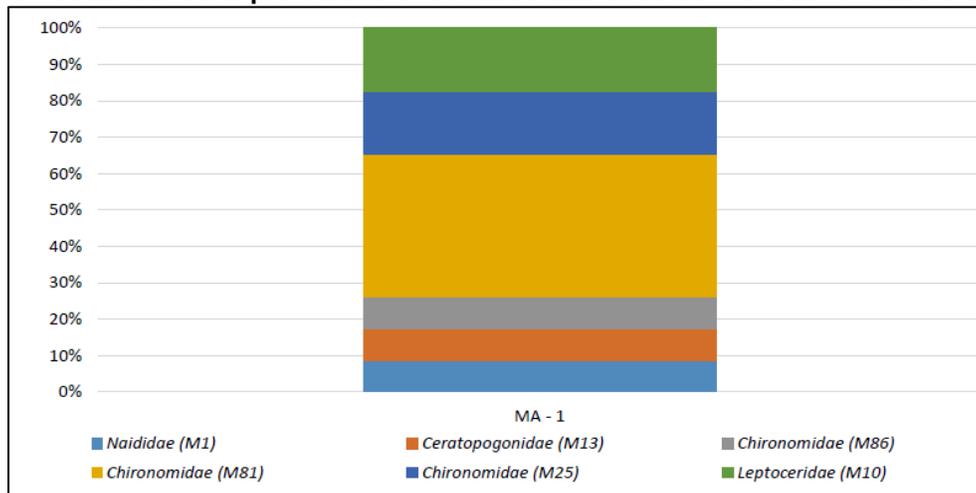
Figura 5-13 Distribución porcentual de los macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia.



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Con relación a la densidad de taxa identificados en cada una de los ecosistemas monitoreados, se encuentra que la familia Chironomidae, posee la mayor densidad de organismos por metro cuadrado, seguido de los taxa de la familia Baetidae y de la familia Leptoceridae. En cuanto a la riqueza para la comunidad de macroinvertebrados se encuentra que la familia Chironomidae posee dos taxa a diferencia de las demás familias que solo poseen un taxa. Esto se puede observar en la Figura 5-14.

Figura 5-14 Distribución porcentual de los macroinvertebrados acuáticos a nivel de taxa.



Fuente: SGI S.A.S., 2022.

La clase Insecta fue la más representativa en el presente muestreo; en términos generales la clase Insecta, hace referencia a organismos que habitan en una gran cantidad de ecosistemas, desde cuerpos lóticos adheridos a las rocas hasta en sistemas lóticos habitando el fondo de los mismos; sin embargo, se diversifican generalmente

en ambientes con una alta carga de materia orgánica, siendo esta su principal fuente de alimento (Roldan, Guía para el estudio de los Macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia., 1988).

Los Dípteros constituyen un orden abundante y ampliamente distribuido; viven en hábitats muy variados, se encuentran en ríos, arroyos, lagos y embalses bajo cualquier condición organoléptica (Roldan & Ramírez, 2008). Un gran número de especies tienen relación con el agua y en muchas familias las larvas son estrictamente acuáticas (Liévano y Ospina, 2007). Estos organismos representan algunas de las formas más conocidas de insectos, incluyendo los mosquitos y moscas, muchas de las cuales son las más molestas de todas las plagas de insectos, en particular en términos de salud humana y economía. A pesar de esto, muchos grupos de los dípteros acuáticos desempeñan un papel fundamental en la transformación de la energía en los ambientes acuáticos y en el apoyo a las poblaciones de peces y aves acuáticas (Roldan G., 2003).

Los Chironomidos se encuentran asociados a aguas lólicas y lénticas posiblemente con abundante materia orgánica en descomposición; las especies de esta familia se pueden encontrar desde aguas muy contaminadas hasta aguas limpias (Roldan G. , 2003). Son la familia más abundante y diversa de la clase Insecta en ambientes acuáticos; catalogados como cosmopolitas, las larvas y pupas se pueden hallar sobre cualquier tipo de sustrato, blando (fangoso) semiblando (limo arcilloso, arenoso) duro (canto rodado, rocas) sobre vegetación sumergida y sobre otros organismos.

Prefieren, por lo general lugares remansados y protegidos de las corrientes (Domínguez y Fernández, 2009). Los organismos de la familia Ceratopogonidae, se encuentran en aguas lénticas, charcas y lagos con materia orgánica en descomposición y son indicadores de aguas mesoeutróficas (Roldan G., 1988).

▪ Índice BMWP

El índice BMWP permite estimar la calidad de un ecosistema acuático a partir de la valoración de las familias de macroinvertebrados que habitan en el mismo, se atribuye a cada familia un valor determinado de acuerdo con su tolerancia a la contaminación que va de 1 a 10, de manera que las familias más tolerantes obtienen una menor puntuación que aquellas que requieren mejores condiciones del agua para vivir. La suma de los valores obtenidos para cada familia en un punto de muestreo dará el grado de contaminación de este, cuanto mayor sea la suma, menor es la contaminación del punto estudiado.

A partir de las familias de macroinvertebrados presentes en los cuerpos de agua lólicas estudiados, se estimó el índice BMWP/Col para la evaluación de la calidad del agua en los puntos de muestreo. Con respecto a los valores obtenidos, cabe aclarar que, dado que el índice fue diseñado para ríos de alta montaña, es altamente probable que la bioindicación obtenida no refleje la verdadera naturaleza y calidad del recurso hídrico evaluado; no obstante, al no existir hasta el momento un modelo disponible, específico para la localidad del muestreo, se tomó el modelo general para Colombia (Roldán-Pérez., 2016). Dicho esto, se obtuvo solo dos calificaciones para los ecosistemas evaluados, los cuales indican: aguas fuertemente contaminadas en los Puntos 3, 7, 9, 11 y 13 Para los puntos 1, 2, 4, 15, 16 y 19. Este resultado es debido a los pocos organismos encontrados en los cuerpos de agua los cuales alcanzan a indicar algún grado de contaminación, ya sea por reducción en la población por la presencia de lluvias, presencia de materia orgánica o algún vertimiento que se realice cerca o en los puntos monitoreados. También se deduce por la presencia de familias tolerantes a la polución, como es el caso de Chironomidae y Ceratopogonidae (Diptera) y Naididae, estas se encuentran en cuerpos de agua medianamente

contaminados a muy contaminados (Pinilla G., 2000). A continuación, se presenta el resultado del BMWP para cada punto monitoreado y su significado ecológico:

Tabla 5-10 Índice BMWP/Col obtenido para el punto MA-1.

Punto Monitoreado	Valor BMWP	Clase	Calidad	Significado	Color
MA-1	22	IV	Crítica	Aguas muy contaminadas	

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

De acuerdo con el resultado del índice BMWP, el agua del punto estudiado, se encuentra con algún grado de contaminación. Debe tenerse en cuenta que este índice es cualitativo, y debido a que se encontraron en general pocas familias taxonómicas de macroinvertebrados, a causa de la baja disponibilidad y variabilidad de microhábitats existentes en algunos puntos, el índice determina contaminación. Se aclara que el estado del agua puede estimarse con mayor certeza con los índices de diversidad (principalmente el de Shannon), los cuales son cuantitativos y pueden ser calculados para la mayoría de las comunidades acuáticas.

e. Macrófitas acuáticas

Las plantas acuáticas son uno de los componentes más importantes de los ecosistemas lacustres, responsables de la productividad primaria, de suministrar nichos para otros niveles tróficos, reciclar los nutrientes y estabilizar sedimentos. Éstas, son plantas que habitan en ambientes acuáticos e inundables, para lo cual realizan diversas adaptaciones que permitan el desarrollo, crecimiento, e incluso la reproducción bajo condiciones de inundación permanente (Mumm, 1998). Comúnmente se ha descrito a las macrófitas acuáticas como un grupo cosmopolita (Chambers, Lacoul, Murphy, & Thomaz, 2008).

La distribución de las macrófitas acuáticas depende de factores como la topografía, la geología y el clima, además de eficaces mecanismos para dispersar sus semillas o propágulos; el éxito de dispersión a grandes distancias en las plantas acuáticas ha sido facilitado por tolerancias ecológicas y la plasticidad a diferentes condiciones; el establecimiento se atribuye en gran parte al crecimiento clonal y la abundancia de rizomas (Santamaría, 2002), lo que favorece la colonización a través de la dispersión por el agua, el viento, la actividad humana y la migración de aves (Scremin-Dias, 2009).

En general, sin importar el hábito, muchas plantas acuáticas tienen la capacidad de realizar reproducción clonal (Valk, 2006) extendiendo raíces rastreras a lo largo del fondo sedimentos o de los cuerpos de agua. Junto con el fitoplancton y perifiton, las macrófitas acuáticas son los productores primarios de los ecosistemas lacustres. La dinámica trófica y disponibilidad de micro hábitats depende por tanto de la cobertura y diversidad de las plantas acuáticas, las cuales además contribuyen indirectamente a los ciclos de nutrientes por la liberación de materia orgánica disuelta que, a su vez, da soporte a la actividad de bacterias fijadoras de nitrógeno.

En el punto monitoreado no se evidenciaron asociaciones de macrófitas. La ausencia de esta comunidad vegetal, está relacionada con múltiples factores, como lo son el área del litoral, las condiciones topográficas y el estado de eutrofización del agua (Roldan & Ramírez, 2008). Las macrófitas crecen en sistemas lóticos, en orillas protegidas y remansos de ambientes lóticos de corrientes muy suaves o nulas (Ramírez & Viña, 1998). El

establecimiento y/o anclaje de estas plantas depende de la geomorfología sistema, del tipo de sustrato, la fuerza de la corriente y en muchos casos de la turbidez del agua (Cirujano, Cambra, & Gutiérrez, 2005).

f. Ictiofauna

La distribución y composición de la ictiofauna responde en principio a características determinadas de los sistemas acuáticos fluviales o lóticos. Condiciones propias del sistema como características geológicas (contenido de minerales y nutrientes en los suelos, sólidos, erosión), tasa de renovación del agua (velocidad, caudal), características morfométricas (forma o irregularidad del lecho, relación área superficial: profundidad), turbidez del agua y tipo de sustrato (Ramírez & Viña, 1998) pueden determinar la presencia o ausencia de estos organismos. Existen otros factores como las condiciones biológicas que pueden influenciar también la presencia de la comunidad íctica, el comportamiento y la reproducción juegan un papel importante porque determinan el desplazamiento de los mismos; su capacidad de movimiento propio, les permite trasladarse en busca de condiciones ventajosas para su supervivencia. Por ejemplo, las migraciones relacionadas con la reproducción están influenciadas tanto por la naturaleza de la especie como por la temporada de lluvias y sequías del año. Por otro lado, factores de origen antropogénico pueden modelar también la presencia de estos organismos ya que modifican o varían de una u otra forma las condiciones de los ecosistemas en general (Ramírez & Viña, 1998).

En este monitoreo, no se capturaron individuos para la comunidad íctica dado que el ecosistema se caracterizó por tener un flujo muy pequeño con pendientes altas lo cual dificulta el establecimiento de comunidades de ictiofauna y de hidrobiota en general.

5.2.1.1.7 Reporte de resultados hidrobiológicos en respuesta al Requerimiento No. 14 del Acta de Reunión de Información Adicional No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022

A continuación, desde la Tabla 5-11 hasta la Tabla 5-18 se exponen los reportes de resultados de hidrobiología suministrados por el laboratorio SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS S.A.S. - S.G.I. S.A.S., el cual cuenta con la Resolución No. 1614 de 23 de diciembre de 2021, emitida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales – IDEAM para la producción de información cuantitativa física, química y biótica, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

**Tabla 5-11 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA1 – Respuesta
Requerimiento No. 14 de Información Adicional**

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Fitoplancton							
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	5	Individuo/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmiales	Desmidiaceae	Staurastrum sp.	20	Individuo/L
Zooplancton							
Animalia	Nematoda	-	-	-	Morfoespecie 1	10	Individuo/L
Protozoa	Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Cyphoderiidae	Cyphoderia sp.	5	Individuo/L
Perifiton							
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	3	Ind/cm2

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Macroinvertebrados Bentónicos							
Animalia	Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Pisidiidae	Pisidium sp.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae	Rhagovelia sp	20	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Morfoespecie 1	2	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Hexatoma sp.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Tipula sp	3	Ind/m2
Animalia	Annelida	Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculidae	Morfoespecie 1	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	Morfoespecie 7	2	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 8	67	Ind/m2
Peces							
Animalia	Chordata	Teleostei	Siluriformes	Astroblepidae	Astroblepus trifasciatus	1	Individuo/h

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

**Tabla 5-12 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA3 – Respuesta
Requerimiento No. 14 de Información Adicional**

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Macroinvertebrados Bentónicos							
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Tipula sp	4	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Collembola	Collembola	Poduridae	Morfoespecie 1	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	Scirtes sp	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Morfoespecie 8	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Culicidae	Culex sp.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 8	4	Ind/m2

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

**Tabla 5-13 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA4 – Respuesta
Requerimiento No. 14 de Información Adicional**

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Fitoplancton							
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	Staurastrum sp.	46	Individuo/L
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	Spirulina sp.	10	Individuo/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	10	Individuo/L
Zooplancton							
Animalia	Rotifera	Bdelloidea	Bdelloida	Habrotrochidae	Morfoespecie 1	25	Individuo/L
Protozoa	Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	Euglypha sp.	10	Individuo/L
Perifiton							
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	Stigeoclonium sp.	3	Ind/cm2

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	1	Ind/cm2
Macroinvertebrados Bentónicos							
Animalia	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema sp.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 49	8	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	Phylloicus sp	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	Morfoespecie 3	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	Morfoespecie 5	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Tipula sp	2	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Morfoespecie 1	3	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Hexatoma sp.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalaelidae	Hyalaela sp	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Simuliidae	Simulium sp.	1	Ind/m2

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

**Tabla 5-14 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA5 – Respuesta
Requerimiento No. 14 de Información Adicional**

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Fitoplancton							
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	46	Ind/L
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Lepocinclis sp.	148	Ind/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Staurodesmus sp.	346	Ind/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Thalassiosiphales	Catenulaceae	Amphora sp	25	Ind/L
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlorococaceae	Tetraedron sp.	56	Ind/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Staurastrum sp.	173	Ind/L
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Comasiella sp	31	Ind/L
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Strombomonas sp.	66	Ind/L
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Acutodesmus sp	20	Ind/L
Zooplancton							
Protozoa	Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	36	Ind/L
Protozoa	Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Cyphoderiidae	Cyphoderia sp.	15	Ind/L
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	-	-	Morfoespecie 1	10	Ind/L
Animalia	Rotifera	Monogonta	Ploima	Brachionidae	Keratella sp.	5	Ind/L
Perifiton							
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	17	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Mougeotia sp.	13	Ind/cm2
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Lepocinclis sp.	43	Ind/cm2

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Strombomonas sp.	22	Ind/cm2
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlorococaceae	Tetraedron sp.	9	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	Staurostrum sp.	37	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	Staurodesmus sp.	102	Ind/cm2
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Comasiella sp	9	Ind/cm2
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Desmodesmus sp.	11	Ind/cm2
Macroinvertebrados Bentónicos							
Animalia	Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa sp.	3	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Morfoespecie 1	4	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Helochaes sp.	10	Ind/m2
Animalia	Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	Biomphalaria sp.	3	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus sp.	19	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Notonectidae	Notonecta sp	11	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	Gynacantha sp	19	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	Sympetrum sp	8	Ind/m2
Macrófitas Acuáticas							
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Alismatales	Hydrocharitaceae	Limnobium laeviagatum	24	% Cobertura
Plantae	Tracheophyta	Polypodiopsida	Salvinales	Azollaceae	Azolla filiculoides	2	% Cobertura
Peces							
Animalia	Chordata	Teleostei	Cyprinodontiformes	Poeciliidae	Gambusia affinis	100	Ind/h

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

**Tabla 5-15 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA6 – Respuesta
Requerimiento No. 14 de Información Adicional**

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Fitoplancton							
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	Closterium sp.	229	Ind/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	Closterium sp2.	112	Ind/L
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Volvocaceae	Eudorina sp.	61	Ind/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	107	Ind/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	51	Ind/L
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Microsporaceae	Microspora sp.	132	Ind/L
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	Spirulina sp.	20	Ind/L
Zooplancton							
Animalia	Arthropoda	Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	Morfoespecie 1	66	Ind/L
Protozoa	Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	46	Ind/L

**COMPLEMENTO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL–
MODIFICACIÓN 2 LICENCIA AMBIENTAL RESOLUCIÓN No. 170 / 2021 –
INFORMACIÓN ADICIONAL**



Transmisora Colombiana
de Energía S.A.S. E.S.P.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Animalia	Rotífera	Monogonta	Ploima	Lecanidae	Lecane sp.	127	Ind/L
Animalia	Arthropoda	Maxillopoda	-	-	Morfoespecie 1	46	Ind/L
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	-	-	Morfoespecie 3	56	Ind/L
Protozoa	Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp2.	25	Ind/L
Protozoa	Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	Euglypha sp.	15	Ind/L
Perifiton							
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	13	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiáles	Closteriaceae	Closterium sp.	92	Ind/cm2
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Volvocaceae	Eudorina sp.	18	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiáles	Closteriaceae	Closterium sp2.	25	Ind/cm2
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	32	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	11	Ind/cm2
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Microsporaceae	Microspora sp.	9	Ind/cm2
Macroinvertebrados Bentónicos							
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	-	Morfoespecie 3	1	Ind/m2
Animalia	Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	Helobdella sp	4	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	Gynacantha sp	6	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	Libellula sp	4	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	Morfoespecie 74	14	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 19	26	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 20	48	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Copelatus sp.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Helochaeres sp.	9	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Thermonectus sp	3	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus sp.	3	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus sp3.	8	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Carabidae	Morfoespecie 5	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Culicidae	Culex sp.	8	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	Morfoespecie 3	1	Ind/m2
Macrófitas Acuáticas							
Plantae	Tracheophyta	Polypodiopsida	Salvinales	Azollaceae	Azolla filiculoides	3	% Cobertura
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Apiales	Araliaceae	Hydrocotyle ranunculoides	23	% Cobertura
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Alismatales	Hydrocharitaceae	Limnobium laevigatum	20	% Cobertura

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

**Tabla 5-16 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA8 – Respuesta
Requerimiento No. 14 de Información Adicional**

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Fitoplancton							
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	Synedra sp.	36	Ind/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	41	Ind/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Staurostrum sp.	92	Ind/L
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	10	Ind/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	10	Ind/L
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Dictyosphaeriaceae	Dictyosphaerium sp.	5	Ind/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia sp.	5	Ind/L
Zooplancton							
Protozoa	Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	Trinema sp.	15	Ind/L
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	-	-	Morfoespecie 1	10	Ind/L
Protozoa	Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	10	Ind/L
Animalia	Rotifera	Monogonta	Ploima	Lecanidae	Lecane sp.	5	Ind/L
Perifiton							
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	10	Ind/cm2
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Phacus sp.	4	Ind/cm2
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	3	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium sp.	4	Ind/cm2
Macroinvertebrados Bentónicos							
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae	Morfoespecie 7	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Helochares sp.	2	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus sp3.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 8	4	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 19	48	Ind/m2
Macrófitas Acuáticas							
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Polygonaceae	Persicaria punctata	2	% Cobertura
Plantae	Tracheophyta	Polypodiopsida	Salvinales	Azollaceae	Azolla filiculoides	3	% Cobertura
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Alismatales	Hydrocharitaceae	Limnobium laevigatum	42	% Cobertura

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

**Tabla 5-17 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo MA9 – Respuesta
Requerimiento No. 14 de Información Adicional**

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Fitoplancton							
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium sp.	56	Ind/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	46	Ind/L
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	25	Ind/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Stauroneis sp.	15	Ind/L
Zooplancton							
Protozoa	Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	20	Ind/L
Animalia	Rotifera	Monogonta	Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp	10	Ind/L
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	-	-	Morfoespecie 1	10	Ind/L
Perifiton							
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	14	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Staurastrum sp.	11	Ind/cm2
Protozoa	Euglenophycota	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	9	Ind/cm2
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	Monoraphidium sp	18	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	13	Ind/cm2
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	5	Ind/cm2
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	3	Ind/cm2
Macroinvertebrados Bentónicos							
Animalia	Arthropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Morfoespecie 1	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	Sympetrum sp	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 8	107	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Copelatus sp.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Helochaes sp.	8	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Notonectidae	Notonecta sp	2	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	Morfoespecie 1	17	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus sp3.	2	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Neobidessus sp	8	Ind/m2
Animalia	Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa sp.	24	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	Gynacantha sp	3	Ind/m2
Macrófitas Acuáticas							
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Alismatales	Hydrocharitaceae	Limnobium laeviagatum	46	% Cobertura
Plantae	Tracheophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Polygonaceae	Persicaria punctata	3	% Cobertura

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

**Tabla 5-18 Reporte de comunidades hidrobiológicas punto de monitoreo AS25 – Respuesta
Requerimiento No. 14 de Información Adicional**

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	ABUNDANCIA	UNIDAD
Fitoplancton							
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	15	Ind/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium sp.	76	Ind/L
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium sp2.	41	Ind/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	56	Ind/L
Bacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	Spirulina sp.	10	Ind/L
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	36	Ind/L
Zooplancton							
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	-	-	Morfoespecie 1	25	Ind/L
Animalia	Rotifera	Monogonta	Ploima	Lecanidae	Lecane sp.	36	Ind/L
Protozoa	Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	15	Ind/L
Protozoa	Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Centropyxidae	Centropyxis sp.	5	Ind/L
Perifiton							
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	11	Ind/cm2
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	14	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium sp.	20	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium sp2.	17	Ind/cm2
Plantae	Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Staurastrum sp.	4	Ind/cm2
Plantae	Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Volvocaceae	Eudorina sp.	6	Ind/cm2
Chromista	Ochrophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	22	Ind/cm2
Macroinvertebrados Bentónicos							
Animalia	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	-	Morfoespecie 3	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Copelatus sp.	1	Ind/m2
Animalia	Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Pisidiidae	Pisidium sp.	6	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Thermonectus sp.	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Collembola	Collembola	Poduridae	Morfoespecie 1	1	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	Polycentropus sp.	17	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Culicidae	Culex sp.	2	Ind/m2
Animalia	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 8	71	Ind/m2

Fuente: SGI S.A.S., 2022.

Se reitera que, en el Anexo «A13. Inf Ad Acta 69 de 2022\Requerimiento 14» se adjunta el informe de laboratorio con la caracterización del recurso hidrobiológico solicitado por la ANLA en el mencionado requerimiento de información adicional.

CONCLUSIONES

A partir del análisis hidrobiológico de las muestras tomadas en los puntos de agua superficial para la segunda modificación del EIA en el segundo refuerzo de Red en el Área Oriental, Línea de transmisión de energía eléctrica de alta tensión, La Virginia – Nueva Esperanza, se puede concluir:

Los resultados obtenidos para la comunidad de fitoplancton y perifiton muestran diversidades bajas donde el taxa *Nitzschia* sp., fue el más representativo en las dos comunidades de algas estudiadas. En el ecosistema evaluado para el presente monitoreo, se presentó una diversidad baja, lo cual, según Roldán y Ramírez (2008), refleja un sistema que se encuentra en proceso de estabilización de sus cargas energéticas internas, por lo cual, pueden presentar importantes cargas de material orgánico en su interior.

La comunidad de zooplancton obtuvo una diversidad baja, la cual puede atribuirse a varios factores como la perturbación producto de la temporada de lluvias donde hay desplazamiento de organismos y no logran permanecer, así como a características propias del cuerpo de agua como su corriente y alta pendiente que en conjunto impiden el establecimiento de las diferentes comunidades hidrobiológicas.

En cuanto a la comunidad de macroinvertebrados, el índice de BMWP indica en general aguas con algún grado de contaminación de origen orgánico, sin embargo, la baja abundancia y riqueza de estos organismos también se puede atribuir a la baja disponibilidad y variabilidad de microhábitats en el sistema estudiado.

En el cuerpo de agua estudiado, no se evidencian asociaciones de macrófitas, ni se logró la captura de fauna íctica. Los puntos MA-2 y MA-3 se encontraron secos.

Finalmente, en respuesta al Requerimiento No. 14 del Acta de Reunión de Información Adicional No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022, en el informe de laboratorio de SGI S.A.S., respecto a la caracterización del recurso hidrobiológico solicitado por la ANLA en el mencionado requerimiento de información adicional; se concluye:

*Los resultados reportados para las comunidades de fitoplancton y perifiton muestran diversidades bajas, siendo *Closterium* sp. y *Staurodesmus* sp. los taxa más representativos en las dos comunidades hidrobiológicas. La baja diversidad de los ocho ecosistemas estudiados para el presente monitoreo, según lo propuesto por Roldán y Ramírez (2008) refleja ambientes que se encuentran en proceso de estabilización de sus cargas energéticas internas, por lo cual, el establecimiento de dichas comunidades puede verse alterado por las cargas de material orgánico.*

La comunidad de zooplancton obtuvo una diversidad baja (<2.0) en los ocho ecosistemas monitoreados, lo cual puede atribuirse a factores como la perturbación producto de la temporada de lluvias generando arrastre y desplazamiento de organismos, así como a características propias del cuerpo de agua como su corriente y alta pendiente que en conjunto impiden el establecimiento de las individuos en la columna de agua.



Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental:
Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV - UPME 07 2016

En cuanto a la comunidad de macroinvertebrados, el índice de BMWP indica en general aguas moderadamente contaminadas de origen orgánico. Sin embargo, las riquezas bajas de estos organismos reportadas para los ocho puntos monitoreados, también se puede atribuir a la disponibilidad y variabilidad de microhábitats en el sistema estudiado.

*En los cuerpos de agua estudiados, los taxa de macrófitas acuáticas reportados se encuentran relacionados a las riberas de ríos y áreas inundables con alto contenido orgánico y condiciones fisicoquímicas que permiten el desarrollo rápido sobre el agua. Igualmente, la ictiofauna registrada *Astroblepus trifasciatus* y *Gambusia affinis* se caracterizan por ser resistentes a un amplio rango de condiciones fisicoquímicas e hidrológicas que permiten su establecimiento.*

6. BIBLIOGRAFÍA

- Bicudo , C., & Menezes, M. (2006). *Generos de algas contineitais do Brasil. Chave para identificacao e descricoes*. Brasil: Editora Roma.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V., & Statzner. (2006). *Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative alalysis of recent approaches*. Rev. Entomol. 51:495-552.
- Cirujano, S., Cambra, J., & Gutierrez, C. (2005). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva MARCO del agua. Protocolos de muestreo y análisis para micrófitos*. Zaragoza, España: Confederación hidroFigura del Ebro.
- Cox, E. (1996). *Identification of freshwater Diatoms from live material*. Londres: Chapman & Hall.
- ECOPETROL S.A. . (2015). *Guía para la identificación y evaluación de impactos ambientales*. Bogotá.
- Elmoor-Loureiro, L. (1997). *Manual de identificacao de Cladóceros límnicos do Brasil*. Brasilia: Editora Universa.
- Fernandez, C. (2010). *Guía Metodológica Para La Evaluación Del Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Galvis, G., Mojica , M., & Camargo , M. (1997). *Peces del Catatumbo*. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.
- IDEAM. (2010, 2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: Institutot de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-.
- Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herrameinta didáctica*. Icastorratza: E-Revista de didáctica.
- Merrit , R., & Cummins, K. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd Edition.
- Mojica, J. (1999). *Lista preliminar de las especies duceacuícolas de Colombia*. Revista de la Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales.
- Parra, O., Rivera, P., Gonzalez , M., Dellarossa, V., & Orellana , M. (1982). *Manueal taxonómico de fitoplancton de aguas continentales*. Chile: Universidad de Concepción.
- Pinilla, G. (2000). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Bogotá: Centro de investigaciones científicas.
- Ramirez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de analisis*. Bogotá: Panamericana.
- Ramirez, J. (2000). *Fitoplancton de agua dulce: Bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias*. Medellín : Universidad de Antioquia.
- Roldan , G., & Ramirez , J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín : Universidad de Antioquia.
- Roldan, G. (1988). *Guía para el estudio de los Macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Presencia Ltda.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Medellín : Universidad de Antioquia. Colección de Ciencia y Tecnología.
- Streble, H., & Krauter, D. (1987). *Atlas de microorganismos de agua dulce*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Thorp, J., & Covich, A. (2001). *Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates*. 3rd Edition.
- Wetzel, R. (1983). *Periphyton of aquatic ecosystem*. Holanda: The Hague