



ENEL COLOMBIA S.A. E.S.P.

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN A 115 kV”**

**CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA
SUBCAPÍTULO 5.2 MEDIO BIÓTICO
ACÁPITE 5.2.2 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS**

POR:



INGEDISA
INGENIERÍA & DISEÑO

Bogotá, septiembre de 2024



ENEL COLOMBIA S.A. E.S.P.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN A 115 kV”
CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA
SUBCAPÍTULO 5.2 MEDIO BIÓTICO
ACÁPITE 5.2.2 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

POR:



INGEDISA
INGENIERÍA & DISEÑO

Bogotá, septiembre de 2024

2	Versión 2	Ingedisa S.A	Ingedisa S.A	K. Martínez	30/08/2024
1	Versión 1	Ingedisa S.A	J. Yopasa	K. Martínez	20/12/2023
0	Versión inicial	Ingedisa S.A.	J. Yopasa	K. Martínez	12/18/2023
Rev.	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 3

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	6
5.2 Medio Biótico	6
5.2.2 Ecosistemas acuáticos	6

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 5-1 Ecosistemas acuáticos identificados en el área de influencia	8
Figura 5-2 Humedales RAMSAR	9
Figura 5-3 Ecosistemas de humedal MADS.....	10
Figura 5-4 Superficies de agua identificadas para el proyecto por medio de la metodología Corine Land Cover.....	11
Figura 5-5 Humedales POMCA río Bogotá	12
Figura 5-6 Corredores ecológicos GDB POMCA Río Bogotá.....	13
Figura 5-7 Rondas de protección hídrica SDA	14
Figura 5-8 Ronda del Humedal Torca y Guaymaral	15
Figura 5-9 Localización geográfica de los puntos de monitoreo.....	25
Figura 5-10 Escala de pH	27

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 5-1 Respuesta a requerimientos presentados por la autoridad ambiental	6
Tabla 5-2 Usos principales del sistema hídrico	22
Tabla 5-3 Identificación y coordenadas de ubicación de los puntos de monitoreo	24
Tabla 5-4 Resultados de mediciones en campo.....	26
Tabla 5-5 Mineralización del agua a partir de la conductividad	27
Tabla 5-6 Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con la concentración de Oxígeno	28
Tabla 5-7 Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton registradas en el punto HTG 02 Físico Químico Hidrobiológico Léntico.....	29
Tabla 5-8 Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton registradas en el punto CG_01_Físico Químico_Hidrobiológico-Lótico	29
Tabla 5-9 Densidad (Ind/cm ²) y abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas registradas en el punto HTG_02_Físico Químico_Hidrobiológico-Léntico	30
Tabla 5-10 Densidad (Ind/cm ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de perifiton registradas en el punto CG_01_Físico Químico_Hidrobiológico-Lótico	30
Tabla 5-11 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de perifítica en el área de estudio	34
Tabla 5-12 Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.....	34
Tabla 5-13 Clasificación taxonómica del fitoplancton registrado en el área de estudio	36


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 4

Tabla 5-14 Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de la comunidad fitoplanctónica registrada en el área de estudio.....	36
Tabla 5-15 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de fitoplancton en el área de estudio.....	38
Tabla 5-16 Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.....	38
Tabla 5-17. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de zooplancton registrado en el área de estudio.....	40
Tabla 5-18 Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de la comunidad de zooplancton registrada en el área de estudio.....	40
Tabla 5-19 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de zooplancton en el área de estudio.....	42
Tabla 5-20 Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas.....	42
Tabla 5-21 Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrado en el área de estudio.....	43
Tabla 5-22 Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrado en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico.....	44
Tabla 5-23 Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos registradas en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico.....	44
Tabla 5-24 Densidad (Ind/m ²) de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos registradas en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico.....	45
Tabla 5-25 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el área de estudio.....	48
Tabla 5-26 Índices BMW/Col y ASTP aplicados a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.....	49
Tabla 5-27 Registro fotográfico de algunas morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas.....	49
Tabla 5-28 Clasificación taxonómica de la morfoespecie de macroinvertebrados acuáticos observada en el punto con el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico.....	50
Tabla 5-29 Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos del neuston registrado en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico.....	50
Tabla 5-30 Densidad (Ind/m ²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos registrada en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico.....	51
Tabla 5-31 Densidad (Ind/m ²) de las morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos del neuston registradas en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico.....	52
Tabla 5-32 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el área de estudio.....	55
Tabla 5-33 Índices BMW/Col y ASTP aplicado a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.....	55
Tabla 5-34 Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas.....	56
Tabla 5-35 Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas reportadas en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico.....	57
Tabla 5-36 Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas acuáticas reportadas en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico.....	57


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 5

Tabla 5-37 Porcentaje de cobertura de las morfoespecies de macrófitas reportadas en el área de estudio.....	58
Tabla 5-38 Registro fotográfico de las morfoespecies registradas	59
Tabla 5-39 Resultados de variables fisicoquímicas in situ y valor ICA	61
Tabla 5-40 Ubicación puntos de muestreo.....	62
Tabla 5-41 Estructura de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos primer muestreo.....	64
Tabla 5-42 Estructura de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos segundo muestreo.....	64
Tabla 5-43 Índices ecológicos de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos primer muestreo.....	67
Tabla 5-44 Índices ecológicos de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos segundo muestreo	67
Tabla 5-45 Estructura de la comunidad del perifiton primer muestreo	69
Tabla 5-46 Estructura de la comunidad del perifiton segundo muestreo	69
Tabla 5-47 Índices ecológicos de la comunidad del perifiton primer muestreo.....	72
Tabla 5-48 Índices ecológicos de la comunidad del perifiton segundo muestreo	72
Tabla 5-49 Estructura de la comunidad del fitoplancton segundo muestreo.....	73
Tabla 5-50 Índices ecológicos de la comunidad del fitoplancton segundo muestreo.....	74
Tabla 5-51 Estructura de la comunidad del zooplancton segundo muestreo.....	75
Tabla 5-52 Índices ecológicos de la comunidad del zooplancton segundo muestreo.....	77

LISTADO DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 5-1 Contribución porcentual de las divisiones perifíticas a la densidad total del perifiton en el área de estudio.....	32
Gráfica 5-2 Contribución a la densidad total de las divisiones perifíticas registradas en el área de estudio por punto de monitoreo	33
Gráfica 5-3 Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en el área de estudio.....	37
Gráfica 5-4 Contribución porcentual a la densidad total de las Phyla zooplanctónicas en el área de estudio	41
Gráfica 5-5 Contribución porcentual de las phyla de macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en el área de estudio	46
Gráfica 5-6 Contribución de los órdenes de macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de muestreo en el área de estudio	47
Gráfica 5-7 Contribución porcentual a la densidad total de las Phyla de macroinvertebrados acuáticos registrados en el área de estudio	53
Gráfica 5-8 Contribución a la densidad total de las phyla de macroinvertebrados acuáticos registrados en el área de estudio por punto de monitoreo	54

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.2 Medio Biótico

5.2.2 Ecosistemas acuáticos

En atención a la respuesta de los requerimientos solicitados en la Reunión de Información Adicional en el trámite administrativo de licenciamiento ambiental Expediente SDA 07-2024-153, en el presente capítulo se da atención al requerimiento 1:

Tabla 5-1 Respuesta a requerimientos presentados por la autoridad ambiental


Requerimiento 1	Ajustes	Página
<p>Presentar los shapes y/o geodatabase, así como el Excel de coordenadas en formato único nacional, de tal manera que se pueda verificar el cruce con los elementos de la Estructura Ecológica Principal del Sistema Hídrico y Suelo Urbano, incluyendo los polígonos de maniobra, accesos de maquinaria, descripción de las actividades y las operaciones de izaje y tendido, justificando las razones por las cuales no se incluyó en el capítulo 7. Demanda uso, aprovechamiento y/o afectación a los recursos naturales.</p> <p>En caso de que se evidencie la aplicabilidad del permiso de ocupación de cauce, playas y/o lechos, se debe remitir la información técnica y documental relacionada en el formulario distrital versión 11, describiendo las actividades que se desarrollarán dentro de la Estructura Ecológica Principal del Sistema Hídrico y Suelo Urbano.</p>	<p>En atención a este requerimiento, se actualiza la caracterización del afluente objeto de ocupación de cauce en el numeral 5.2.2.5 Resultados del monitoreo de la ocupación de cauce, donde se presentan los resultados de los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo del Drenaje Canal Guaymaral en época de lluvia y seca.</p>	<p>Pág. 62 a 79</p>

La limnología es una ciencia que busca identificar las relaciones funcionales y la productividad de las comunidades biológicas de los cuerpos de agua continentales¹, dicha ciencia analiza los factores físicos, químicos y biológicos que constituyen el ecosistema. Entre los factores que influyen la diversidad de las comunidades (acuáticas), se encuentran los factores químicos, físicos, como son los sólidos disueltos, luz solar, gases disueltos, de tal manera, que la sanidad y naturaleza de los organismos presentes en los cuerpos de agua, son la expresión de la calidad de agua.

En el presente documento, se encuentra la caracterización de los ecosistemas acuáticos, permitiendo determinar las condiciones de dichas comunidades, para el proyecto de Estudio de Impacto Ambiental “Subestación eléctrica Guaymaral y sus líneas de transmisión a 115 kV”.

Por medio de la consulta de los diferentes geovisores ambientales tales como el sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), plataforma GeoNetwork I2D del Instituto de

¹ Wetzel, R. G. (1975). Limnología. Ed. Omega, España. 679 p

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 7

Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, e Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, se identificaron los ecosistemas acuáticos presentes en el área de influencia físico-biótica-paisaje, logrando identificar por medio de las capas de los geovisores los humedales, drenajes, ambientes acuáticos etc. (Ver análisis detallado en Capítulo 5.1.6. Hidrología y Capítulo 5.2.1.3. Ecosistemas Estratégicos, Sensibles y/o Áreas Protegidas) presentes en el área de estudio. De igual manera se realizó de manera formal la consulta con las diferentes autoridades ambientales y entidades, con el fin de obtener la cartografía de los ecosistemas acuáticos, monitoreos, documentos técnicos como es el Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica – POMCA del Río Bogotá (Remitirse a **Anexos, Capítulo 2, Generalidades, Oficios y aspectos legales**).

De forma complementaria, durante la fase de campo se efectuó el registro fotográfico de los diferentes ecosistemas acuáticos presentes en el área, buscando registrar los diferentes sistemas tanto lóticos como lénticos, tomando la localidad, barrio y coordenadas del registro, por otra parte, se identificaron los usos de agua, así como los impactos generados sin proyecto a dicho medio, siendo información muy relevante para la evaluación ambiental (ver Capítulo 8 Evaluación ambiental). Por otra parte, también se registran las rondas definidas y establecidas en el **Plan de Ordenamiento Territorial**, realizando la descripción de los diferentes usos del sistema hídrico.

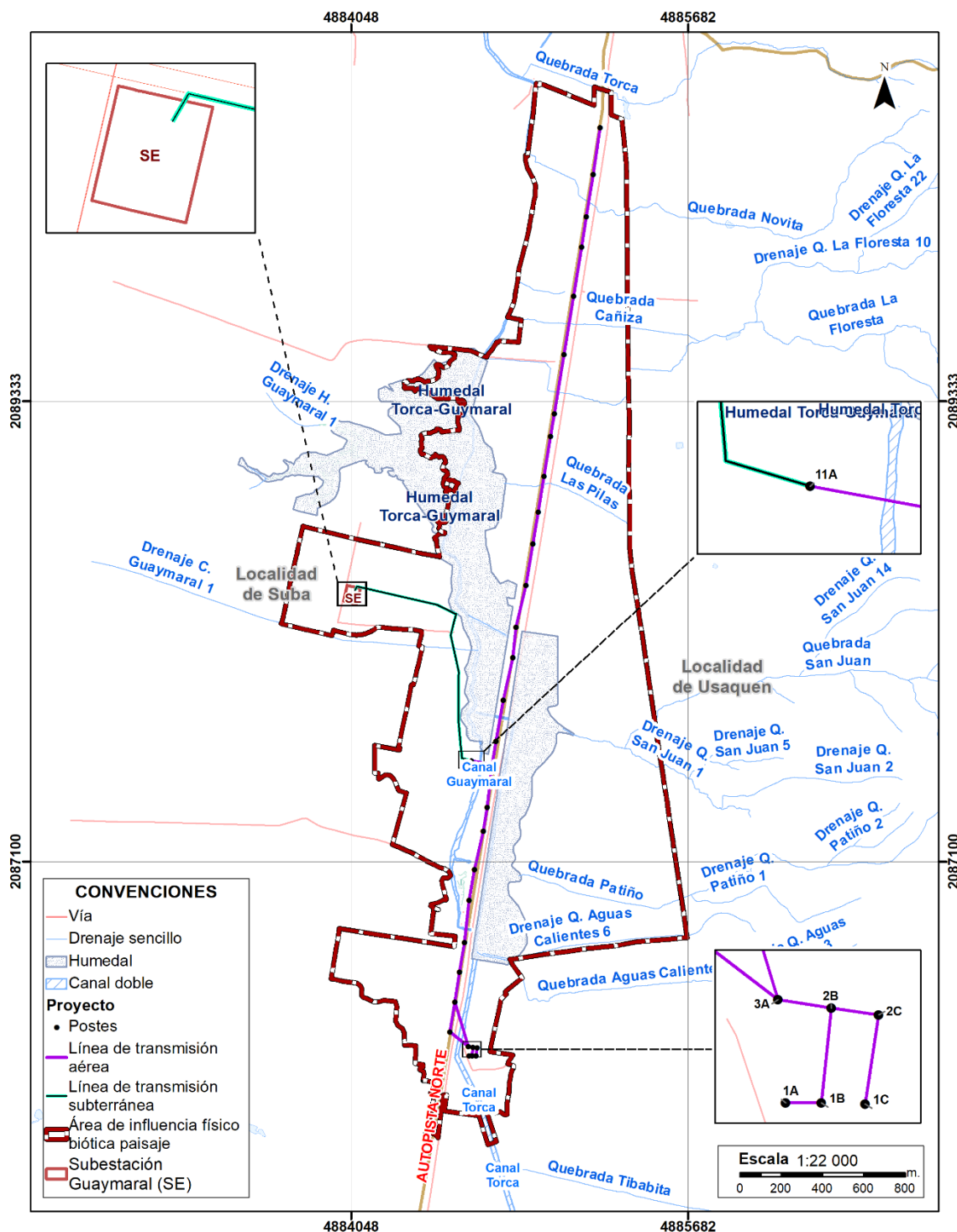
De acuerdo con la consulta de cartografía y la información de campo, para la caracterización de la hidrobiota se seleccionaron tres (3) puntos de monitoreo, uno en el Canal Guaymaral, el segundo en el Drenaje Canal Guaymaral y el tercero en el Humedal Torca. Es importante mencionar que cualquier cruce realizado en los cuerpos de agua será de forma aérea o a través del cruce con cercha aérea por el Drenaje Canal Guaymaral, puntualmente en el tramo subterráneo. En este sentido, todas las estructuras tipo poste planteadas por el proyecto se encuentran ubicadas fuera de las rondas hídricas.

De forma complementaria, se presenta el resultado del monitoreo realizado por el laboratorio CPA INGENIERIA SAS en la ocupación de cauce que ha de realizarse en el tramo subterráneo, puntualmente en la zona de intercepción de la línea de transmisión con el Drenaje Canal Guaymaral 1 (Ver Figura 5-1 y Figura 5-7).

Para los monitoreos se ejecutaron muestreos de Perifiton, macroinvertebrados, macrófitas, ictiofauna, fitoplancton y zooplancton en los dos puntos seleccionados, de igual manera se analizaron las comunidades registradas como indicadores de calidad biológica del agua. Cabe aclarar que la metodología empleada, los datos obtenidos de campo, la acreditación, la cadena de custodia, el reporte de laboratorio, permiso de colecta, GDB, entre otros se encuentran relacionados en el informe suministrado por **SERAMBIENTE S.A.S y CPA INGENIERIA SAS** (Ver Anexos, **Capítulo 5, Medio biótico, numeral 5.2.1.2. Ecosistemas acuáticos**).

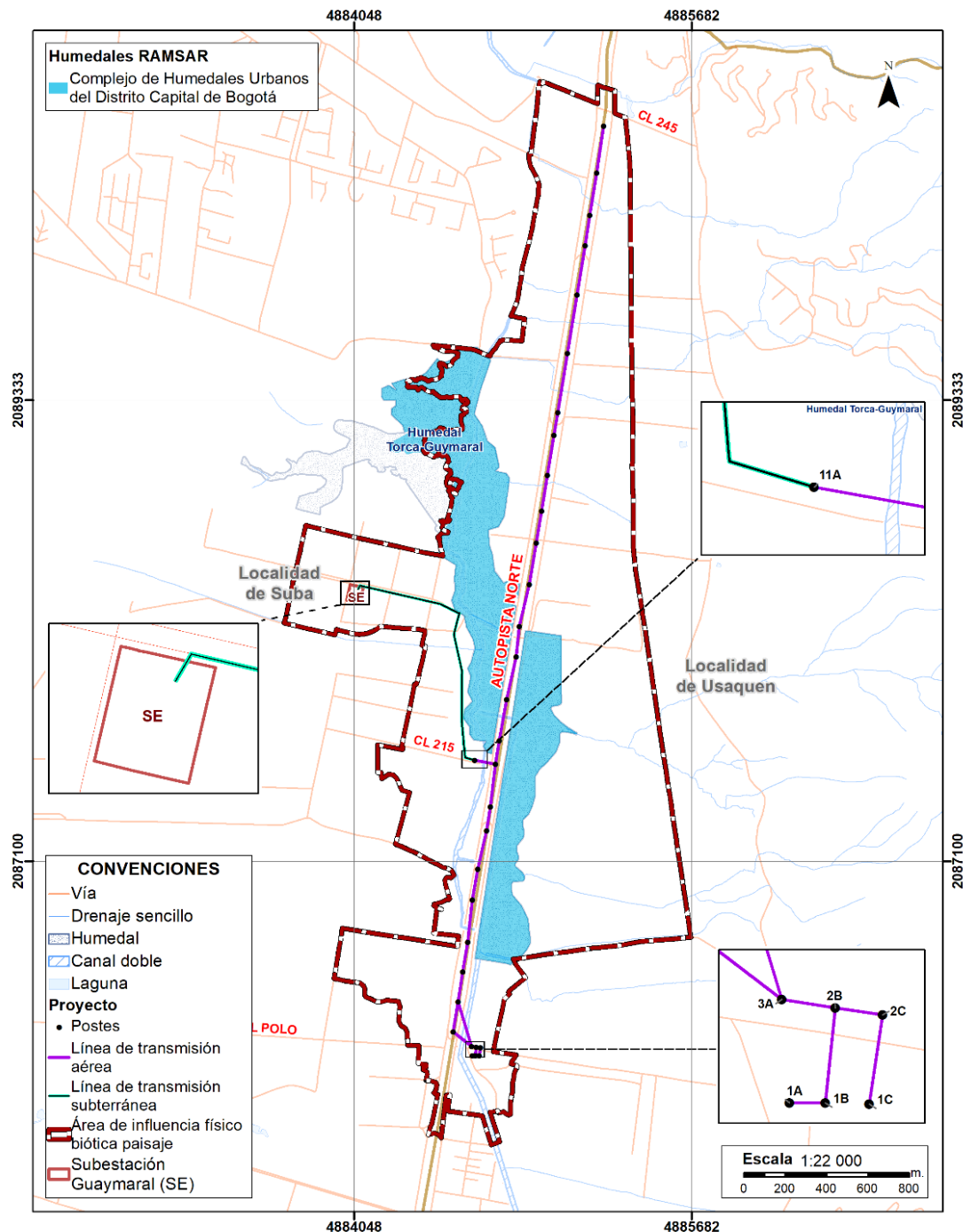
A continuación, se ilustran los diferentes ecosistemas acuáticos identificados en el área de estudio, teniendo como base los humedales según el MADS, las superficies de agua identificadas según la Corine Land Cover y los Humedales del POMCA río Bogotá tal como puede apreciarse en la Figura 5-1 a la Figura 5-8.

Figura 5-1 Ecosistemas acuáticos identificados en el área de influencia



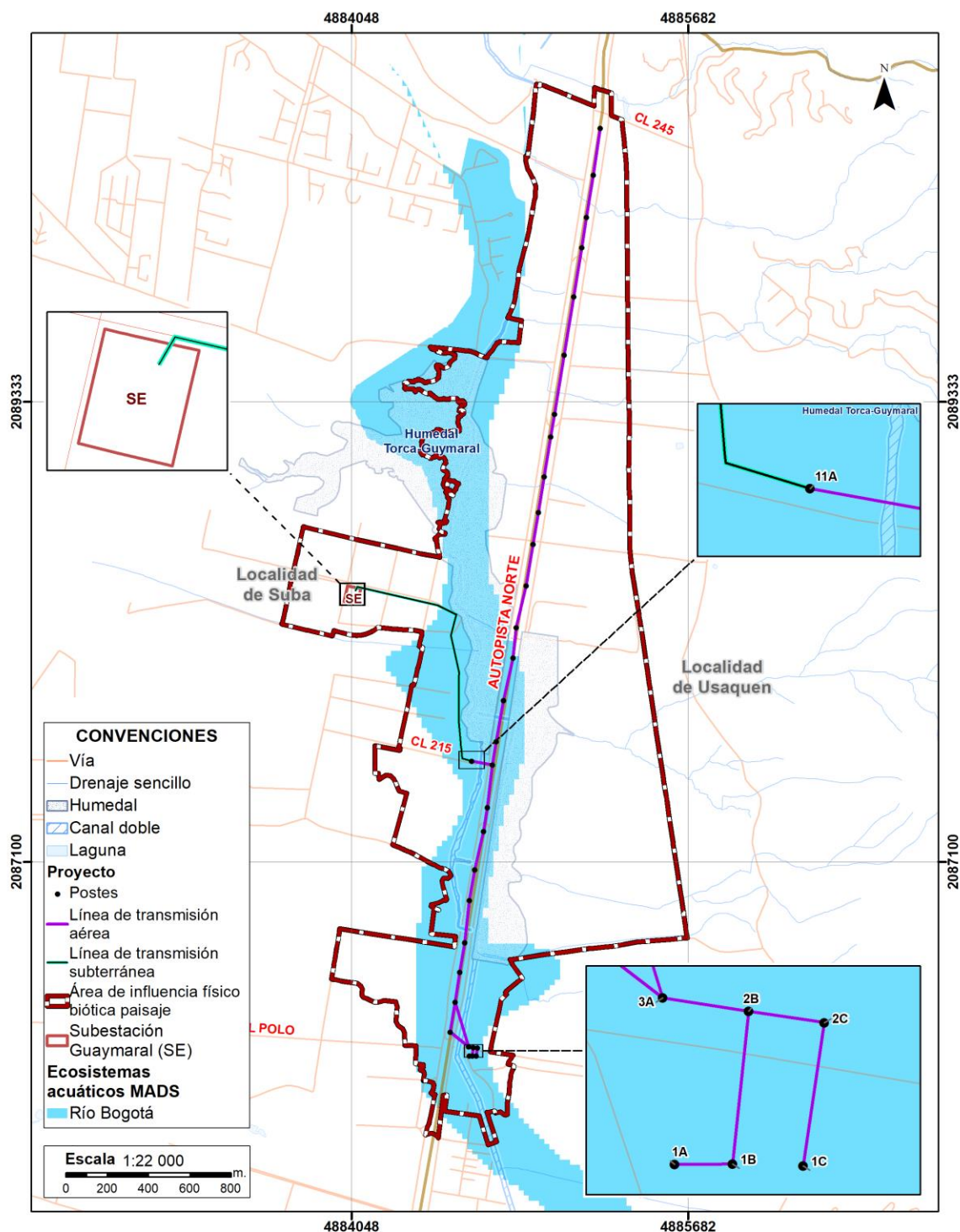
Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), adaptado por INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-2 Humedales RAMSAR



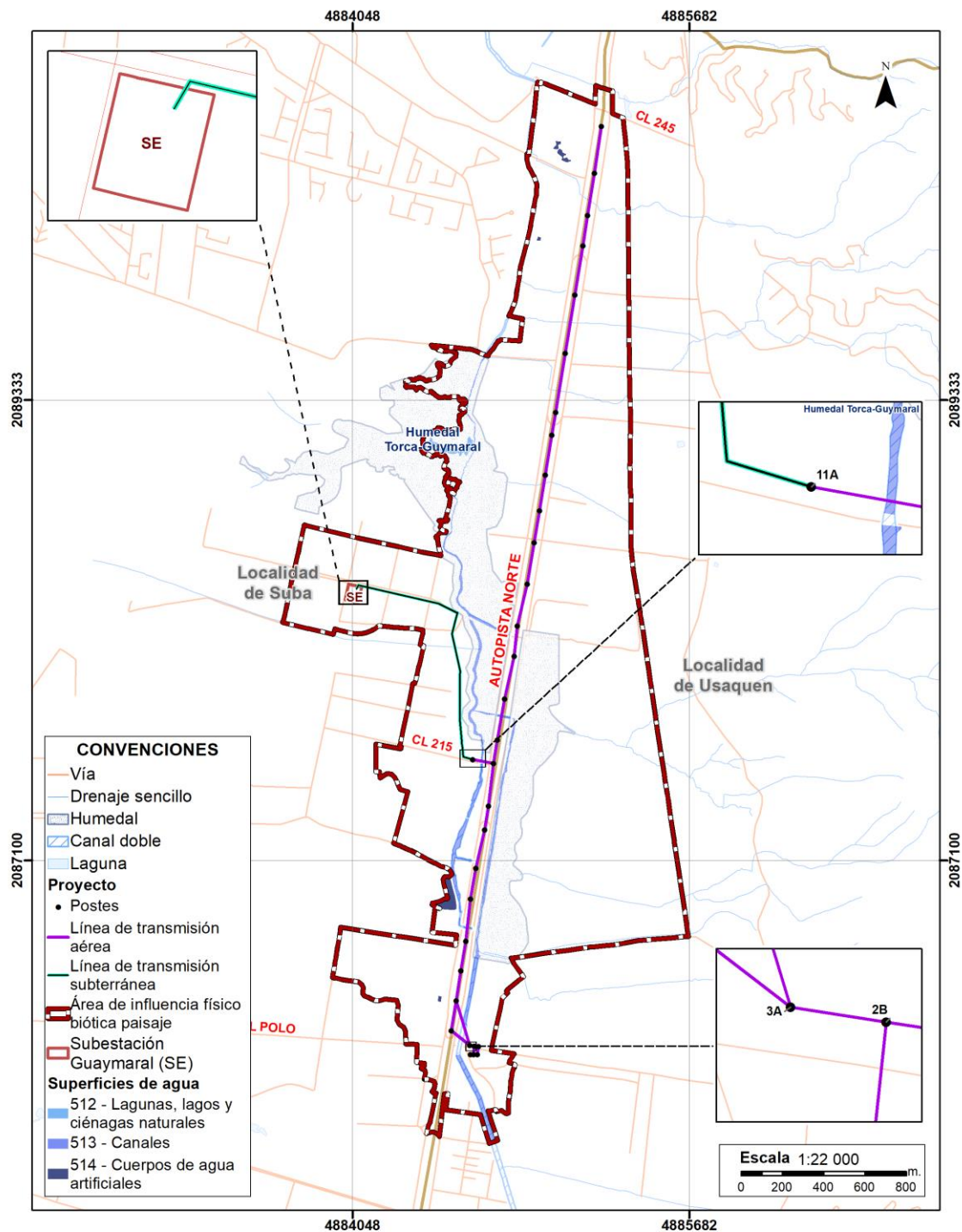
Fuente: Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), adaptado por INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-3 Ecosistemas de humedal MADS



Fuente: Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), adaptado por INGEDISA S.A., 2023

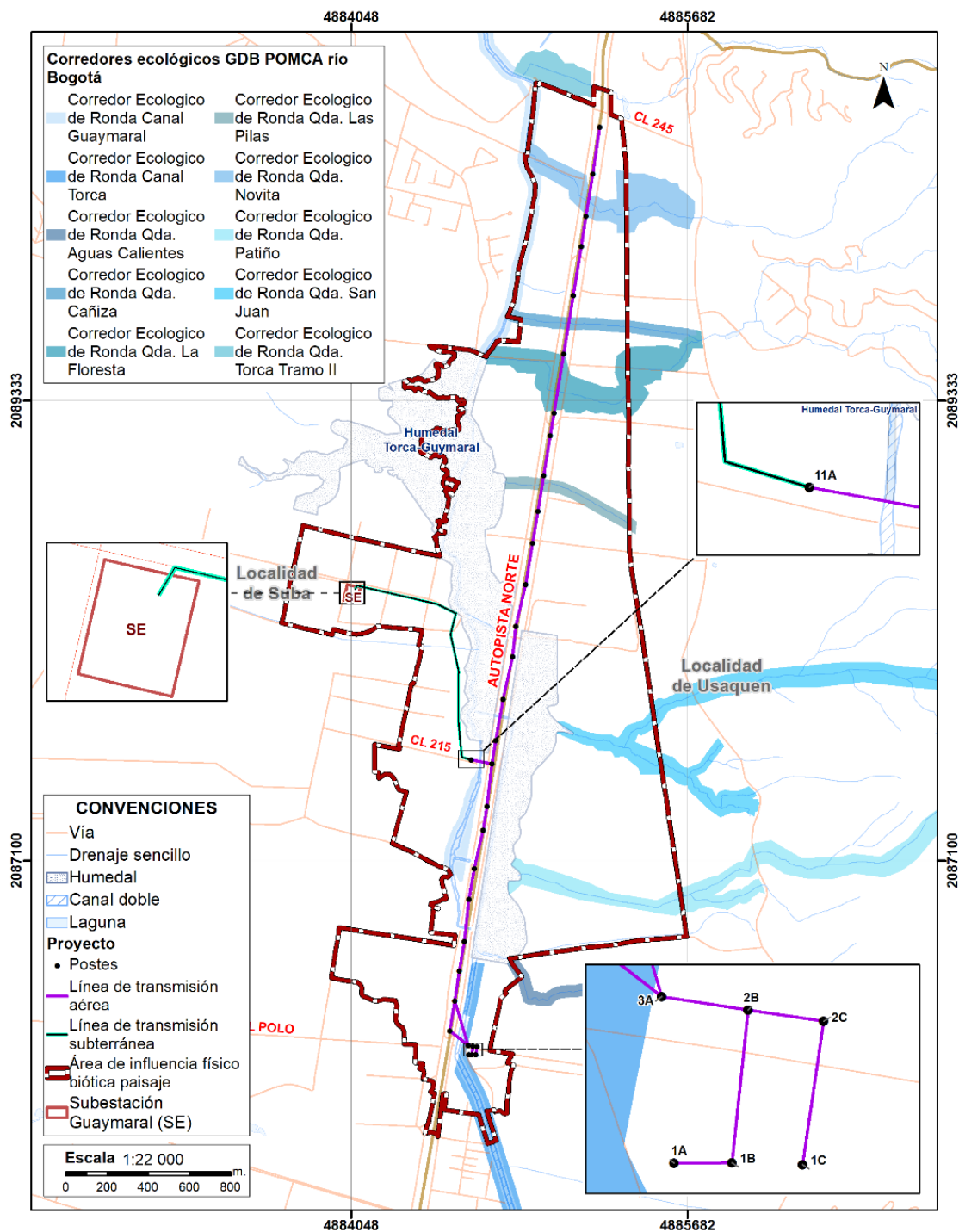
Figura 5-4 Superficies de agua identificadas para el proyecto por medio de la metodología Corine Land Cover



[illegible]

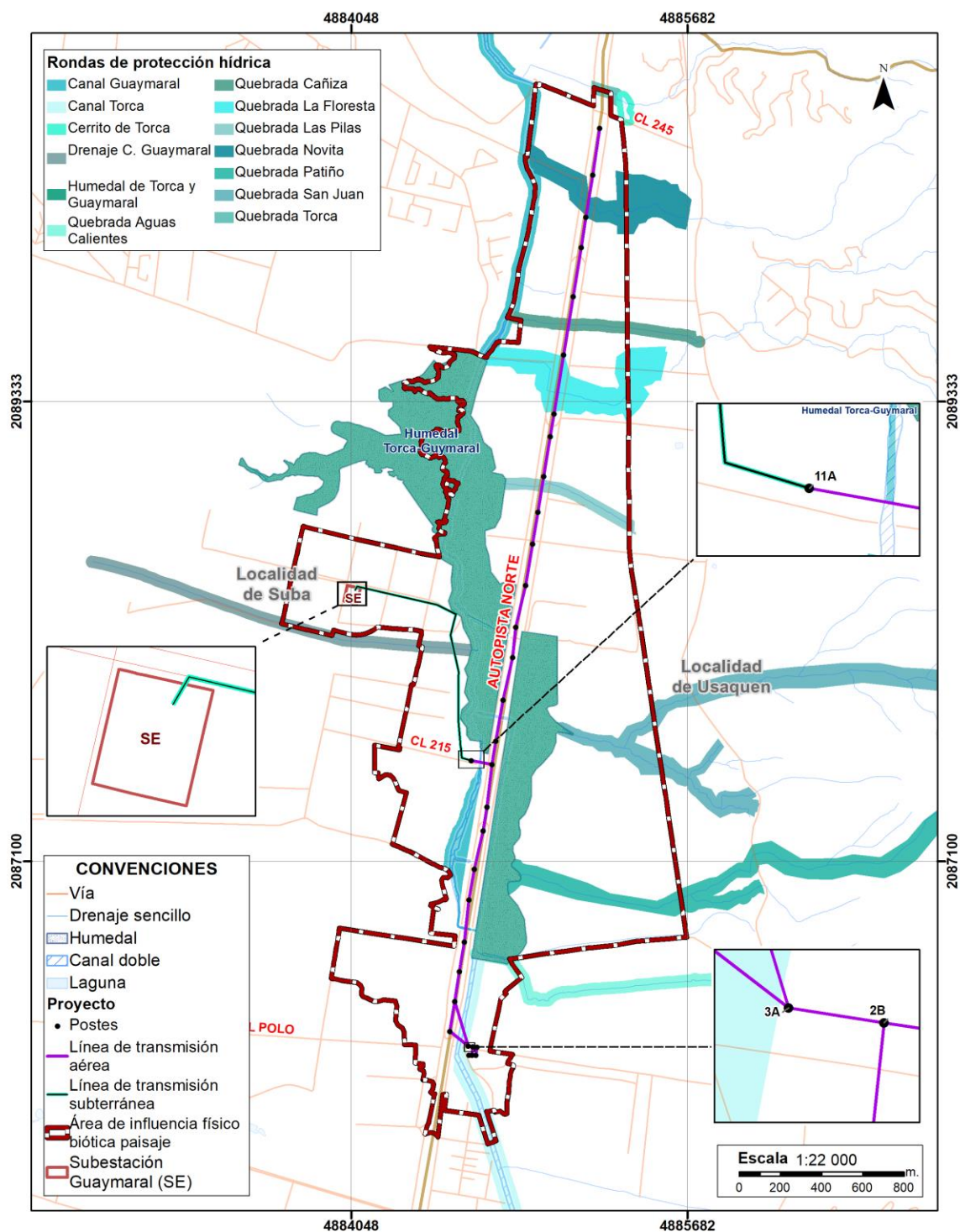
Cap. 5 Caracterización del área de influencia
Subcapítulo 5.2 Medio Biótico
Acápite 5.2.2 Ecosistema Acuáticos

Figura 5-6 Corredores ecológicos GDB POMCA Río Bogotá



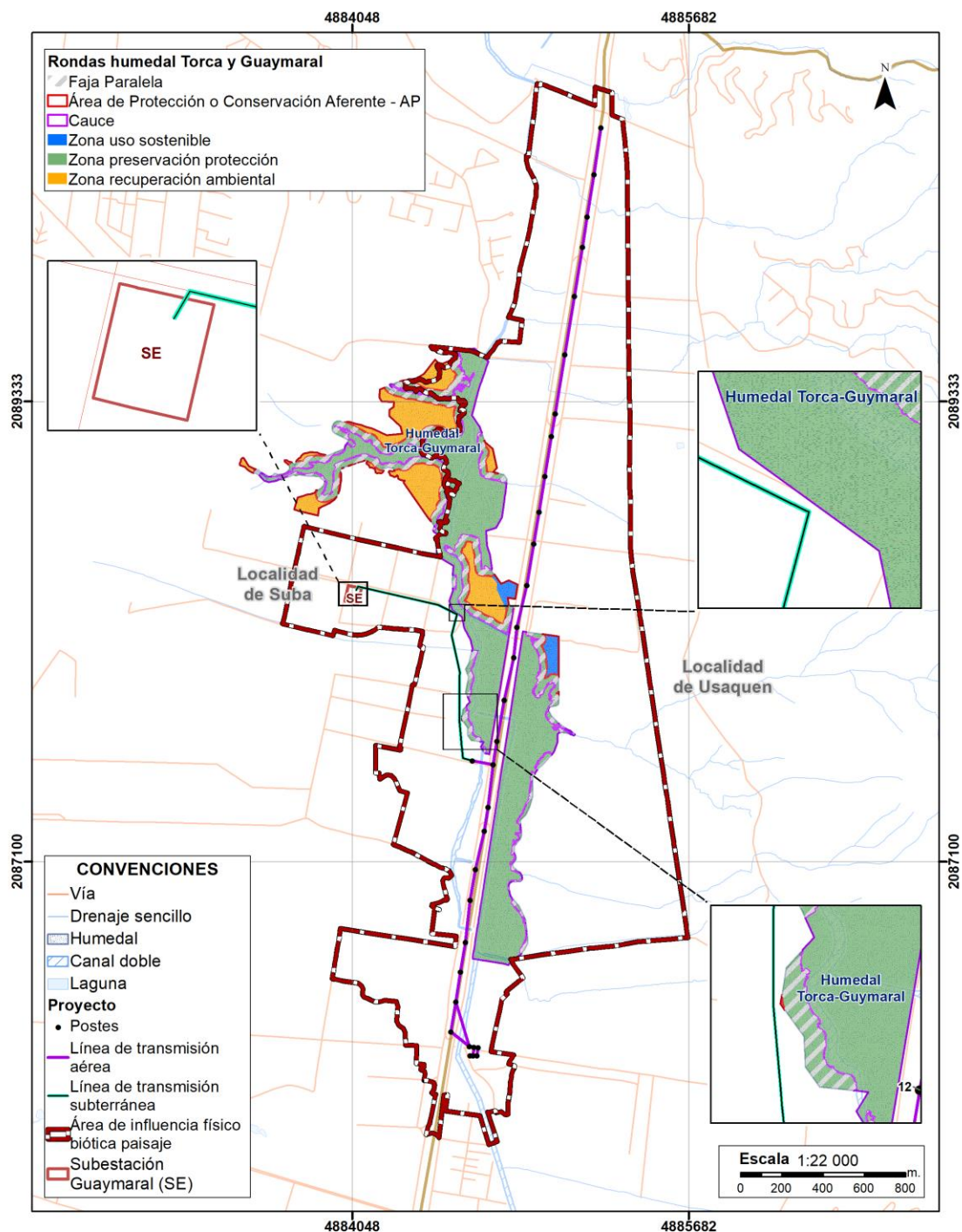
Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), adaptado por INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-7 Rondas de protección hídrica SDA




Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), adaptado por INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-8 Ronda del Humedal Torca y Guaymaral



Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), adaptado por INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 16

5.2.2.1 Ecosistemas lénticos y lóticos

Los ecosistemas acuáticos tropicales comprenden una amplia gama de hábitat, caracterizados por tener una elevada productividad biológica, estos albergan una gran variedad de organismos, que utilizan estos ambientes para aprovechar los recursos de alimentación y las áreas de crianza o reproducción que éstos les proporcionan, entre los diferentes sistemas de agua dulce se encuentran los ecosistemas lénticos, los cuales se caracterizan por sus aguas quietas o de escaso caudal, entre los cuales se encuentran los lagos, lagunas, humedales, pantanos, pozos, charcas, como por ejemplo, se observa el humedal Torca Guaymaral.

Por otro lado, se encuentran los ecosistemas lóticos, los cuales se identifican por la presencia de arrastre, es decir corrientes, entre los cuales se encuentran los ríos, rápidos, remansos, manantiales y quebradas. Para el área del proyecto fueron identificados dos (2) canales: Canal Guaymaral y Canal Torca y seis (6) quebradas (Q. Cañiza, Q. Aguas Calientes, Q. La Floresta, Q. Novita, Q. Las Pilas y Q. San Juan), las cuales se pueden apreciar en la Fotografía 5-4 a la Fotografía 5-9 siendo cuerpos de agua naturales.

Fotografía 5-1 Canal Guaymaral



Coordenadas: E: 4884645,09N: 2087582,198

Localidad: Suba

Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-2 Canal Torca



Coordenadas: E: 4884645,09N: 2087582,198

Localidad: Suba

Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-3 Drenaje Q. Aguas Calientes 6



Localidad: Usaquén – Barrio: Tibabita rural
 Coordenadas: E: 4884781,42 N: 2086635,711
 Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-4 Quebrada Cañiza



Localidad: Suba – Barrio: Casablanca Suba Urbano
 Coordenadas: E: 4885061,586 N: 2089711,855
 Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-5 Quebrada Aguas Calientes



Localidad: Usaquén – Barrio: Tibabita rural
 Coordenadas: E: 4884877,181 N: 2086534,514
 Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-6 Quebrada La Floresta



Localidad: Usaquén – Barrio: Torca I
 Coordenadas: E: 4885094,202 N: 2089378,796
 Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-7 Quebrada Novita



Localidad: Usaquén – Barrio: Torca I
Coordenadas: E: 4885239,023 N: 2090278,156
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-8 Quebrada Las Pilas



Localidad: Usaquén – Barrio: Torca I
Coordenadas: E: 4885023,659 N: 2088934,856
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-9 Quebrada San Juan



Localidad: Usaquén – Barrio: Torca I
Coordenadas: E: 4885551,117 N: 2087572,306
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-10 Drenaje C. Guaymaral 1



Localidad: Suba – Barrio: Casablanca Suba Urbano
Coordenadas: E: 2088129,83 N: 4884562,13
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-11 Canal Guaymaral



Localidad: Suba – Barrio: Casablanca suba urbano
Coordenadas: E: 4884781,632 N: 2088195,026
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-12 Quebrada Torca



Coordenadas: E: 4884645,09N: 2087582,198
Localidad: Suba
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-13 Humedal Torca



Localidad: Usaqué – Barrio: Torca I
Coordenadas: E: 4884777,402 N: 2086911,38
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-14 Humedal Guaymaral



Localidad: Suba – Barrio: Casablanca Suba
Coordenadas: E: 4884378,24 N: 2089129,454
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Fotografía 5-15 Quebrada Patiño



Localidad: Usaquéen – Barrio: Torca I
Coordenadas: E: 4885648,654 N: 2086913,963
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

**Fotografía 5-16 Laguna Cementerio
Jardines Paz**




Localidad: Usaquéen - Barrio: Tibabita rural
Coordenadas: E 4884565,36 N 2086207,45
Altura: 2550,19 msnm Fecha: 2023-05-15
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

**Fotografía 5-17 Laguna Cementerio jardines
del recuerdo**



Localidad: Suba - Barrio: Casablanca Suba Urbano
Coordenadas: E 4884518,58 N 2087015,52
Altura: 2551,78 msnm Fecha: 2023-05-15
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 21

Fotografía 5-18 Jaguey



Localidad: SUBA - Barrio: CASABLANCA SUBA
Coordenadas: E 4884504,719 N 2088754,838
Fecha: 2023-05-12
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Fotografía 5-19 Lagunas Campo golf



Localidad: Suba - Barrio: Casablanca suba urbano
Coordenadas: E 4885214,58 N 2090712,81
Fecha: 2023-05-17
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

5.2.2.2 Reglamentación de rondas


En cuanto a la reglamentación y a partir de la revisión del POMCA de (Bogotá, Plan de ordenamiento territorial), reverdece 2022-2035, en su artículo 60, se cita el sistema hídrico, el cual se considera una categoría del componente de áreas de especial interés ecosistemas de la estructura ecológica principal, considerando las diferentes corrientes naturales y artificiales y sus áreas de rondas, estas están definidas de 9 categorías, **1.** Nacimientos de agua y sus rondas hídricas, **2.** Ríos y quebradas y sus rondas hídricas. **3.** Lagos y lagunas. **4.** Humedales y sus rondas hídricas. **5.** Áreas de recarga de acuíferos **6.** Cuerpos hídricos naturales canalizados y sus rondas hídricas. **7.** Canales artificiales. **8.** Embalses y por último **9.** Vallados, en este sentido, dichas categorías presentan diferentes usos dentro del sistema hídrico, los cuales están establecidos en actos administrativos de reglamentación de corrientes hídricas que adopten las autoridades ambientales competentes.²

Luego se cuenta con tres áreas importantes para tener presente, la ronda hídrica, la cual comprende la faja paralela a la línea del cauce permanente de los cuerpos de agua, en segundo lugar, se encuentra la faja paralela, la cual corresponde al área continua al cauce permanente y esta tiene un ancho de 30 m, en tercer lugar, se encuentra el área de protección o conservación aferente, la cual corresponde a la “Zona de Manejo y Preservación Ambiental”.³

Por otro lado, en el artículo 63, en el POT reverdece 2022-2035, se encuentra la normatividad referente a los cuerpos artificiales los cuales se componen de **1.** Vallados, **2.** Humedales artificiales, **3.** Canales y **4.** Embalses, en este sentido se menciona que

² Decreto Distrital 555 de 2021

³ Cuerpos hídricos que a la fecha presente en el Decreto 1076 de 2015.


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 22

cualquier intervención sobre los cuerpos hídricos artificiales deberá contar con concepto de la autoridad ambiental competente donde se deberá evaluar la función ecosistémica del cuerpo hídrico, remitirse a la Tabla 5-2.. En el caso del proyecto se realizó la consulta correspondiente a la autoridad ambiental sobre el manejo asociado al cuerpo de agua artificial Drenaje Canal Guaymaral, con el Radicado No.SDA 2023ER129079. (Para más detalle consultar **Anexos, Capítulo 2, Generalidades, Oficios y aspectos legales**).

Tabla 5-2 Usos principales del sistema hídrico

Tipo	Usos	Descripción
Cuerpos hídricos naturales- Faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente	Usos principales	Conservación
		Restauración: Restauración de ecosistemas, recuperación de ecosistemas.
	Usos compatibles	Conocimiento: Educación ambiental, investigación y monitoreo.
	Usos condicionados	Restauración: Obras para el mantenimiento, adaptación y recuperación de las funciones ecosistémicas – caudales Sostenible: Actividades relacionadas con la prestación de servicios públicos.
	Usos prohibidos	Todas las actividades que no se encuentran en los usos principales, compatibles o condicionados
Cuerpos hídricos naturales - Área de protección o conservación aferente:	Usos principales	Conservación
		Restauración: Restauración de ecosistemas, recuperación de ecosistemas y rehabilitación de ecosistemas
	Usos compatibles	Conocimiento: Educación ambiental, investigación y monitoreo.
	Usos condicionados	Restauración: Medidas estructurales de reducción del riesgo y obras para el mantenimiento, adaptación y recuperación de las funciones ecosistémicas – caudales Sostenible: Actividad de contemplación, observación y conservación, actividades recreativas, ecoturismo, agricultura urbana y periurbana y aprovechamiento de frutos secundarios del bosque y actividades relacionadas con la prestación de servicios públicos
	Usos prohibidos	Todas las actividades que no se encuentran en los usos principales, compatibles o condicionados

Fuente: POT Bogotá Reverdece 2022, adaptado por INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 23

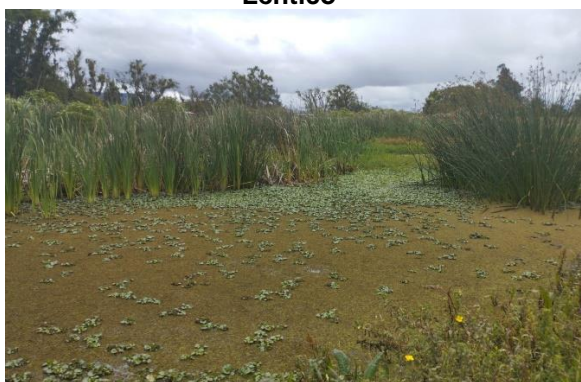
5.2.2.3 Puntos de monitoreo en el Humedal Torca y Canal Guaymaral

A continuación, se presenta la descripción de los puntos de monitoreo, los cuales se encuentran relacionados en el Anexo 2 (Figura 5-9). Formatos de campo (FO-PO-PSM-33-02 Plan de monitoreo para hidrobiológicos, FO-PO-PSM-33-03 Planilla de campo para hidrobiológicos y FO-PO-PSM-13-03 Cadena de custodia). El muestreo se realizó en la ciudad de Bogotá, Cundinamarca, que presenta un clima clasificado como cálido y templado. En la época húmeda se presenta mucha más lluvia que en la época seca. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Csb. La temperatura promedio es de 12,9 °C. En un año, la precipitación es 1091 mm. (www.es.climate-data.org/) (Tabla 5-3).

Punto HTG_02_Físico Químico Hidrobiológico Léntico: El punto de monitoreo se encuentra ubicado en el Humedal Torca, el cual es un sistema léntico con un sustrato arenoso-rocoso. No presentó espuma, olor, ni iridiscencia. La vegetación estuvo caracterizada por plantas de porte arbustivo y arbóreo. Dentro del paisaje se observan bosques. La toma de muestras se realizó en condiciones climatológicas de un día soleado. La profundidad de este fue de 3,00 m y una transparencia de 10,00 cm. El agua presentó una apariencia ligeramente turbia, cubierta completamente de macrófitas (Fotografía 5-20).

Punto CG_01_Físico Químico Hidrobiológico-Lótico: El punto de monitoreo está ubicado dentro de la Quebrada Torca, la cual es un sistema lótico con un ancho de cauce de 7 m, profundidad de 30 cm, transparencia de 5 cm, un color de agua ligeramente turbia y completamente cubierto por macrófitas acuáticas. Se resalta que, se registraron olores, pero no se presentó espuma e iridiscencia. El sustrato fue de tipo lodoso y con respecto a la vegetación, se observaron árboles y arbustos a los alrededores. En el caso de las características del paisaje, se registraron asentamientos y se destaca que punto de toma de la muestra se ve influenciado por un vertimiento de agua de alguna industria cercana (Fotografía 5-21).

**Fotografía 5-20. Punto de monitoreo
HTG_02_Físico Químico Hidrobiológico
Léntico**



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

**Fotografía 5-21. Punto de monitoreo – CG
01 Físico Químico Hidrobiológico Lótico**



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 5.2
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 24

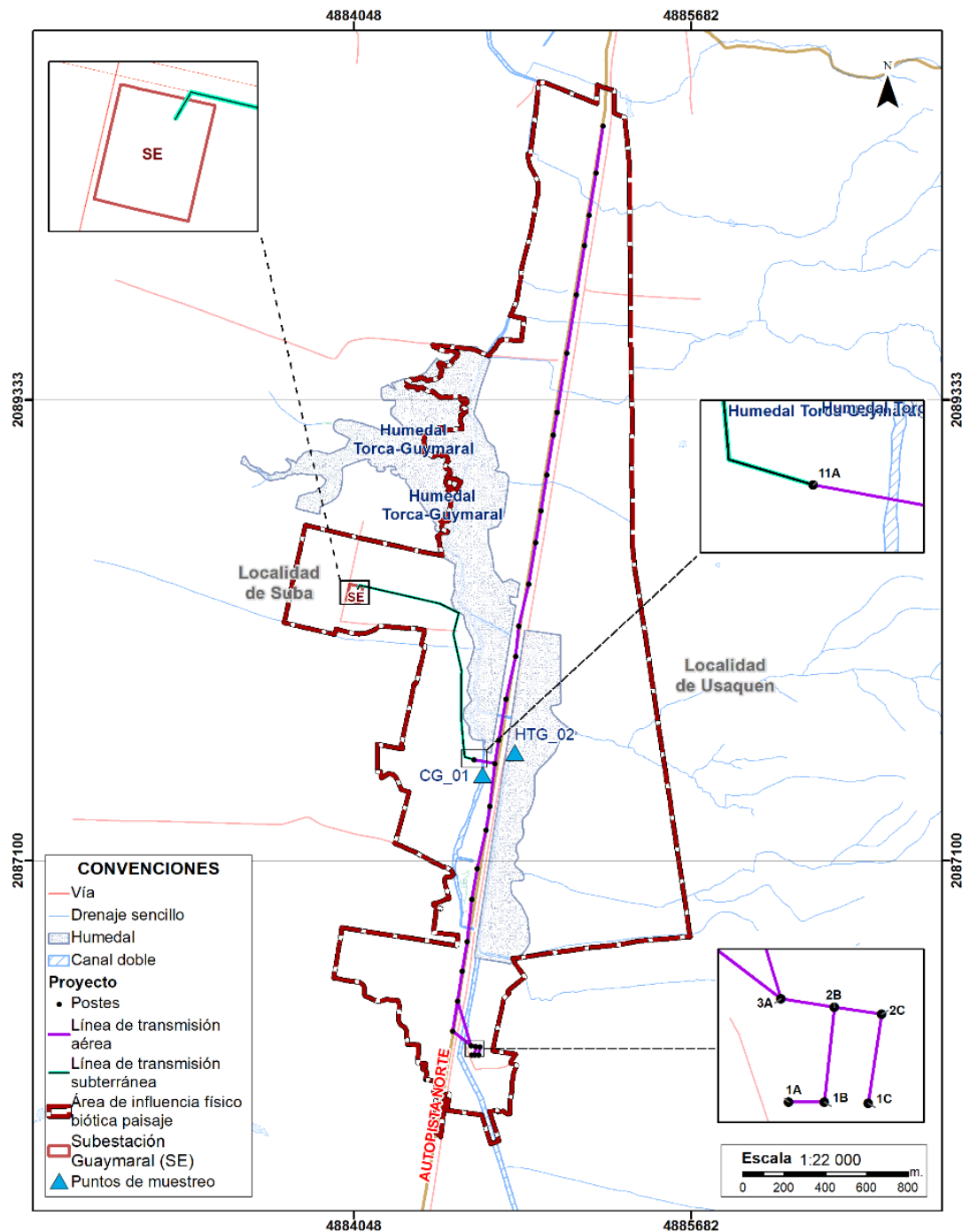
Tabla 5-3 Identificación y coordenadas de ubicación de los puntos de monitoreo

Características del monitoreo				
Tipo de muestreo			Simple	
Tipo de sistema			Léntico y Lótico	
Fecha: 17/07/2023			Georreferenciación	
Puntos de monitoreo	ID muestra	Hora (hh:mm)	Sistema Magna Sirgas Origen Nacional	
HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	205551	12:20	2087623,58 N	4884829,40 E
CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico	205552*	9:30	2087516,07 N	4884673,10 E

* Se realizó el cambio de las coordenadas del punto de monitoreo, tomándose la muestra a 80 m aguas abajo del punto inicial de monitoreo, debido a que no se contó con acceso. Acta de servicio ubicado Capítulo 5, Ecosistemas acuáticos. Formatos de campo.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. 2023

Figura 5-9 Localización geográfica de los puntos de monitoreo



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

5.2.2.4 Resultados del monitoreo de las comunidades hidrobiológicas **del Humedal Torca y el Canal Guaymaral**

5.2.2.4.1 Variables medidas *in situ*

En la Tabla 5-4 se presentan los valores obtenidos para cada una de las variables tomadas en campo, para cada uno de los puntos de monitoreo.

Tabla 5-4 Resultados de mediciones en campo

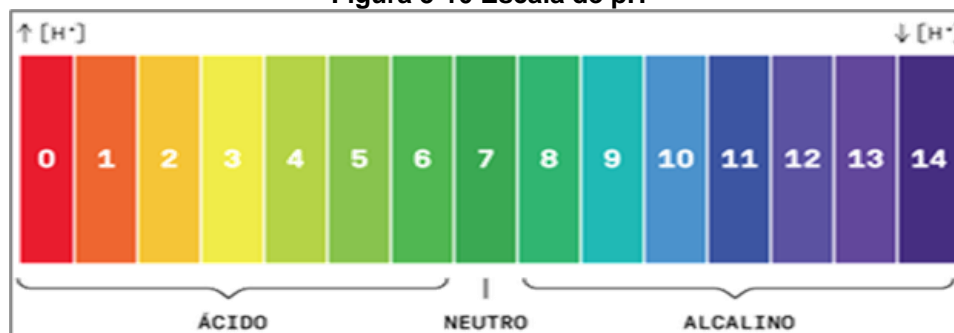
Parámetros	Unidades	HTG_02_Fisico Químico Hidrobiológico Léntico	CG_01_Fisico Químico Hidrobiológico Lótico
		Hora: 12:20	Hora: 9:30
		ID: 205551	ID: 205552
		Fecha:17/07/2023	
pH	Unidades	7,35	7,55
Oxígeno disuelto	mg/L	2,80	4,80
Conductividad	uS/cm	980,00*	301,50
Temperatura	°C	20,10	18,60
Temperatura	°C	20,10	18,60

*Se realizó la conversión de mS/cm a μ S/cm
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El pH es una unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad de una solución en una escala que va de 0 a 14 unidades. Una solución ácida tiene una concentración alta de hidrogeniones (H^+), mientras que una solución básica tiene una concentración baja de H^+ ; tal y como se observa en la Figura 5-10⁴. Con relación a los valores obtenidos, en los puntos analizados se evidenció que las muestras se encuentran en un rango neutro, presentando una variación de 0,2 unidades; estos valores se encontraron dentro del intervalo de 4,5 – 9,0 unidades lo cual indica cumplimiento con respecto a los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6, 2.2.3.3.9.7 y 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 de 2015. Cabe mencionar, que los valores obtenidos se encuentran como admisibles de acuerdo con lo establecido en la literatura para el desarrollo de las especies y microorganismos del sector (purewater.com.co, s.f.).

⁴ PRICHARD, E. Measurement of pH. En: Practical Laboratory Skills Training Guides (Complete Set), 2003. p. 89-106.

Figura 5-10 Escala de pH



Fuente: Prichard, 2003

La conductividad es una expresión numérica de la habilidad del agua para transportar una corriente eléctrica que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad⁵. Asimismo, la conductividad está relacionada con el grado de mineralización, tal como se muestra en la Tabla 5-5. De esta manera se determina que las muestras tomadas de agua superficial del punto HTG_02_Físico Químico_Hidrobiológico-Léntico presentan una mineralización importante, ya que los resultados entran entre 700 a 1000 $\mu\text{S/cm}$; mientras que el punto CG_01_Físico Químico_Hidrobiológico-Lótico reporta una mineralización media ya se encuentran dentro del rango de 200 – 700 $\mu\text{S/cm}$. Cabe resaltar que este parámetro no cuenta con ningún lineamiento establecido en la norma.

Tabla 5-5 Mineralización del agua a partir de la conductividad


Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)	Mineralización
Menor de 100	Muy débil
100 – 200	Débil
200 – 700	Media
700 a 1000	Importante
Más de 1000	Excesiva

Fuente: M. Espigares García, M. Fernández – Creuhet Navajas. Estudio Sanitario del Agua, 1995

Con relación a la temperatura del agua, el punto de monitoreo reportó un valor de 20,10 °C; el cual es un resultado acorde a las condiciones climáticas de la zona de estudio y a la hora de la toma de muestras.

Por su parte, el oxígeno disuelto constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, debido a que su presencia y concentración determina la existencia de especies, de acuerdo con su tolerancia y rango de adaptación, estableciendo la estructura y funcionamiento biótico de estos sistemas. De acuerdo a los valores obtenidos durante la jornada de medición, se evidenció que el punto HTG_02_Físico

⁵ ROMERO, P, POLANÍA, J. Sucesión temprana de la taxocenosis Mollusca-Annelida-Crustacea en raíces sumergidas de mangle rojo en San Andrés isla, Caribe colombiano. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 2009. vol.1, No.43. p. 63-74.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 28

Químico_Hidrobiológico-Léntico reporta un valor de 2,80 mg/L, presentando una desviación con relación al límite mínimo permisible descrito en el decreto 1076 de 2015 de la normativa ambiental del país (4,0 mg/L), mientras que el cuerpo de agua Lótico presentó una concentración mayor, siendo esta de 4,80 mg/L; sin embargo, ambos puntos de monitoreo evidencian condiciones de **hipoxia**, lo que indica que puede presentarse desaparición de especies y organismos sensibles, ver Tabla 5-6.

Tabla 5-6 Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con la concentración de Oxígeno

mg O ₂ /L	Condición	Consecuencia
0	Anoxia	Muerte masiva organismos aerobios
0-4	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
4-8	Aceptable	Adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos
8-12	Buena	
≥12	Sobresaturada	Sistemas de plena producción fotosintética.

Fuente: Asociación Civil "Investigación y Desarrollo", 2007 adaptado por SERAMBIENTE S.A.S., 2023

- **Perifiton**

El perifiton lo constituyen aquellos organismos fijados al sustrato por rizoides, pedicelos, tubos u otros mecanismos⁶. Otra de sus definiciones consiste en “una comunidad compleja de microbiota (algas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos) adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto”⁷. Funcionalmente, se considera un microcosmos donde los procesos internos y los intercambios con el medio externo ocurren simultáneamente. En términos generales, las microalgas perifíticas comprenden una de las principales entradas de energía a los ecosistemas acuáticos y por ende a los demás sistemas terrestres. Este proceso es posible debido a la capacidad fotosintética que les permite capturar energía lumínica proveniente del sol y transformarla en compuestos orgánicos como los carbohidratos para su crecimiento, manteniendo así los niveles de la cadena trófica⁸.

- **Composición taxonómica y bioindicación**

La comunidad perifítica en el punto HTG_02_Físico Químico_Hidrobiológico-Léntico, estuvo conformada por trece (13) morfoespecies, vinculadas a seis (6) phyla o divisiones e igual número de clases, siete (7) órdenes con uno no determinado y diez (10) familias (con dos no determinadas), cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la Tabla 5-7.

⁶Sládeckova, A. y V. Sládecék. 1977. Periphyton as indicator of the reservoir water quality II. Pseudoperiphyton. Arch. Hydrobiol. Berth. Limnol. 9.

⁷ WETZEL, R. G. Adjunto interacciones algal-sustrato: ¿hecho o mito, y cuándo y cómo? En: Periphyton de ecosistemas de agua dulce. Springer, Dordrecht.1983. p. 207-215.

⁸ RAMÍREZ, J. Fitoplancton de agua dulce. Bases ecológicas, taxonómicas y Sanitarias. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín – Colombia, 2000.


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 29

Tabla 5-7 Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton registradas en el punto HTG 02 Físico Químico Hidrobiológico Léntico

Phylum o División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Arthropoda	Maxillopoda	Cyclopoida	-	Cyclopoida morfo 1
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp
			Stauroneidaceae	<i>Craticula</i> sp
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiaceae	Closteriaceae	<i>Closterium</i> sp
Ciliophora	Ciliata	Peritrichida	Vorticellidae	<i>Vorticella</i> sp
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella</i> sp
			Centropyxidae	<i>Centropyxis</i> sp
Rotifera	Bdelloidea	-	-	Bdelloidea morfo 1
6	6	7	10	13

-No determinado

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S.,2023

En cuanto, la comunidad perifítica del punto CG_01_Físico Químico_Hidrobiológico-Lótico, estuvo conformada por ocho (8) morfoespecies, vinculadas a cuatro (4) divisiones, cinco (5) clases, seis (6) órdenes y ocho (8) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8 Clasificación taxonómica de las morfoespecies de perifiton registradas en el punto CG_01_Físico Químico_Hidrobiológico-Lótico

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp
		Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp
			Stauroneidaceae	<i>Craticula</i> sp
	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i> sp
Charophyta	Zygnematophyceae	Spirogyrales	Spirogyraceae	<i>Spirogyra</i> sp
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoraceae	<i>Oscillatoria</i> sp
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella</i> sp
Total	5	6	8	8

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El perifiton en el sistema léntico obtuvo una densidad total de 94,44 Ind/cm², siendo *Pinnularia* sp la morfoespecie más abundante con 35,13 Ind/cm², mientras que la morfoespecie menos representativa fue *Eunotia* sp. con 0,38 Ind/cm² (Tabla 5-9).

Las morfoespecies de *Pinnularia* se caracterizan por su distribución cosmopolita, relacionados con aguas de baja conductividad, oligotróficas e hipereutroficas⁹, considerándose eventualmente como indicadores de mineralización débil, con nivel trófico bajo o, a lo sumo, medio y poca o ninguna contaminación orgánica debido a su alta

⁹ PINILLA, G. A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge, Colombia, 2000.

tolerancia.

Tabla 5-9 Densidad (Ind/cm²) y abundancia relativa (%) de las morfoespecies perifíticas registradas en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico

Morfoespecie	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	
	Densidad (Ind/ cm ²)	Abundancia relativa (%)
<i>Arcella</i> sp	1,51	1,60
<i>Bdelloidea</i> morfo 1	2,27	2,40
<i>Centropyxis</i> sp	0,76	0,80
<i>Closterium</i> sp	1,51	1,60
<i>Craticula</i> sp	2,64	2,80
<i>Cyclopoida</i> morfo 1	1,13	1,20
<i>Cymbella</i> sp	5,67	6,00
<i>Eunotia</i> sp	0,38	0,40
<i>Gomphonema</i> sp	9,07	9,60
<i>Navicula</i> sp	27,20	28,80
<i>Pinnularia</i> sp	35,13	37,20
<i>Pinnularia</i> sp1	5,67	6,00
<i>Vorticella</i> sp	1,51	1,60
Total	94,44	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023


Por su parte para el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico, las morfoespecies más abundantes fueron *Gomphonema* sp con 226,53 Ind/cm², seguida de *Pinnularia* sp con 21,68 Ind/cm²; mientras que, las menos representativas fueron *Arcella* sp y *Spirogyra* sp con 0,43 Ind/cm² cada una. Asimismo, el perifiton obtuvo una densidad total de 269,88 Ind/cm² y la riqueza fue de ocho (8) morfoespecies (Tabla 5-10).

Algunas especies de *Gomphonema* han sido reportadas en cuerpos de agua eutróficos, las cuales tienden a ser tolerantes a la polución y eutroficación, ocasionada por la característica nitrófila que éstas presentan. Igualmente, entre las características principales de algunas especies, se encuentra la capacidad de tomar rápidamente el fósforo en grandes cantidades y lo convertirlo en polifosfatos, lo que amplía su rango de desarrollo y supervivencia¹⁰. Se resalta que, a pesar de que este género se encuentra asociado a cuerpos de agua eutróficos, las densidades igualmente fueron bajas, por lo que su presencia no resulta en un indicador determinante del estado trófico del cuerpo de agua estudiado.

Tabla 5-10 Densidad (Ind/cm²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de perifiton registradas en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico

Morfoespecie	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico	
	Densidad (Ind/cm ²)	Abundancia relativa (%)
<i>Arcella</i> sp	0,43	0,16
<i>Aulacoseira</i> sp	5,10	1,89
<i>Craticula</i> sp	1,28	0,47
<i>Gomphonema</i> sp	226,53	83,94

¹⁰Donato, Ch; Duque S.; Monsejo, L. (2005). Estructura y Dinámica del Fitoplancton de la laguna de Fúquene (Cundinamarca, Colombia). Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Volumen_16 (62): 113-144.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 31

Morfoespecie	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico	
	Densidad (Ind/cm ²)	Abundancia relativa (%)
<i>Navicula</i> sp	11,90	4,41
<i>Oscillatoria</i> sp	2,55	0,94
<i>Pinnularia</i> sp	21,68	8,03
<i>Spirogyra</i> sp	0,43	0,16
Total	269,88	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

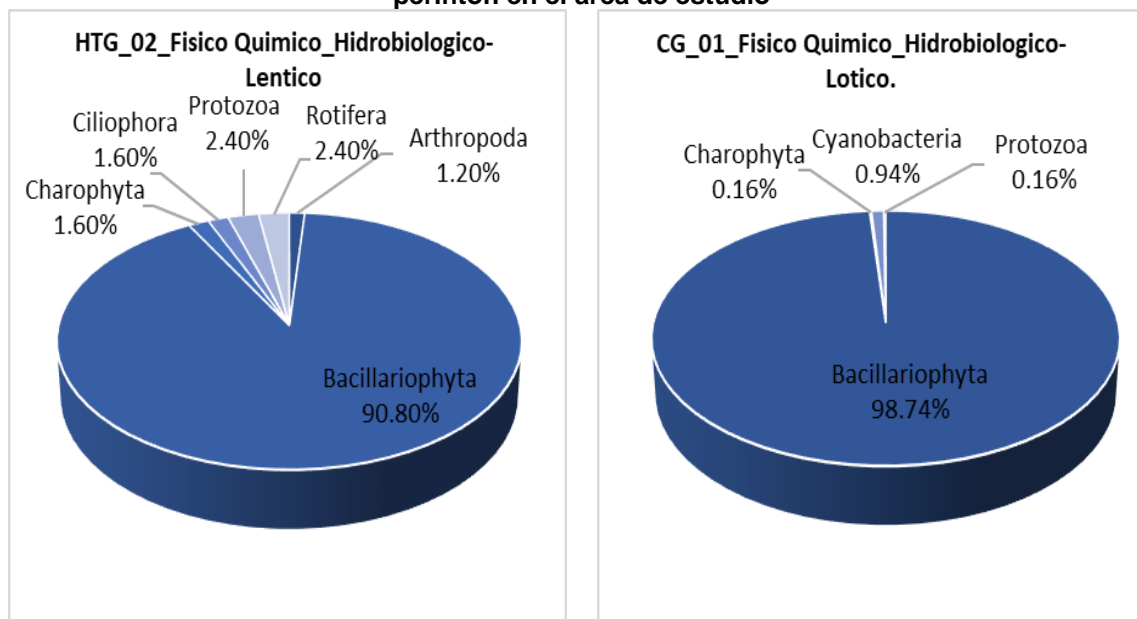
En cuanto a la contribución de los phyla a la densidad total se observó que Bacillariophyta obtuvo el mayor aporte para ambos puntos de monitoreo, representado en el 90,80% para el sistema léntico y 98,74%; para el sistema lótico (Gráfica 5-1).

Bacillariophyta constituye uno de los grupos algales de mayor dominancia en los ambientes tropicales, dado su rápido potencial colonizador, además de que gran parte de sus representantes presentan estructuras especializadas de fijación como pedúnculos y producción de matrices mucilaginosas que les permite estar adheridas a sustratos que pueden encontrar disponibles en la columna de agua. Sus reducidos tamaños facilitan una rápida fijación en superficies menores no accesibles a competidores de mayor tamaño¹¹. Además, son importantes bioindicadores dentro de un ecosistema, debido a la susceptibilidad a cambios y resistencia a muchas sustancias que de una u otra forma causan modificaciones en un determinado ambiente. Frecuentan aguas donde se presentan procesos de constante mezcla, estados de eutrofia, sucesión planctónica y parecen no ser afectadas por las variaciones de luz¹².

¹¹ RODRÍGUEZ, P. L. Estructura y producción primaria del fitoplancton y perifiton en un humedal del bajo Paraná. Tesis doctoral: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, 2008.

¹² ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J. J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2008. 439 p.

Gráfica 5-1 Contribución porcentual de las divisiones perifíticas a la densidad total del perifíton en el área de estudio



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

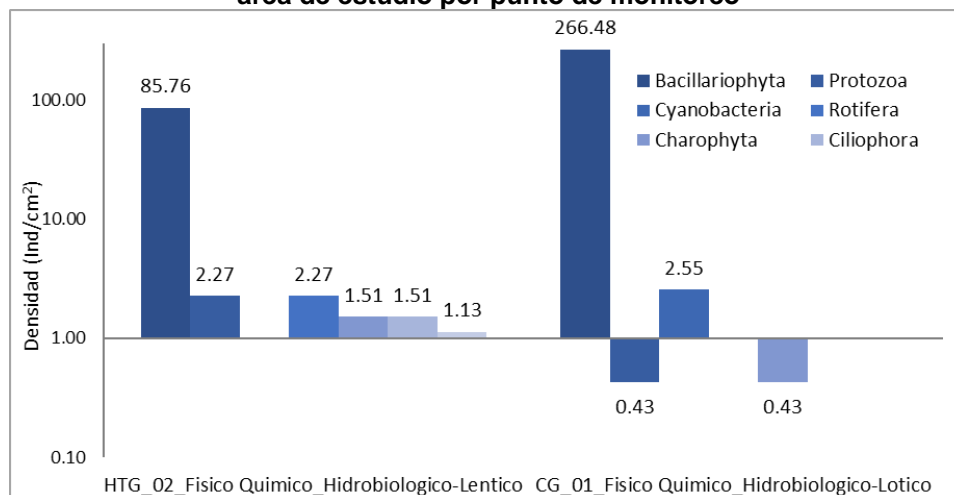
A nivel de puntos de muestreo, los aportes estuvieron dominados por Bacillariophyta, que registró un máximo de 266,48 Ind/cm² en CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico, mientras que Protozoa (2,27 Ind/cm²), Rotifera (2,27 Ind/cm²), Charophyta (1,51 Ind/cm²), Ciliophora (1,51 Ind/cm²) y Arthropoda (1,13 Ind/cm²), presentaron sus valores máximos en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico, finalmente, Cyanobacteria solo estuvo presente en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico con 2,55 Ind/cm² (Gráfica 5-2).

Si bien las algas como las diatomeas son comunes en este tipo de ambientes, considerándose como la base de la cadena trófica acuática. No obstante, un incremento en nutrientes limitantes puede promover un crecimiento de este tipo de algas y su acumulación, las cuales a su vez se descomponen por la intervención de organismos aeróbicos presentes en el sistema, lo que ocasiona un agotamiento en el oxígeno disponible, provocan turbidez en los cuerpos de agua y condiciones anóxicas que terminan afectando la flora y la fauna acuática de los ecosistemas¹³. Debido a lo anterior, se infiere que para este estudio, la dominancia de algas como *Pinnularia* y *Gomphonema*, puede estar asociado con altos niveles de nutrientes, ya que dichos géneros suelen encontrarse en ecosistemas con un estado eutrófico, el cual, corresponde con el tipo de sistema hallado en ambos puntos de

¹³ GARCÍA, M. Eutrofización: una visión general. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Coahuila, 2016.

monitoreo^{14, 15}.

Gráfica 5-2 Contribución a la densidad total de las divisiones perifíticas registradas en el área de estudio por punto de monitoreo



*datos presentados en base logarítmica Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

■ Índices Biológicos

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Teniendo en cuenta que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco (5) especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico. Una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población)¹⁶.


El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores bajos para ambos puntos de monitoreo (0,66 -1,79). En general los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja con efectos de la contaminación, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos¹⁷; valores superiores a dos (2) indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

¹⁴ SEIP, K. L. y REYNOLDS, C. S. Phytoplankton functional attributes along trophic gradient and season. Limnology and Oceanography, 1995. vol.3. No.40, p. 589-597.

¹⁵ GER, K. A.; HANSSON, L. A., y LÜRLING, M. "Understanding cyanobacteria-zooplankton interactions in a more eutrophic world". Freshwater Biology, 2014. vol.9, No.59, p. 1783-1798.

¹⁶ CURTIS, H., et al. Biología de Curtis. Editorial Médica Panamericana. 7a edición en español, 2008.

¹⁷ ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J. J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2008. 439 p.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 34

La equitatividad obtuvo un valor alto de 0,70 para el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico, que responde a la uniformidad en la distribución de las abundancias de las morfoespecies en el ensamblaje. Sin embargo, para el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico obtuvo un valor de 0,31, considerándose un valor bajo que se relaciona con la poca uniformidad de las abundancias de las morfoespecies por la dominancia de una sola (*Gomphonema* sp) en la comunidad. Estos resultados son consistentes con el índice de dominancia de Simpson (Dominance_D) ya que presentaron valores bajos (0,24) y altos (0,71), respectivamente.

Finalmente, el índice de Margalef registró un valor superior a dos (2) e inferior a cinco (5), para el punto **HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico** y un valor inferior a dos (2) para el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico que según Margalef (1983) es consiente con sistemas de riqueza moderada y baja correspondientemente (Tabla 5-11).




Tabla 5-11 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de perifítica en el área de estudio


Índices	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico
Taxa_S	13	8
Individuals	94,44	269,88
Dominance_D	0,24	0,71
Shannon_H	1,79	0,66
Margalef	2,67	1,25
Equitability_J	0,70	0,31

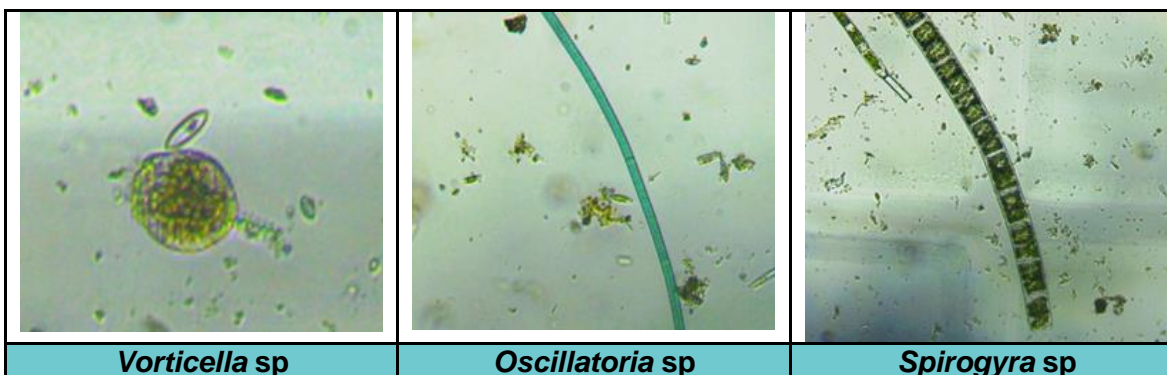
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la Tabla 5-12, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies perifíticas observadas:

Tabla 5-12 Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas

		
<i>Pinnularia</i> sp	<i>Gomphonema</i> sp	<i>Closterium</i> sp

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 35



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

- **Fitoplancton**

El término fitoplancton proviene del griego φυτόν (phyton - planta) and πλαγκτός (planktos - errante). Es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. Así este puede usarse como grupo centinela, ya que sirve de indicador de la condición biológica¹⁸ Debido a su alta susceptibilidad a la variabilidad climática se observan adelantos o atrasos en sus ciclos estacionales, así como cambios en su concentración o composición.

Las comunidades de fitoplancton se encuentran en interacción con condiciones bióticas y abióticas. Las variables abióticas más relevantes en el desarrollo de las especies de fitoplancton son iluminación solar, temperatura, pH, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Estos factores varían según las características de los cuerpos de agua, y a ellos se encuentran asociados una composición específica de microalgas¹⁹. Los cambios de las condiciones fisicoquímicas pueden ser detectados tempranamente a través de la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton²⁰

- **Composición taxonómica y bioindicación**

La comunidad fitoplanctónica en el Área de influencia físico-biótica-paisaje estuvo conformada por nueve (9) morfoespecies, vinculadas a tres (3) divisiones e igual número de clases, cuatro (4) órdenes y nueve (9) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la Tabla 5-13.

¹⁸ LÓPEZ, K. Identificación taxonómica de las especies de microalgas y cianobacterias de los ríos de origen glaciar, de vertiente y mixto del alto Antisana monitoreados durante el proyecto DREAM, 2019.

¹⁹ Comas, A., Moreira, A., León, A. R., Uriza, S. y García, O. Algas y sus relaciones con características ecológicas del río Damují. Universidad de Cienfuegos, Cuba: Universo Sur, 2009

²⁰ Velázquez M.M., Israde I. & Mendoza M. 2006. Uso de diatomeas para la evaluación de la calidad del agua del río Turbio, afluente del río Lerma, México. En Simposio “Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos en Michoacán”. Congreso Mexicano de Ecología, Morelia, Michoacán, México.


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 36

Tabla 5-13 Clasificación taxonómica del fitoplancton registrado en el área de estudio

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp
			Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i> sp
		Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i> sp
			Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp
			Sellaphoraceae	<i>Sellaphora</i> sp
			Stauroneidaceae	<i>Craticula</i> sp
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Dolichospermum</i> sp
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus</i> sp
3	3	4	9	9

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

La comunidad fitoplactonica presentó una densidad total de 12,22 Ind/L; siendo la morfoespecie de mayor aporte *Navicula* sp con 4,56 Ind/L; mientras que la morfoespecie con menor valor de densidad fue *Dolichospermum* sp con 0,11 Ind/L (Tabla 5-14).

El género *Navicula* pertenece, a la familia Naviculaceae, es uno de los más grandes grupos de diatomeas dulceacuícolas, aunque algunas especies son encontradas también en agua salada o salobre. Sus representantes se caracterizan fundamentalmente porque son células desde muy pequeñas hasta grandes²¹ y por su afinidad con aguas salobres, ricas en nutrientes; características que los hace ser tolerantes a medios contaminados²²

Tabla 5-14 Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de la comunidad fitoplanctónica registrada en el área de estudio


Morfoespecie	HTG_02_Fisico Químico_Hidrobiológico-Léntico	
	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
<i>Craticula</i> sp	0,22	1,82
<i>Cymbella</i> sp	0,22	1,82
<i>Dolichospermum</i> sp	0,11	0,91
<i>Frustulia</i> sp	2,33	19,09
<i>Gomphonema</i> sp	0,67	5,45
<i>Navicula</i> sp	4,56	37,27
<i>Phacus</i> sp	0,22	1,82
<i>Pinnularia</i> sp	3,33	27,27
<i>Sellaphora</i> sp	0,56	4,55
Total	12,22	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

La estructura de las poblaciones de fitoplancton es dinámica, los cambios en abundancia y composición dependen de una serie de factores físicos e hidrológicos (luz, temperatura, turbulencia, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton), químicos (nutrientes, materia orgánica, y mineralización) y biológicos (depredación, parasitismo fúngico). En este sentido, resulta probable que existan diferenciales en las condiciones

²¹ Toledo, L. & Comas, A. Especies de agua dulce de *Navicula* (*Bacillariophyceae*) de Cuba. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana*, 2008 29: 171-184.

²² González Garraza, Gabriela. Fracciones de tamaño de fitoplancton de las lagunas de la turbera de Rancho Hambre (Tierra del Fuego): caracterización y relación con los factores bióticos y abióticos. (Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.), 2012

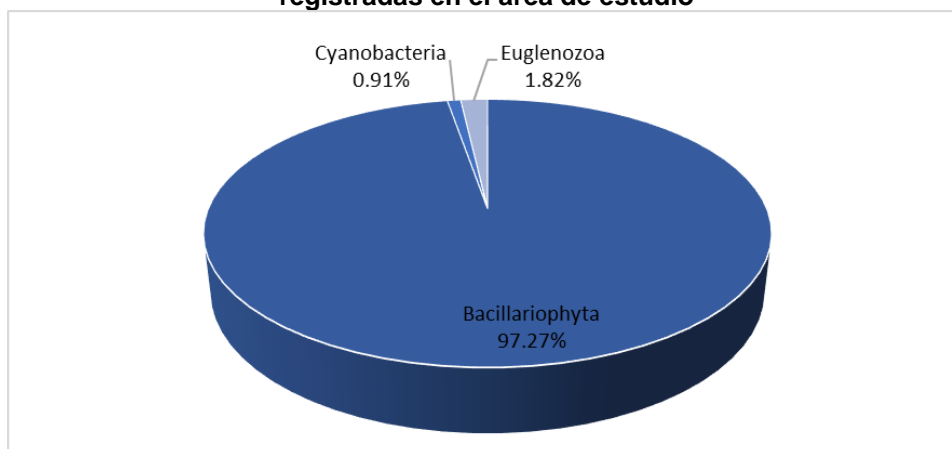
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 37

fisicoquímicas que imponen gradientes ambientales a las poblaciones fitoplanctónicas allí residentes, promoviendo el desarrollo y el establecimiento de grupos algales específicos sobre otros.

La densidad del fitoplancton estuvo dominada por aportes de la división Bacillariophyta, la cual representó el 97,27%, seguida de Euglenozoa con 1,82% y Cyanobacteria con 0,91% (Gráfica 5-3).

Las diatomeas (Bacillariophyta) constituyen el grupo algal de mayor éxito y distribución en los sistemas acuáticos continentales tropicales, ya que cuentan con características fisiológicas diversas y algunas de sus representantes, especialmente las formas pennadas que constituyen la mayoría de los géneros encontrados. Poseen nutrición heterotrófica facultativa y pueden sobrevivir en ambientes con baja luminosidad, además de su capacidad de producción de sustancias mucilaginosas que permiten una mayor adhesión al sustrato y superar la presión de la corriente en sistemas lóticos²³

Gráfica 5-3 Contribución porcentual a la densidad total de las divisiones fitoplanctónicas registradas en el área de estudio



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

■ **Índices Biológicos**

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población)²⁴.

²³ Hellebust J, Lewin A. Heterotrophic nutrition. En: Werner D (ed.). The biology of diatoms. University of California Press, Berkeley, California. 1977. pp. 169-197.

²⁴ CURTIS, H., et al. Biología de Curtis. Editorial Médica Panamericana. 7a edición en español, 2008.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor bajo de 1,60. En general los valores inferiores a dos (2) de este índice, se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja con efectos de la contaminación, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos²⁵; valores superiores a los obtenidos indican sistemas con una mayor riqueza que permiten el establecimiento de un mayor número y variedad de individuos mediante su vasta oferta de recursos.

La equitatividad obtuvo un valor alto de 0,73, correspondientes a una distribución uniforme de las morfoespecies. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor bajo (0,26), siendo este comportamiento consistente, dado que ambos índices son inversamente proporcionales. El índice de Margalef reportó un valor de 3,64 el cual está relacionado con una riqueza moderada, sin embargo, esto puede estar relacionado por la cantidad de individuos distribuidos en una baja cantidad de morfoespecies (9) (Tabla 5-15).


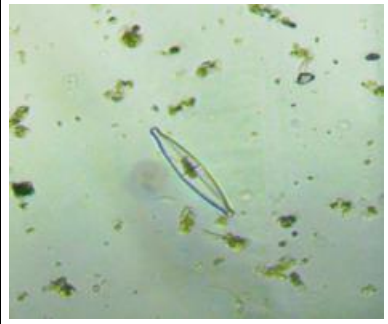

Tabla 5-15 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de fitoplancton en el área de estudio

Índices	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico
Taxa_S	9
Individuals	12,22
Dominance_D	0,26
Shannon_H	1,60
Margalef	3,64
Equitability_J	0,73


Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

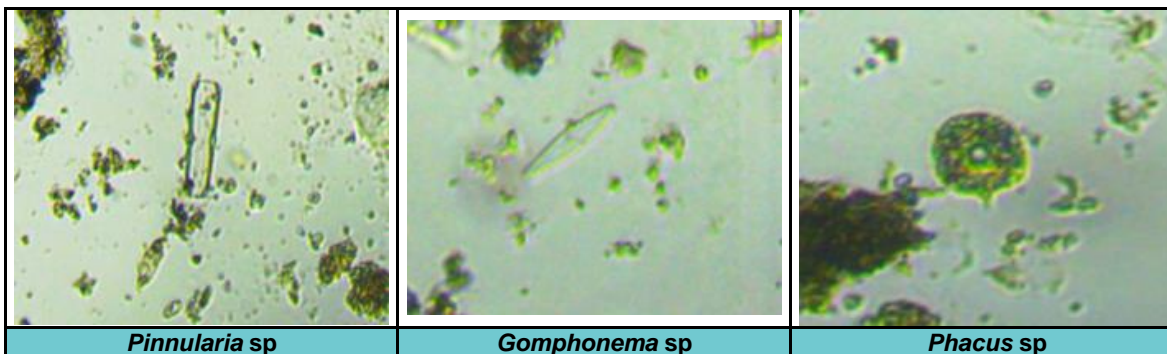
A continuación, en la Tabla 5-16, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies fitoplanctónicas observadas:

Tabla 5-16 Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas

		
Navicula sp	Craticula sp	Cymbella sp

²⁵ ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J. J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2008. 439 p.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 39



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

- **Zooplankton**

El zooplankton se encuentra distribuido en la totalidad de un cuerpo de agua; en él se encuentran los principales herbívoros y depredadores de ecosistemas acuáticos, con amplias variaciones de tamaño (40µm a 3mm). Para comprender el metabolismo de un cuerpo de agua es necesario evaluar la biomasa y el papel del zooplankton en el ecosistema. Entre los principales tipos de organismos se incluye a los protistas, integrantes del protozooplankton y a los zooplanktontes propiamente dichos que son animales (rotíferos, cladóceros, copépodos y estadios larvarios de insectos y peces). La mayoría de las formas son móviles, lo que hace que su distribución vertical y horizontal sea muy variable; tienen amplia heterogeneidad espacial y temporal²⁶.

La presencia de zooplankton está ligada a factores, como lo son las corrientes y la acción del viento debido a su limitada capacidad de locomoción²⁷. Por otro lado, la estructura de la comunidad zooplanktónica puede ser afectado por las diferentes condiciones fisicoquímicas y biológicas del área donde habitan, estableciendo diferencias espacio-temporales en su composición y densidad. Esto se puede presentar por fluctuaciones de las condiciones hidrodinámicas (estructuras térmicas, salinas, turbulencias y advección) y tróficas (concentración de fitoplancton, los periodos reproductivos y el grado de depredación por parte de los peces)²⁸.

- **Composición taxonómica y Bioindicación**

La comunidad de zooplankton en el área de estudio estuvo conformada por siete (7) morfoespecies, distribuidas en cuatro (4) phyla e igual número de clases, órdenes (con uno sin determinar), y familias (con tres sin determinar), cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la Tabla 5-17.

²⁶ WETZEL, R. G. Adjunto interacciones algal-sustrato: ¿hecho o mito, y cuándo y cómo? En: Periphyton de ecosistemas de agua dulce. Springer, Dordrecht.1983. p. 207-215.

²⁷ MARTÍNEZ, T., A. GIRALDO & E. RODRÍGUEZ-RUBIO. 2007. Zooplankton en la Corriente Colombia, Pacífico colombiano durante marzo de 2006. Boletín Científico CCCP, 14 (2007) 69-82.

²⁸ Heidelberg, K., S. Kenneth and J. Purcell. 2004. Composition and sources of near reef zooplankton on a Jamaican fore reef along with implications for coral feeding. Coral Reefs, 23: 263-276


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 5.2
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 40

Tabla 5-17. Clasificación taxonómica de las morfoespecies de zooplancton registrado en el área de estudio.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Arthropoda	Maxillopoda	-	-	Nauplio morfo 1
		Cyclopoida	-	Cyclopoida morfo 1
Ciliophora	Ciliata	Hymenostomatida	-	Hymenostomatida morfo 1
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella</i> sp
Rotifera	Monogonta	Ploima	Lecanidae	<i>Lecane</i> sp
			Lepadellidae	<i>Colurella</i> sp
			Notommatidae	<i>Monommata</i> sp
4	4	4	4	7

-No determinado

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

De las morfoespecies de zooplancton encontradas, *Hymenostomatida* morfo 1, presentó la mayor densidad con 52,89 Ind/L, mientras que las morfoespecies menos representativas fueron *Nauplio* morfo 1, *Lecane* sp. y *Colurella* sp. con 0,94 Ind/L, para cada una, cabe mencionar que esta comunidad obtuvo una densidad total de 66,11 Ind/L (Tabla 5-18).

Las morfoespecies del orden Hymenostomatida, se caracterizan por habitar en aguas estancadas, de apariencia turbia, generalmente con un alto grado de eutrofización y altos niveles de materia orgánica en descomposición²⁹.

Tabla 5-18 Densidad (Ind/L) y Abundancia relativa (%) de la comunidad de zooplancton registrada en el área de estudio

Morfoespecie	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	
	Densidad (Ind/L)	Abundancia relativa (%)
<i>Arcella</i> sp	6,61	10,00
<i>Colurella</i> sp	0,94	1,43
Cyclopoida morfo 1	1,89	2,86
Hymenostomatida morfo 1	52,89	80,00
<i>Lecane</i> sp	0,94	1,43
<i>Monommata</i> sp	1,89	2,86
Nauplio morfo 1	0,94	1,43
Total	66,11	100,00

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

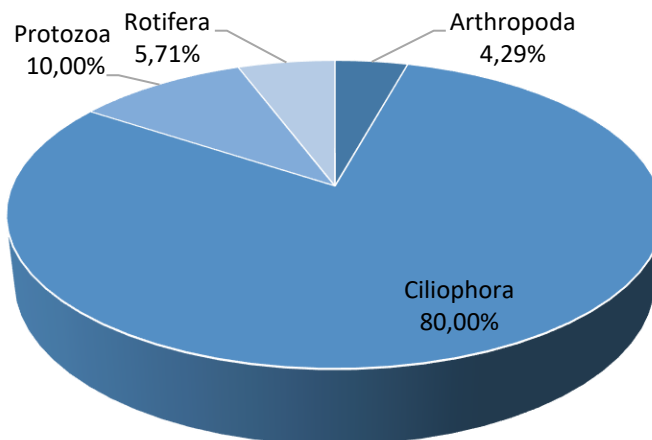
En cuanto a las contribuciones a la densidad total, Ciliophora dominó con el 80,00%, seguida de Protozoa (10,00%), Rotifera (5,71%) y Arthropoda (4,29%) (Gráfica 5-4).

Los ciliados (Phylum Ciliophora) se caracterizan por la posesión de cilios o estructuras ciliares compuestas en alguna etapa de su ciclo de vida, formando parte importante de las cadenas tróficas y la biomasa del sistema acuático, habitan en ambientes dulceacuícolas tanto en sistemas lénticos y lóticos³⁰.

²⁹ GUILLÉN, A. G. K. Diversidad protozoológica de los Pantanos de Villa, Chorrillos-Lima-Perú, 2002.

³⁰ LYNN, D. H. The Ciliated Protozoa. Characterization, classification, and guide to the literature. Springer, New York, 2008. 605 p.

Gráfica 5-4 Contribución porcentual a la densidad total de las Phyla zooplanctónicas en el área de estudio



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

■ Índices Biológicos


Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Considerando que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológica, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población)³¹.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor inferior a dos (2), los cuales se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja, debido a que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos³².

La equitatividad obtuvo un valor bajo (0,41), relacionada una distribución de las morfoespecies poco uniforme. La dominancia de Simpson (Dominance_D) obtuvo un valor alto (0,65) debido a la alta densidad de la morfoespecie *Hymenostomatida* morfo1, siendo este comportamiento consistente, dado que ambos índices son inversamente proporcionales. El índice de Margalef registró un valor de 1,47 el cual se relaciona con una

³¹ CURTIS, H., *et al.* Biología de Curtis. Editorial Médica Panamericana. 7a edición en español, 2008.

³² ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J. J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2008. 439 p.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 42

baja riqueza (Tabla 5-19).

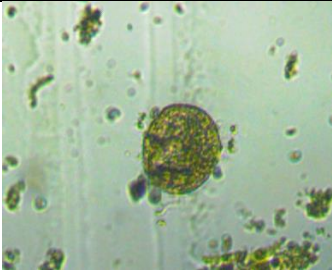
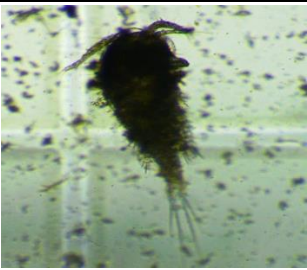
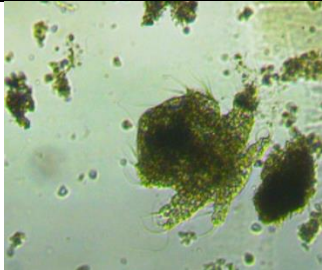



Tabla 5-19 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de zooplancton en el área de estudio

Índices	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico
Taxa_S	7
Individuals	66,11
Dominance_D	0,65
Shannon_H	0,79
Margalef	1,47
Equitability_J	0,41

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la Tabla 5-20, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies zooplanctónicas observadas:

Tabla 5-20 Registro fotográfico de algunas morfoespecies observadas


		
Hymenostomatida morfo 1	Cyclopoida morfo 1	Nauplio morfo 1
		
Lecane sp	Monommata sp	Arcella sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

• Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos son aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0,5 mm hasta alrededor de 5,0 mm, por lo que se les puede observar a simple vista³³. Son muy útiles en el campo de la

³³ ROLDÁN-PÉREZ, G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2016. vol.155,

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 43

bioindicación, dada su abundancia, amplia distribución, fácil recolección e identificación. Además, poseen hábitos sedentarios, ciclos de vida largos, pueden cultivarse en el laboratorio y responden rápidamente a tensores ambientales³⁴. Adicional, su importancia radica en el cumplimiento de roles ecológicos fundamentales en la transferencia de energía a través de los niveles tróficos en sistemas acuáticos. Muchos incorporan material alóctono y transforman y transfieren material autóctono dentro del sistema³⁵. Algunos grupos como los insectos acuáticos se alimentan de algas unicelulares, bacterias, hongos, plantas vasculares y detrito proveniente de hojas, zooplancton, otros invertebrados y peces pequeños³⁶.

▪ Composición taxonómica y bioindicación

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el área de estudio relacionado con el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico estuvo conformada por 11 morfoespecies, vinculadas a dos (2) phyla, cuatro (4) clases, seis (6) órdenes y 10 familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la Tabla 5-21.

Tabla 5-21 Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrado en el área de estudio

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	Estadio
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae morfo 1	-
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	Chrysomelidae morfo 1	Larva
		Diptera	Chironomidae	Chironomidae morfo 1	Larva
			Muscidae	<i>Limnophora</i> sp	Larva
			Tipulidae	<i>Tipula</i> sp	Larva
		Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna</i> sp	Larva
				<i>Aeshna</i> sp1	Larva
			Coenagrionidae	Coenagrionidae morfo 1	Larva
			Libellulidae	Libellulidae morfo 1	Larva
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp	-
	Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	Cyprididae morfo 1	-
2	4	6	10	11	-

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

Por su parte esta comunidad en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico estuvo conformada por seis (6) morfoespecies, vinculadas a tres (3) phyla, cinco (5) clases, seis (6) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la Tabla 5-22.

No.40, p. 254-274.

³⁴ ROLDÁN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN Colombia, Bogotá, 1988. 217 p.

³⁵ WALLACE, J. B. y MERRIT, W. Filter-feeding ecology of aquatic insects. Annual Review of Entomology. 1980. No.25, p. 103–132.

³⁶ MCCAFFERTY, W. P. Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Jones y Bartlett Learning, 1983.


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 44

Tabla 5-22 Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos registrado en el punto CG_01_Fisico Quimico Hidrobiologico-Lótico

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	Estado
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae morfo 1	-
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae morfo 1	Larva
		Hemiptera	Corixidae	Corixidae morfo 1	Ninfa
		Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i> sp	-
	Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	Cyprididae morfo 1	-
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i> sp	-
3	5	6	6	6	

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

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el sistema lótico presentó una densidad total 62,22 Ind/m². Siendo la morfoespecie más abundante fue *Hyaella* sp. (C) con 26,67 Ind/m²; seguida de Chironomidae morfo 1 (L) con 21,11 Ind/m²; mientras que las demás morfoespecies obtuvieron densidades iguales e inferiores a 3,33 Ind/m² (Tabla 5-23).

La mayoría de las especies del género *Hyaella*, se encuentran en diversos hábitats de agua dulce, como lagos, estanques y arroyos, a menudo adheridas a macrófitas, nadando en la columna de agua o confinadas a sedimentos, siendo miembros importantes de la fauna bentónica³⁷.

Por su parte, Chironomidae constituye parte importante de la biomasa de los ambientes lóticos y lénticos, y tiene un papel determinante en los ciclos tróficos y el procesamiento de los detritus; las larvas son hidropneústicas y algunas tienen hemoglobina en la hemolinfa, lo cual les permite maximizar la captación de oxígeno y sobrevivir en sistemas anóxicos³⁸. Esta familia es considerada indicadora de aguas medianamente contaminadas a muy contaminadas³⁹, ya que son altamente tolerantes a condiciones adversas de contaminación orgánica e inorgánica.


Tabla 5-23 Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos registradas en el punto HTG_02_Fisico Quimico Hidrobiologico-Léntico

Morfoespecie	HTG_02_Fisico Quimico Hidrobiologico-Léntico		
	Densidad (Ind/ m ²)	Abundancia relativa (%)	Estadio
<i>Aeshna</i> sp (L)	1,11	1,79	Larva
<i>Aeshna</i> sp1 (L)	1,11	1,79	Larva
Chironomidae morfo 1 (L)	21,11	33,93	Larva
Chrysomelidae morfo 1 (L)	1,11	1,79	Larva
Coenagrionidae morfo 1 (L)	2,22	3,57	Larva
Cyprididae morfo 1	1,11	1,79	-
Glossiphoniidae morfo 1	2,22	3,57	-

³⁷ WALLER, P. A. Género *Hyaella* Smith, 1984 (Crustacea: Amphipoda: Hyaellidae) en Uruguay: taxonomía y ecología. 2023.

³⁸ LÓPEZ, K. Identificación taxonómica de las especies de microalgas y cianobacterias de los ríos de origen glaciar, de vertiente y mixto del alto Antisana monitoreados durante el proyecto DREAM, 2019.

³⁹ PINILLA, G. A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge, Colombia, 2000.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 45

Morfoespecie	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico		
	Densidad (Ind/ m ²)	Abundancia relativa (%)	Estadio
<i>Hyalella</i> sp	26,67	42,86	-
Libellulidae morfo 1 (L)	1,11	1,79	Larva
<i>Limnophora</i> sp (L)	3,33	5,36	Larva
<i>Tipula</i> sp (L)	1,11	1,79	Larva
Total	62,22	100,00	

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

Por su parte el punto ubicado en el sistema léntico presentó una mayor representatividad de la morfoespecie relacionada a la familia Chironomidae con 84,44 Ind/m² seguida de la morfoespecie de la familia Glossiphoniidae con 40,00 Ind/m²; mientras que las demás morfoespecies obtuvieron densidades iguales e inferiores a 7,78 Ind/m². Es importante mencionar que la comunidad en este punto obtuvo una densidad total de 137,78 Ind/m² (Tabla 5-24).

Glossiphoniidae es una familia de sanguijuelas portadoras de probóscide de agua dulce, que se caracterizan por su hábito hematófago asociado a vertebrados de agua dulce como anfibios, cocodrilos y tortugas acuáticas, pero algunos se alimentan de invertebrados como oligoquetos y caracoles de agua dulce⁴⁰.

Tabla 5-24 Densidad (Ind/m²) de las morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos registradas en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico

Morfoespecie	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico		
	Densidad (Ind/m ²)	Abundancia relativa (%)	Estadio
Chironomidae morfo 1 (L)	84,44	61,29	Larva
Corixidae morfo 1 (N)	1,11	0,81	Ninfa
Cyprididae morfo 1	1,11	0,81	-
Glossiphoniidae morfo 1	40,00	29,03	-
<i>Hyalella</i> sp	7,78	5,65	-
<i>Physa</i> sp	3,33	2,42	-
Total	137,78	100,00	

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

Correa-Araneda et al. (2010) señalan que los ensambles de invertebrados bentónicos de los ecosistemas fluviales, ubicados en zonas urbanas se caracterizan por presentar pocos taxones⁴¹. De acuerdo con Margalef (1986)⁴², existen cuatro factores principales que afectan la distribución de macroinvertebrados en ambientes de agua dulce: oxígeno que es esencial para el metabolismo de los organismos acuáticos aeróbicos, materia orgánica disuelta y en partículas, de la cual hay mucho más en los sistemas de agua dulce que en los sistemas marinos y la tensión superficial que disminuye en áreas afectadas por la civilización como resultado de la escorrentía doméstica e industrial, particularmente de detergentes e insecticidas de los cuales el uso intensivo provoca una mayor eutrofia en el agua.

⁴⁰ JOEL CRACRAFT AND MICHAEL J. DONOGHUE, *Assembling the Tree of Life*, Oxford University Press, USA, 2004, 592 pages ISBN 0-19-517234-5

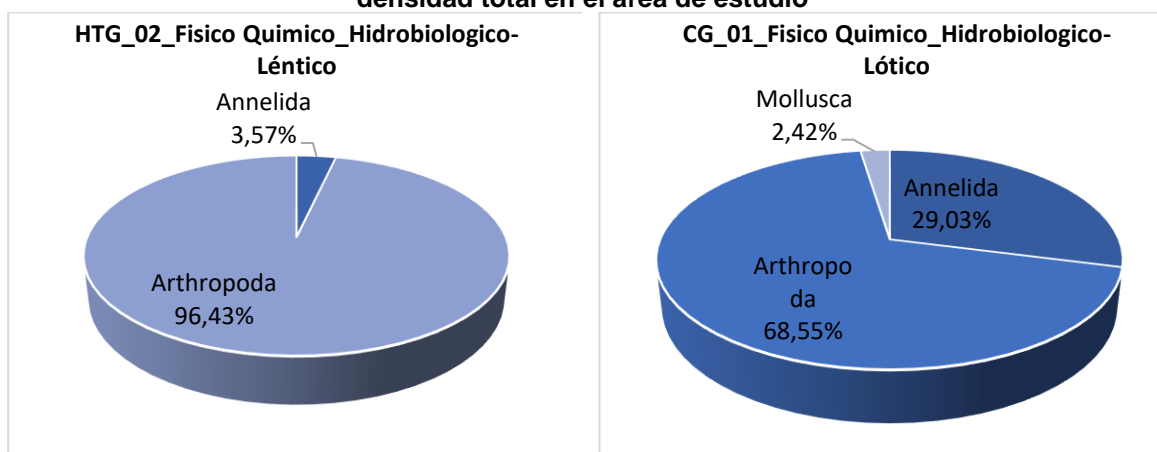
⁴¹ CORREA-ARANEDA, F., et al. Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile. *Limnetica*, 2010. vol.29, No.2, p. 0183-194.

⁴² MARGALEF, R. Sucesión y evolución: su proyección biogeográfica, 1986.

En la Gráfica 5-5, se observa que el phylum de mayor aporte a la densidad total tanto para el sistema léntico como para el sistema lótico fue Arthropoda con el 96,43% y el 68,55 %, respectivamente.

Los artrópodos han sido reconocidos, recientemente, como eficientes indicadores del funcionamiento de los ecosistemas, y de allí su utilidad en programas de inventarios de biodiversidad o evaluación de recuperación de áreas degradadas. Entre algunos atributos de los artrópodos se destaca su amplia diversidad y capacidad de ocupar microhábitats acuáticos y nichos específicos, además de jugar múltiples roles ecológicos. En general, son altamente sensibles a variaciones climáticas y elementos contaminantes en los ecosistemas acuáticos⁴³.

Gráfica 5-5 Contribución porcentual de las phyla de macroinvertebrados bentónicos a la densidad total en el área de estudio



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

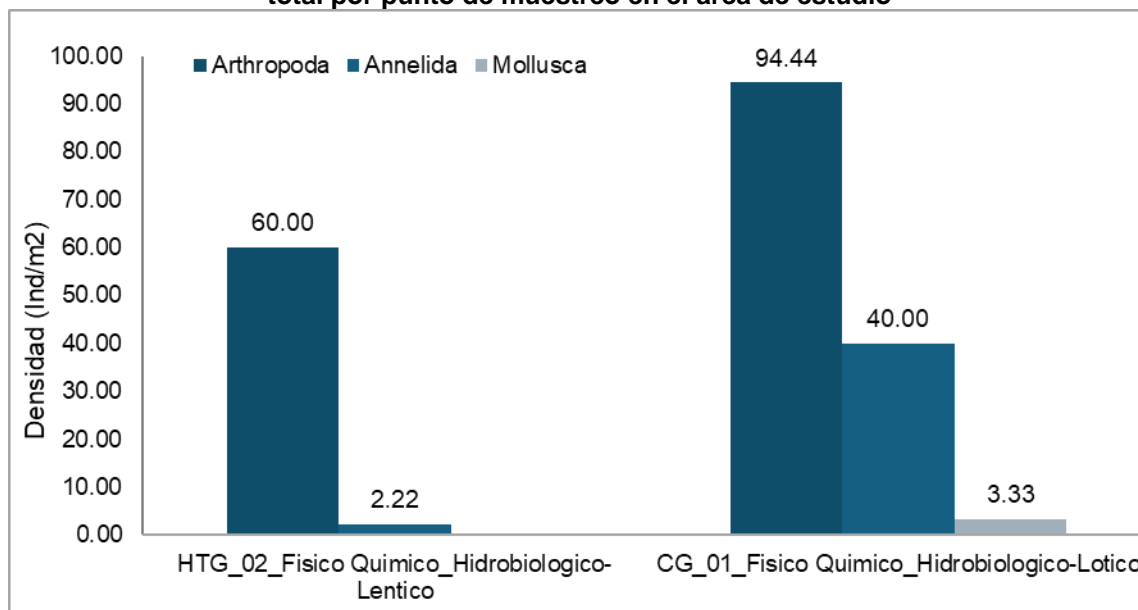
A nivel espacial, el Phylum Arthropoda dominó en ambos puntos de monitoreo, siendo mayor en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico con 94,44 Ind/m². En cuanto, Annelida y Mollusca también sus máximos se relacionaron en este mismo punto con 40,00 Ind/m² y 3,33 2,22 Ind/m², respectivamente (Gráfica 5-6).

Una de las causas en las diferencias espaciales de los phyla, se puede deber principalmente a la variación estacional de los organismos, ya que, en las diferentes épocas anuales, se llega a alterar el volumen de agua y consecuentemente la disponibilidad de hábitats, lo que afecta la presencia de distintos grupos de macroinvertebrados⁴⁴.

⁴³ BARROS, E., et al. Effects Of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. Biology and Fertility of Soils, 2002. Vol.35. p. 338-347.

⁴⁴ RIVERA, U. J. J.; PINILLA, A., G., & CAMACHO, P. D. L. Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. Acta Biológica Colombiana, 2013. vol.2, No.18, p. 279-292.

Gráfica 5-6 Contribución de los órdenes de macroinvertebrados bentónicos a la densidad total por punto de muestreo en el área de estudio



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

■ Índices Biológicos

Los índices ecológicos permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Teniendo en cuenta que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, es necesario contar con más de cinco (5) especies (taxón) por comunidad, dado que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población)⁴⁵.


El índice de Shannon-Wiener obtuvo valores bajos (1,00 y 1,56). En general estos se relacionan con sistemas de diversidad relativamente baja con efectos de la contaminación, ya que la presencia de una gran variedad de individuos está directamente relacionada con la disponibilidad y amplitud de los recursos⁴⁶.

La equitatividad obtuvo valores medios para ambos puntos de monitoreo, que responde a una uniformidad moderada en la distribución de las abundancias de las morfoespecies en los ensamblajes. Esto es consistente con el índice de dominancia de Simpson (Dominance_D) ya que presentaron valores moderados.

Finalmente, el índice de Margalef registró un valor superior a dos (2) e inferior a cinco (5)

⁴⁵ CURTIS, H., et al. Biología de Curtis. Editorial Médica Panamericana. 7a edición en español, 2008.

⁴⁶ ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J. J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2008. 439 p.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 48

para el sistema léntico, que según Margalef (1983) es consiente con sistemas de riqueza moderada explicada por la cantidad de individuos distribuidos en 11 morfoespecies, por su parte el punto de monitoreo lótico presento un valor inferior a dos (2), relacionándose con un sistema de baja riqueza (Tabla 5-25).

Tabla 5-25 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el área de estudio

Índices	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico
Taxa_S	11	6
Individuals	62,22	137,78
Dominance_D	0,31	0,45
Shannon_H	1,56	1,00
Margalef	2,44	1,01
Equitability_J	0,65	0,56

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El índice BMWP/Col consisten en la ordenación de los macroinvertebrados acuáticos al nivel taxonómico de familia en diez grupos, según una escala de mayor a menor tolerancia a las alteraciones de las condiciones normales naturales de los cuerpos de agua, asignando valores entre uno y diez puntos respectivamente⁴⁷. Al aplicarlo a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico, se obtuvieron puntajes de 40 para el índice BMWP/Col el cual se relaciona con aguas de clase III, lo que indica que son de calidad dudosa.

En cuanto al índice de ASTP registró un valor de 4,00 relacionado con aguas moderadamente contaminadas, por su parte el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico registró un puntaje total de 15 para el índice BMWP/col, lo cual permitió catalogar al área de estudio en clase V con calidad muy crítica. Con respecto al índice ASTP/Col se registró un valor de 2,5, que se relaciona con aguas fuertemente contaminadas (Tabla 5-26).

Si bien el índice BMWP/Col no tiene en cuenta otras condiciones para determinar el grado de contaminación de los cuerpos de agua, como por ejemplo la concentración de nutriente. Es importante mencionar que la interpretación de sus resultados se puede realizarse de manera conjunta con los parámetros fisicoquímicos y teniendo en cuenta características biológicas de las familias registradas, como su abundancia y grado de sensibilidad, debido a esto se puede observar que las familias como Chironomidae son consistentes con lo reportado en los índices, ya que esta familia son tolerantes a este tipo de ecosistemas con grados relativamente altos de contaminación, siendo esto consistente con los resultados de eutrofia obtenidos dentro de los análisis fisicoquímicos.

⁴⁷ ZAMORA, H. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 2007. No.19, p. 73-81.


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 49

Tabla 5-26 Índices BMW/Col y ASTP aplicados a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos

Familia	Puntaje BMWP/Col y ASTP	
	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico
Glossiphoniidae	3	3
Chrysomelidae	4	-
Chironomidae	2	2
Muscidae	2	-
Tipulidae	3	-
Aeshnidae	6	-
Coenagrionidae	7	-
Libellulidae	6	-
Hyaellidae	7	7
Cypridae	*	*
Physidae	-	3
Corixidae	-	*
Total BMWP/Col	40	15
Total ASTP/Col	4,00	2,5







*: No presenta puntaje de los índices.

-: no se registra en el punto de monitoreo

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

A continuación, en la Tabla 5-27, se presenta el registro fotográfico de algunas morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas:

Tabla 5-27 Registro fotográfico de algunas morfoespecies de macroinvertebrados bentónicos observadas

		
<i>Hyaella</i> sp	Chironomidae morfo 1 (L)	Chrysomelidae morfo 1 (L)
		
<i>Aeshna</i> sp (L)	Cypridae morfo 1	Corixidae morfo 1 (N)

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

- **Macroinvertebrados acuáticos de neuston**

Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500 µm, entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, entre los que se encuentran los cangrejos. Sin embargo, el grupo de invertebrados acuáticos más ampliamente distribuido en las aguas dulces es el de los insectos. En la mayoría de éstos, los estados inmaduros (huevos y larvas) son acuáticos, mientras que los adultos suelen ser terrestres. Entre los insectos con alguna fase de su vida acuática destacan, por su abundancia y distribución, los siguientes órdenes: efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros⁴⁸.

Estos organismos proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y al usarlos en el monitoreo, puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación⁴⁹.

- **Composición taxonómica y bioindicación**

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico estuvo conformada por cinco (5) morfoespecie vinculadas a dos (2) phyla, tres (3) clases, cuatro (4) órdenes y cinco (5) familias. La clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la Tabla 5-28.

Tabla 5-28 Clasificación taxonómica de la morfoespecie de macroinvertebrados acuáticos observada en el punto con el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	Estado
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae morfo 1	-
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomidae morfo 1	Larva
		Odonata	Aeshnidae	Aeshnidae morfo 1	Larva
			Coenagrionidae	Coenagrionidae morfo 1	Larva
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp	-
2	3	4	5	5	-

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023


En cuanto al punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico estuvo conformada por nueve (9) morfoespecies, vinculadas a tres (3) phyla, cuatro (4) clases, siete (7) órdenes y ocho (8) familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra relacionada en la Tabla 5-29.

Tabla 5-29 Clasificación taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos del neuston registrado en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	Estado
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae morfo 1	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Hydrophilidae morfo 1	Larva
		Diptera	Chironomidae	Chironomidae morfo 1	Larva

⁴⁸ LADRERA, R. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de información ambiental, 2012, No.39.

⁴⁹ CARRERA, C. y FIERRO, K. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito, 2001.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 51

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	Estado
		Hemiptera	Corixidae	<i>Centrocorisa</i> sp	Adulto
				Corixidae morfo 1	Ninfa
		Odonata	Notonectidae	<i>Notonecta</i> sp	-
			Coenagrionidae	Coenagrionidae morfo 2	Larva
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp	-
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i> sp	-
3	4	7	8	9	

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el sistema léntico, registró una densidad total de 14,62 Ind/m² siendo la morfoespecie más abundante Chironomidae morfo 1 (L) con 6,15 Ind/m², mientras que la morfoespecie menos representativa fue Aeshnidae morfo 1 (L) con 0,77 Ind/m² (Tabla 5-30).

Los dípteros de la familia Chironomidae son los insectos más ampliamente distribuidos, son de gran importancia en la colonización de cuerpos de agua y juegan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos como eslabones en la red trófica; al consumir principalmente materia orgánica particulada, algas, hongos, invertebrados acuáticos y restos de animales. Algunos géneros son considerados indicadores de condiciones ambientales particulares. Asimismo, la composición de la comunidad de larvas de Chironomidae es frecuentemente utilizada como indicadora de varios niveles tróficos de polución acuática.


Tabla 5-30 Densidad (Ind/m²) y Abundancia relativa (%) de las morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos registrada en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico

Morfoespecie	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico		
	Densidad (Ind/ m ²)	Abundancia relativa (%)	Estado
Aeshnidae morfo 1 (L)	0,77	5,26	Larva
Chironomidae morfo 1 (L)	6,15	42,11	Larva
Coenagrionidae morfo 1 (L)	1,54	10,53	Larva
Glossiphoniidae morfo 1	1,54	10,53	-
<i>Hyalella</i> sp	4,62	31,58	-
Total	14,62	100,00	

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

Las morfoespecies más representativas en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lóxico fueron *Hyalella* sp y *Notonecta* sp con 8,46 Ind/m² seguidas de Glossiphoniidae morfo 1 con 6,15 Ind/m², mientras que las demás morfoespecies obtuvieron densidades iguales e inferiores a 4,62 Ind/m². Cabe mencionar que este punto presento densidad total de 31,54 Ind/m² (Tabla 5-31).

Hyalella es un género que comprende a anfípodos pequeños que habitan distintos tipos de ambientes acuáticos continentales. En cuanto a su distribución está restringida al continente americano, donde es endémico. Son organismos importantes en los ecosistemas acuáticos, ya que facilitan la transferencia de materia y energía desde los niveles inferiores de las cadenas tróficas hacia los consumidores (otros macroinvertebrados, peces, anfibios y aves). Además, debido a su ubicuidad, pequeño tamaño, ciclos de vida cortos y la posibilidad de cultivarlos de manera relativamente sencilla en laboratorio, las distintas

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 52

especies del género se utilizan como bioindicadores de sanidad ambiental y en estudios de toxicidad de sedimentos. Sin embargo, pese a su importancia, distintos aspectos básicos de la biología, ecología, distribución y ciclo de vida de muchas especies sudamericanas son aún desconocidos⁵⁰

Notonecta habita en aguas dulces, lénticas o con poca corriente, desde albercas hasta lagos naturales y artificiales. Es muy abundante en aguas con tendencia a ser eutróficas⁵¹, destacan a la familia Glossiphoniidae (también llamadas como sanguijuelas) como organismos hematófagos importantes en ecosistemas de agua dulce, debido a que su dieta está asociada a vertebrados de como anfibios, cocodrilos y tortugas acuáticas, pero algunos se alimentan de invertebrados como oligoquetos y caracoles de agua dulce⁵².

Resulta consistente la presencia de este tipo de familias tolerantes a cierto grado de contaminación, ya que para ambos puntos de monitoreo se presentó un grado de mineralización elevada, que favorece el desarrollo de este tipo de comunidades encontradas, sobre otros más sensibles.

Tabla 5-31 Densidad (Ind/m2) de las morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos del neuston registradas en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico

Morfoespecie	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico		
	Densidad (Ind/m ²)	Abundancia relativa (%)	Estado
<i>Centrocorisa</i> sp (A)	0,77	2,44	Adulto
Chironomidae morfo 1 (L)	2,31	7,32	Larva
Coenagrionidae morfo 2 (L)	0,77	2,44	Larva
Corixidae morfo 1 (N)	1,54	4,76	Ninfa
Glossiphoniidae morfo 1	6,15	19,05	-
<i>Hyalella</i> sp	8,46	26,19	-
Hydrophilidae morfo 1 (L)	0,77	2,38	Larva
<i>Notonecta</i> sp	8,46	26,19	
<i>Physa</i> sp	2,31	7,14	
Total	31,54	100,00	

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

Los macroinvertebrados acuáticos son sensibles a los cambios de calidad de las aguas y están en la base de la pirámide trófica. En ambientes sanos, existe una estrecha relación entre diversidad biológica y complejidad nutricional. Si ocurren acontecimientos extremos, pueden morir, dejarse llevar por la corriente o desplazarse volando a otro lugar más apropiado⁵³.

En cuanto a la contribución de las phyla de macroinvertebrados acuáticos a la densidad total, se observó que Arthropoda realizó el mayor aporte en ambos puntos de monitoreo con 89,47% para el sistema léntico y 73,81 % para el sistema lótico (Gráfica 5-7).

⁵⁰ J. LOWRY "Hyalella S. I. Smith, 1874". World Amphipoda database. World Register of Marine Species. Retrieved 5 September 2021.

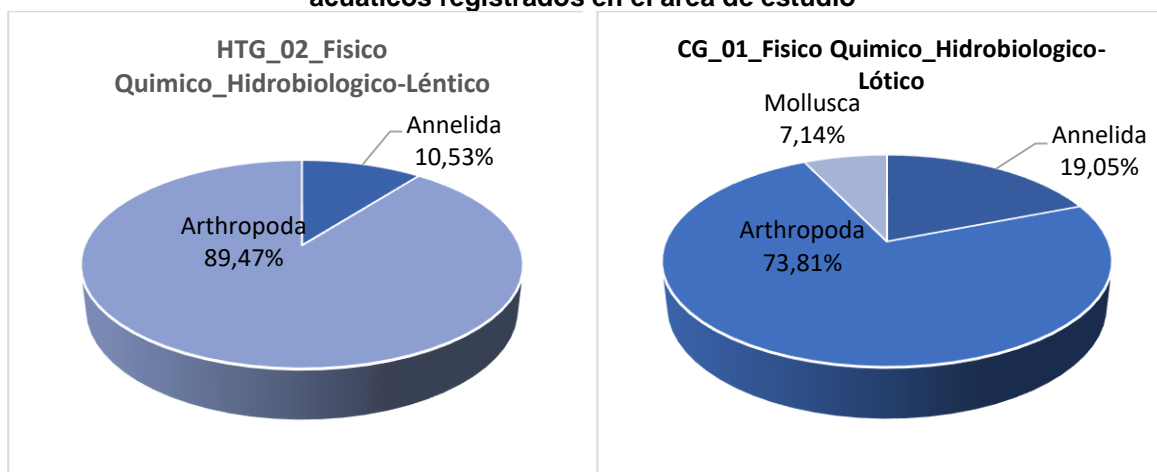
⁵¹ Gil, D. N. P. Bioecología y sistemática de *Notonecta melaena* kirkaldy (Hemiptera, notonectidae) en Cundinamarca-Colombia. Agronomía Colombiana, 1994. vol.1, No.11, p. 34-52.

⁵² JOEL CRACRAFT AND MICHAEL J. DONOGHUE, *Assembling the Tree of Life*, Oxford University Press, USA, 2004, 592 pages ISBN 0-19-517234-5

⁵³ RUEDA, J. y MOLINA, C. Los macroinvertebrados acuáticos, excelentes bioindicadores biológicos en la EIA: diferentes casos de estudio en el este de la península Iberica. VI Congreso, 2012. 333 p.

La dominancia de Arthropoda se encuentra explicada por el carácter cosmopolita de la misma, contando con un gran número de especies en el Neotrópico, dentro de ésta se encuentran los casi ubicuos insectos y también crustáceos cuyo rango de tolerancia ambiental es diverso, existiendo especies poco exigentes como es el caso de algunas familias del orden Díptera, hasta especies cuya aparición se restringe a lugares muy conservados y con aguas de buena calidad como algunos tricópteros, plecópteros y efemerópteros⁵⁴.

Gráfica 5-7 Contribución porcentual a la densidad total de las Phyla de macroinvertebrados acuáticos registrados en el área de estudio

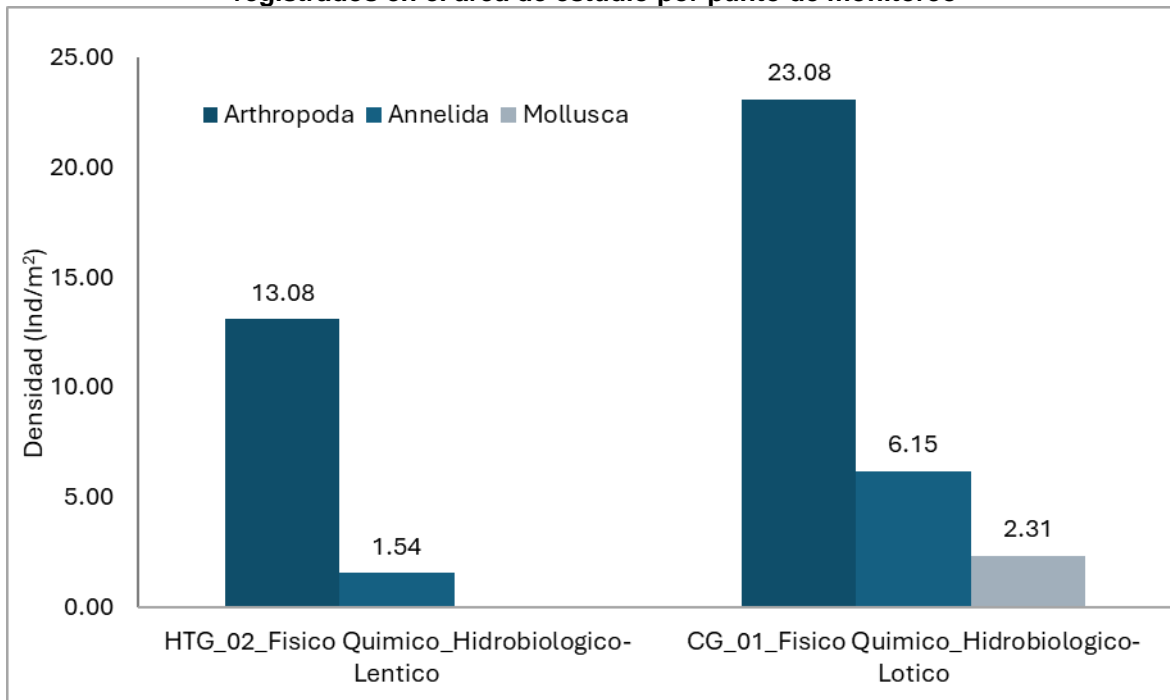


Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El phylum Arthropoda dominó en ambos puntos de monitoreo, estando mejor representada en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico con 23,08 Ind/m², por su parte, Annelida y Mollusca tuvo su mayor aporte en este mismo punto con 6,15 Ind/m² y 2,31 Ind/m² (Gráfica 5-8).

⁵⁴ ROLDÁN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. FEN Colombia. COLCIENCIAS-UDEA, Medellín, 1996. 217 p.

Gráfica 5-8 Contribución a la densidad total de las phyla de macroinvertebrados acuáticos registrados en el área de estudio por punto de monitoreo



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023


■ Índices Biológicos

Los índices ecológicos constituyen herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones de las comunidades biológicas, las cuales junto con las condiciones fisicoquímicas modelan la diversidad y distribución de los organismos en los ecosistemas. Teniendo en cuenta que uno de sus objetivos es determinar la diversidad de las comunidades, para calcularlos es necesario contar con más de cinco (5) especies (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, está compuesta y definida por más de una especie (población)⁵⁵.

El índice de Shannon-Wiener obtuvo un valor de 1,36 para el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico y 2,16 para CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico, este comportamiento se relaciona con sistemas de diversidad baja de especies, asociados con sistemas cuya contaminación tiende a ser relativamente alta, ya que según Wilhm y Dorris (1968) valores de diversidad entre uno y tres corresponden a aguas ligeramente contaminadas, teniendo en cuenta lo anterior, la calidad del agua en los ecosistemas monitoreados corresponderían a condiciones ligeramente contaminadas y de características eutróficas⁵⁶.

⁵⁵ CURTIS, H., et al. Biología de Curtis. Editorial Médica Panamericana. 7a edición en español, 2008.

⁵⁶ WILHM, J. y Dorris, C. Biological parameters for water quality criteria. Rev. Bios. 1968. vol.6, No.18, p. 477-480.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 55

La equitatividad registró valores altos de 0,84 a 0,93, que responde a la uniformidad en la distribución de las abundancias de las morfoespecies. La dominancia de Simpson fue baja y consistente con los valores de equitatividad y el índice de Margalef registró valores bajos (1,61) para el sistema léntico y valores medios (2,37) para el sistema lótico, típicos de sistemas con baja y moderada riqueza, respectivamente (Tabla 5-32).

Tabla 5-32 Índices ecológicos aplicados a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en el área de estudio

Índices	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico
Taxa_S	5	9
Individuals	12,62	32,31
Dominance_D	0,30	0,13
Shannon_H	1,36	2,16
Margalef	1,61	2,73
Equitability_J	0,84	0,93

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

El índice BMWP/Col consisten en la ordenación de los macroinvertebrados acuáticos al nivel taxonómico de familia en diez grupos, según una escala de mayor a menor tolerancia a las alteraciones de las condiciones normales naturales de los cuerpos de agua, asignando valores entre uno y diez puntos respectivamente⁵⁷. Al aplicarlo a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos estudiada, se obtuvo un puntaje de 25 para el índice BMWP/Col en los dos puntos de monitoreo, relacionados con aguas de clase IV, (calidad crítica). Por otro lado, el índice de ASTP registró un valor de 5,00 (aguas moderadamente contaminadas) y 3,63 (aguas muy contaminadas) para el sistema léntico y lótico, respectivamente (Tabla 5-33).

Tabla 5-33 Índices BMW/Col y ASTP aplicado a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos


Puntaje BMWP/Col y ASTP		
Familia	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico
Glossiphoniidae	3	3
Chironomidae	2	2
Aeshnidae	6	-
Coenagrionidae	7	7
Hyaellidae	7	-
Hydrophilidae	-	3
Corixidae	-	*
Notonectidae	-	7
Physidae	-	3
Total BMWP/Col	25	25
Total ASTP/Col	5,00	3,63

*: No presenta puntaje de los índices

-: no se registra en el punto de monitoreo





Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

⁵⁷ ZAMORA, H. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 2007. No.19, p. 73-81.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 56

A continuación, en la Tabla 5-34, se presenta el registro fotográfico de algunas de las morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos observadas:

Tabla 5-34 Registro fotográfico de algunas de las morfoespecies observadas

		
Chironomidae morfo 1 (L)	Hyalella sp	Hydrophilidae morfo 1 (L)
		
Glossiphoniidae morfo 1	Aeshnidae morfo 1 (L)	Physa sp

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

- **Macrófitas acuáticas**

Las macrófitas o también llamadas plantas acuáticas son fundamentales para el mantenimiento y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y de los humedales asociados a ellos⁵⁸, ya que representan barreras naturales contra la erosión, retienen y filtran nutrientes, y son microhábitats de muchas especies de invertebrados y peces, sin embargo, a pesar de su valor ecológico la información sobre este grupo no es muy abundante. Así su estudio y reconocimiento resulta elemental dentro de estrategias de manejo y conservación de la biodiversidad en miras de la protección y resguardo de sus funciones ecológicas.

Desde el punto de vista de su utilización como indicador biológico, se consideran buenos referentes de la calidad del agua, y proporcionan un valor indicador a medio y largo plazo. 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 acuáticos entre otros. Pero no todas las macrófitas tienen el mismo valor indicador, por lo que se puede encontrar especies que indican características ecológicas del medio acuático muy

⁵⁸ MITSCH, W. J., y GOSSELINK, M. E. Ecosystem services of wetlands. 2015.

diferentes.

▪ Composición taxonómica y bioindicación

La comunidad de macrófitas en el punto de monitoreo HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico estuvo representada por cuatro (4) morfoespecies, las cuales se encuentran vinculadas a una (1) división, dos (2) clases, cuatro (4) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la Tabla 5-35.

Tabla 5-35 Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas reportadas en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Apiales	Araliaceae	<i>Hydrocotyle</i> sp
		Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
		Myrtales	Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp
	Polypodiopsida	Salviniales	Azollaceae	<i>Azolla</i> sp
1	2	4	4	4

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

En el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico, las macrófitas acuáticas estuvo representada por dos (2) morfoespecies, las cuales se encuentran vinculadas a una (1) división, igual número de clase, dos (2) órdenes e igual número de familias, cuya clasificación taxonómica se encuentra enlistada en la Tabla 5-36.

Tabla 5-36 Clasificación taxonómica de las morfoespecies de macrófitas acuáticas reportadas en el punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie
Tracheophyta	Magnoliopsida	Alismatales	Hydrocharitaceae	<i>Limnobium</i> sp
		Commelinales	Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>
1	1	2	2	2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

Para el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico la mayor cobertura se registró para la morfoespecie *Azolla* sp. con el 70,00%, en cuanto al punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico *Limnobium* sp. presentó el mayor valor de cobertura con 86,00%, es importante mencionar que el punto de mayor valor de cobertura la obtuvo el sistema lótico con 96,00% (Tabla 5-37).

Azolla pertenece a un género de la familia Azollaceae, helechos criptógamos que flotan libremente, se caracteriza por encontrarse en lugares húmedos y con poca luminosidad. *Azolla* realiza simbiosis con cianobacterias de la especie *Anabaena azollae*, la cual vive en las cavidades de las frondas del helecho, siendo capaz de usar su propia energía fotosintética para fijar el nitrógeno atmosférico y producir amonio, lo que es aprovechado por la *Azolla* para cubrir sus propios requerimientos de nitrógeno. Sin embargo, algunos factores ambientales tales como las condiciones del suelo y del agua, influyen de una forma

importante en el contenido de nutrientes de la *Azolla* ⁵⁹.

Limnobium es un género de planta acuática flotante, la cual posee un rango de distribución que abarca Centroamérica y Sudamérica, desde México central y Cuba hasta Buenos Aires en Argentina. La salinidad y la aireación juegan un papel importante en el crecimiento de las plantas. Se resalta en la literatura que, la salinidad y la aireación beneficia el crecimiento de las hojas y el buen funcionamiento radicular ya que favorece la respiración aerobia en las raíces y evita la acumulación de materiales o microorganismos que pueden ser dañino⁶⁰

Tabla 5-37 Porcentaje de cobertura de las morfoespecies de macrófitas reportadas en el área de estudio

Morfoespecie	Porcentaje de cobertura (%)	
	HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico	CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico
<i>Azolla</i> sp	70,00	-
<i>Eichhornia crassipes</i>	20,00	7,20
<i>Hydrocotyle</i> sp	1,60	-
<i>Ludwigia</i> sp	4,40	-
<i>Limnobium</i> sp	-	86,00
Total	96,00	93,20

-morfoespecie no registrada en el punto de monitoreo

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

La composición de las comunidades de macrófitas atiende en gran medida, al estado trófico de los cuerpos de agua. Deegan et al. (2012) indican que el incremento de los nutrientes en el agua ocasiona la pérdida de la riqueza y la abundancia de macrófitas sumergidos y el deterioro de los ecosistemas lacustres, ya que a pesar de la tolerancia que puedan presentar algunas especies a ciertos niveles de eutrofia el incremento de nutrientes en el agua, con el paso del tiempo, guarda una relación inversamente proporcional con la riqueza y abundancia de las especies, pues un incremento sustancial de nutrientes puede generar un cambio de fase a un espacio dominado por algas, empobreciendo la calidad del ecosistema⁶¹.

A continuación, en la Tabla 5-38, se presenta el registro fotográfico de las morfoespecies de macrófitas observada en el área de estudio:

⁵⁹ MADEIRA, P. T., et al. Identity and origins of introduced and native *Azolla* species in Florida. Aquatic Botany, 2013 vol. 9, No.15.

⁶⁰ TRONCOSO-GÓMEZ, A., & APONTE, H. Influence of Salinity and Aeration on the Growth of *Limnobium laevigatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine. *Ecología Aplicada*, 19(1), 2020

⁶¹ DEEGAN, L., et al. Coastal eutrophication as a driver of salt marsh loss. Nature, 2012. No.490, p. 388–392.


Tabla 5-38 Registro fotográfico de las morfoespecies registradas

	
<i>Azolla sp</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>
	
<i>Hydrocotyle sp</i>	<i>Ludwigia sp</i>
	
<i>Limnobium sp</i>	

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

- Ictiofauna**

La región Neotropical comprende una de las áreas biogeográficas más diversas del mundo en cuanto a fauna íctica, dentro de esta diversa región se encuentra Colombia que tiene el segundo lugar en número de especies de peces dulceacuícolas después de Brasil, en sus

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 60

grandes cuencas hidrográficas habitan cerca de 1494 especies de peces⁶² y muchas de éstas representan un importante recurso a nivel económico ya que son el sustento de poblaciones con bajos recursos del país. Por lo anterior, resulta preciso contemplar a la comunidad íctica dentro de las estrategias ambientales de conservación de sectores vulnerables a cualquier tipo de impacto ambiental.

Los peces pueden ser utilizados como indicadores de calidad, teniendo en cuenta que se alimentan de organismos pertenecientes a niveles inferiores en la cadena trófica, asimilando sustancias que pueden ser contaminantes importantes tanto para el sistema acuático como para el consumo, y su absorción puede ser de forma directa o indirecta, además representa ventajas como facilidad de captura, identificación taxonómica y la variedad de niveles tróficos que representan; sin embargo, su capacidad de migración en muchos casos no permite establecer rangos de calidad en un lugar particular, puesto que esta habilidad les permite moverse buscando condiciones más favorables para su establecimiento, incluyendo factores que representen beneficios para sus procesos biológicos, principalmente reproducción y alimentación⁶³.

Para el presente monitoreo, no se capturaron peces., lo cual puede estar relacionado con la baja concentración de oxígeno, para el monitoreo en el sistema léntico, el cual presentó una desviación con relación al límite mínimo permisible descrito en el decreto 1076 de 2015 de la normativa ambiental del país (4,0 mg/L). Dado que el oxígeno es un elemento clave en los procesos metabólicos de los peces e invertebrados, su disminución es uno de los factores de estrés más importante para los organismos acuáticos⁶⁴. La hipoxia ocurre en concentraciones de oxígeno menores a 4 mg/L y es causante de mortalidad, cambios en el comportamiento, reducción del crecimiento, disminución de la biomasa y composición de especies.

La mayoría de los peces toleran una concentración baja de oxígeno disuelto por cierto período de tiempo. Sin embargo, reducciones por debajo del porcentaje de saturación (55%) generan efectos negativos sobre la biodiversidad, el crecimiento y la reproducción para muchas especies⁶⁵. Adicional a esto, se debe tener en cuenta que, condiciones anóxicas generan un sinnúmero de eventos en la columna de agua, como el incremento de formas ferrosas tóxicas desde el fondo⁶⁶.


⁶² DONASCIMIENTO, C., HERRERA-COLLAZOS, E. E., HERRERA, G. A., ORTEGA-LARA, A., VILLA-NAVARRO, F. A., USMA-OVIEDO, J. S. & MALDONADO-OCAMPO, J. A. (2017). Checklist of freshwater fishes of Colombia: a Darwin core alternative to the updating problem. ZooKeys, 708 (25), 25-138. <https://doi.org/10.3897/zookeys.708.13897> 2017

⁶³ LASSO, C. A., A. Rial y V. González-B. (Editores). (2013). VII. Morichales y canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela. Parte I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 344 p.

⁶⁴ ELLIS, A. E. Stress and the modulation of defence mechanisms in fish. *En: Stress y Fish*. Pickering, A.D. Ed. Acad Press, London, 1981. p. 147-169.

⁶⁵ PEREZ-CASTILLO, A. G. y RODRIGUEZ, A. índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Rev. biol. Trop, 2008. vol.56, No.4, p.1905-1918.

⁶⁶ REID, K. G. y WOOD, D. R. Ecology of island water and estuarios. Van Nostrand Co.Nueva York, 1976. 485 p.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 61

Con respecto a lo anterior resulta difícil el establecimiento de comunidades ícticas ante estas condiciones, sin embargo, esto no quiere decir que los cuerpos de agua no cuenten con estos grupos biológicos, sino que en el momento del monitoreo las condiciones fisicoquímicas no fueron ideales para estos organismos.

- **Análisis de correlación con parámetros fisicoquímicos.**

En cuenta a los resultados obtenidos para los índices de contaminación de aguas y su relación con la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas, se pudo observar que, tanto para las comunidades de fitoplancton, como para las de zooplancton, perifiton, macroinvertebrados bentónicos y acuáticos, se obtuvieron las mismas relaciones con los ICAs, ya que los índices ICOSUS e ICOPH no presentaron ningún grado de contaminación en ambos puntos. Sin embargo, se presentó un grado medio de contaminación para ICOMO y un grado de contaminación alto para ICOMI e ICA. A su vez el índice ICOTRO arrojó un sistema de carácter eutrófico para ambos puntos de monitoreo (Tabla 5-39).

Estos resultados hallados en los índices reflejan que los sistemas presentan alta contaminación por mineralización, el cual es consistente con los niveles moderados e importantes de conductividad y condiciones neutras de los cuerpos de agua. Asimismo, el índice ICOMO arroja un aumento en la contaminación por materia orgánica, lo que puede estar relacionado con el incremento en la cantidad y el tipo de materia orgánica que está entrando en este ecosistema. Lo anterior se encuentra soportado por las puntuaciones obtenidos para los índices BMWP/Col y ASTP las cuales relacionaron que aguas de calidad dudosa a moderada a fuertemente contaminadas.

Finalmente, el índice ICOTRO arrojó un grado de contaminación de eutrofia para ambos puntos de monitoreo, indicando que estos cuerpos de agua están presentando altos contenidos de nutrientes y de producción vegetal, lo que puede estar acelerado por intervenciones antrópicas. Cabe mencionar que no se presentó una contaminación en el sistema por materia inorgánica, lo que puede estar señalando una baja concentración de sólidos suspendidos en ambos puntos de monitoreo.

A partir de lo anterior, se relacionan estas condiciones con lo hallado en las comunidades hidrobiológicas, ya que estos resultados arrojados por los índices son consistentes con la composición de las comunidades hidrobiológicas estudiadas, las cuales estuvieron dominadas por taxones tolerantes, generalista, de distribución cosmopolita y adaptados a condiciones de contaminación orgánica.

Tabla 5-39 Resultados de variables fisicoquímicas in situ y valor ICA

Punto de muestreo		HTG_02_Físico Químico_Hidrobiológico- Léntico	CG_01_Físico Químico_Hidrobiológico- Lótico
In situ	pH	7,35	7,55
	O₂	2,80	4,80
	Conduc.	980,00	301,50

ICA	eléctrica		
	T°	20,10	18,60
	ICOMO	0,502	0,573
	ICOMI	0,667	0,513
	ICOSUS	0,000	0,028
	ICOpH	0,0030	0,006
	ICOTRO	Eutrófico	Eutrófico

Grado de contaminación por colores, Azul: Ninguna, Amarillo: Medio, Naranja: Alto.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2023

5.2.2.5 Resultados del monitoreo de la ocupación de cauce del Drenaje Canal Guaymaral

Para la jornada de recolección de información de campo se plantearon dos puntos de muestreo, todos estos se describen y se presentan detalladamente, a continuación.


Tabla 5-40 Ubicación puntos de muestreo

Nombre del punto	Coordenadas		Fecha	Hora
	Este	Norte		
ASUP1Aa	4.884.644,14	2.088.129,08	31/10/2023	13:11
ASUP2Aarr	4.884.444,82	2.088.141,69	31/10/2023	11:55

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

Aguas abajo: El punto de muestreo se ubica cerca de la Autopista Norte, por un lado, hay un amplio potrero con una cancha de futbol y por el otro se encuentran las pesebreras y corrales del restaurante Mi Margarita, característicamente se observa con poca agua teniendo una lámina de agua de 2 cm de profundidad, es muy lodoso con muchas hierbas y materia orgánica en descomposición. El agua presenta una película grasa y un fuerte olor putrefacto. El perifiton fue tomado de troncos presentes en el lecho del arroyo, no se observó macrófitas. No fue posible tomar muestras de plancton e ictiológicas ya que la profundidad del agua no superaba los dos centímetros, la toma de macroinvertebrados se realizó con red surber. Estas aguas se muestran de un color marrón, presentan iridiscencia (Fotografía 1).

Aguas arriba: El punto de muestreo se ubica cerca de las instalaciones de un colegio, por un lado, hay un amplio potrero con una cancha de futbol y por el otro se encuentran las pesebreras y corrales del restaurante Mi Margarita, Característicamente se observa el agua posada sin movimiento y muy lodoso con muchas hierbas y materia orgánica en descomposición. El agua presenta una película grasa y un fuerte olor putrefacto. El perifiton fue tomado de troncos presentes en el lecho del arroyo, no se observó macrófitas. No fue posible tomar muestras de placton e ictiológicas ya que la profundidad del agua no lo permitía, la toma de macroinvertebrados se realizó con red surber. Estas aguas se muestran de un color marrón-rojizo, presentan iridiscencia (Fotografía 2).

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 63

Fotografía 5-22 ASUP1Aa aguas abajo



Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

Fotografía 5-23 ASUP2Aarr aguas arriba



Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

5.2.2.5.1 Campaña 1 y 2


• Macroinvertebrados

Se consideran como macroinvertebrados a todos los animales invertebrados que tienen un tamaño superior a 500 μ . Constituyen el grupo dominante en los ríos, aunque también se encuentran en la zona litoral y el fondo de lagos y lagunas. Los macroinvertebrados que habitan en los ecosistemas fluviales están ampliamente representados por diferentes familias de moluscos y larvas de insectos, aunque dependiendo del tipo de río también pueden ser comunes los crustáceos, oligoquetos, anélidos, nematodos e hirudíneos.

▪ Composición taxonómica y bioindicación

En el primer muestreo en los dos puntos de toma de muestra se colectaron 662,95 organismos, los cuales pertenecen a tres phylum (Arthropoda, Annelida y Mollusca), tres clases (Insecta, Clitellata y Gastropoda), tres órdenes, cuatro familias y cinco morfoespecies. Los órdenes que se destacaron por la cantidad de organismos fueron Tubificida (96,09 %), Diptera (3,35 %) y Basommatophora (0,56 %).

En el segundo muestreo disminuyó a 332 invertebrados acuáticos, los cuales pertenecen a tres phylum (Arthropoda, Annelida y Mollusca), cuatro clases (Insecta, Ostracoda, Oligochaeta y Gastropoda), siete órdenes, 12 familias y 14 géneros. Los órdenes que se

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 64

destacaron por la cantidad de organismos fueron Basommatophora (35,84 %), Collembola (22,29 %), Tubificida (18,98 %) y Diptera (18,37 %).

Tabla 5-41 Estructura de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos primer muestreo

Familia		ASUP1Aa Aguas abajo		ASUP2Aa Aguas arriba	
		A.A	A.R	A.A	A.R
Naididae	Mf1 familia Naididae	633,33	98,84	3,7	16,66
Planorbidae	Mf1 familia Planorbidae			3,7	16,66
Ephydriidae	Mf1 familia Ephydriidae			3,7	16,66
Chironomidae	Mf1 subfamilia Chironominae	7,41	1,16	7,41	33,36
Chironomidae	Mf1 subfamilia Orthoclaadiinae			3,7	16,66
Total		640,74	100	22,21	100

Convenciones: A.A: Abundancia absoluta, A.R: Abundancia relativa

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

Tabla 5-42 Estructura de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos segundo muestreo


Familia	Morfoespecie	Aguas abajo		Aguas arriba	
		A.A	A.R	A.A	A.R
Naididae	Morfoespecie 1	7	5,22	56	28,28
Lumbriculidae	Morfoespecie 1			7	3,54
Physidae	<i>Physa sp</i>	100	74,63		
Planorbidae	<i>Drepanotrema sp</i>	19	14,18		
Thiaridae	<i>Melanoides sp</i>	4	2,99		
Collembola	Morfoespecie 1			74	37,37
Muscidae	<i>Lispe sp</i>	4	2,99		
Chironomidae	Chironominae			4	2,02
Ephydriidae	Morfoespecie 1			4	2,02
Psychodidae	<i>Pericoma sp</i>			15	7,58
Psychodidae	Morfoespecie 1			26	13,13
Tabanidae	<i>Chrysops sp</i>			4	2,02
Tabanidae	Morfoespecie 1			4	2,02
Cyprinidae	<i>Chlamydotheca sp</i>			4	2,02
Total		134	100	198	100

Convenciones: A.A: Abundancia absoluta, A.R: Abundancia relativa

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

– Aguas abajo

En el primer muestreo en este punto de toma de muestra se colectaron 640,74 organismos/m², los cuales se distribuyen en dos phylum (Annelida y Arthropoda), dos clases

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 65

(Clitellata e Insecta), dos órdenes, dos familias y dos morfoespecies. Los órdenes presentes fueron Tubificida (98,84 %) y Diptera (0,16 %). De igual manera las morfoespecies presentes fueron la morfoespecie 1 de la familia Naididae (98,84 %) y la morfoespecie 1 de la subfamilia Chironominae (Ver Tabla 5-41).

En el segundo muestreo disminuyó a 138 invertebrados/m², los cuales pertenecen a tres phylum (Arthropoda, Annelida y Mollusca), tres clases (Insecta, Oligochaeta y Gastropoda), cuatro órdenes, cinco familias y cinco morfoespecies. Los órdenes que se destacaron por su abundancia fueron Basommatophora (88,81 %), Tubificida (5,22 %), Neotaenioglossa (2,99%) y Diptera (2,99 %). De igual manera las morfoespecies que se destacaron por su abundancia fueron *Physa* sp. (74,63 %), *Drepanotrema* sp. (14,18 %), Naididae Morfoespecie 1 (5,22 %), *Melanoides* sp. (2,99 %) y *Lispe* sp (2,99 %) (Ver Tabla 5-42).

Fotografía 5-24 morfoespecie 1 de la familia Naididae



Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

Fotografía 5-25 Morfoespecie 1 de la subfamilia chironominae




Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

– Aguas arriba

En el primer muestreo disminuyó la cantidad de organismos bentónicos con 22,21/m², los cuales pertenecen a tres phylum (Arthropoda, Annelida y Mollusca), tres clases (Insecta, Clitellata y Gastropoda), tres órdenes, cuatro familias y cinco morfoespecies, los órdenes que se destacaron por la cantidad de organismos fueron Diptera (66,68 %), Tubificida (16,66 %) y Basommatophora (16,66 %). De igual manera, las morfoespecies que se destacaron por la cantidad de organismos fueron la morfoespecie 1 de la subfamilia Chironominae (33,36 %) y con una abundancia relativa del 16,66 % cada una la morfoespecie 1 de la familia Naididae, la morfoespecie 1 de la familia Biomphalaria, la morfoespecie 1 de la familia Ephydriidae, la morfoespecie 1 de subfamilia Chironominae y la morfoespecie 1 de la subfamilia Orthocladinae.

En el segundo muestreo aumentó a 198 invertebrados/m², los cuales se distribuyen en dos phylum (Arthropoda y Annelida), tres clases (Insecta, Ostracoda y Oligochaeta), cinco órdenes, ocho familias y diez morfoespecies. Los órdenes que se destacaron por su abundancia fueron Collembola (37,37 %), Diptera (28,79 %), Tubificida (28,28 %), Lumbriculida (3,54 %) y Podocopida (2,02 %). De igual manera se destacaron por la cantidad de organismos la morfoespecie 1 del orden Collembola (37,37 %), la morfoespecie

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 66

1 de la familia Naididae (28,28 %), la morfoespecie 1 de la familia Psychodidae (13,13 %).

Fotografía 5-26 Morfoespecie 1 de la familia biomphalaria



Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

Fotografía 5-27 Morfoespecie 1 de la familia ephyridae



Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

Como se puede observar en los resultados de los dos muestreos, se presentaron cambios tanto en las abundancias como en la composición y estructura de la comunidad de los invertebrados acuáticos debido al efecto de las épocas climáticas en donde se realizaron los dos monitoreos.

Las fluctuaciones en la abundancia de macroinvertebrados acuáticos entre los periodos del año son probablemente parte del dinamismo de la comunidad o bien consecuencia de los disturbios, por lo que se espera que existan variaciones temporales en la misma⁶⁷. A pesar de los cambios que se dan entre los periodos del año, la comunidad puede ser resiliente en el sentido de que, la configuración original se restablece rápidamente después de las perturbaciones climatológicas e hidrológicas⁶⁸.

⁶⁷ MCCORD, S., & KUHL, B. (2013). Macroinvertebrate community structure and its seasonal variation in the Upper Mississippi River, USA: a case study. *Journal of Freshwater Ecology*, 28(1), 63-78.

⁶⁸ MESA, L. (2012). Interannual and seasonal variability of macroinvertebrates in monsoonal climate streams. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(3), 403-410.

■ **Índices biológicos**

En el primer muestreo, respecto al índice de diversidad de Shannon, el punto aguas abajo presentó el menor valor con 0,06307 y aguas arriba 1,561 (Ver Tabla 5-43), Este índice se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies, lo cual quiere decir, que los dos puntos de toma de muestra presentan una diversidad baja, lo cual se debe posiblemente al tipo de sustrato, que es fangoso, lo cual disminuye la posibilidad de adherencia de este grupo de invertebrados.

Tabla 5-43 Índices ecológicos de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos primer muestreo

Índice ecológico	ASUP1Aa Aguas abajo	ASUP2Aar Aguas arriba
Shannon_H	0,06307	1,561
Dominance_D (Simpson)	0,9771	0,2223
Equitability_J (Pielou)	0,091	0,9696

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

En el segundo muestreo el índice de diversidad de Shannon presentó un valor de 0,9 aguas abajo y 1,7 aguas arriba, lo cual muestra una diversidad baja (Ver Tabla 5-44).

Tabla 5-44 Índices ecológicos de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos segundo muestreo


Índice ecológico	ASUP1Aa Aguas abajo	ASUP2Aar Aguas arriba
Shannon_H	0,9	1,7
Dominance_D (Simpson)	0,6	0,2
Equitability_J (Pielou)	0,5	0,7

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2023

En el primer muestreo, según el índice Dominancia de Simpson, se presentaron valores de 0,9771 para aguas abajo y 0,2223 para aguas arriba, este índice muestra si hay dominancia de especies en un hábitat determinado, mientras el valor se acerque más a 1 quiere decir que hay algunas especies dominantes que es lo que se observa aguas abajo donde la dominancia de la Mf1 familia Naididae tiene una abundancia relativa del 98,84 %, ver Tabla 5-43.

En el segundo muestreo, el punto aguas abajo presentó el mayor valor con 0,6 y aguas arriba presentó un valor de 0,2. Aguas abajo presentó una dominancia de la morfoespecie *Physa sp* con el 74,63 %, ver Tabla 5-44.

En el primer muestreo, según el índice de equitatividad de Pielou se presentaron valores

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 68

de 0,091 para aguas abajo y 0,9696 aguas arriba. En el segundo muestreo este índice presentó el mayor valor aguas arriba con 0,7 y aguas abajo con 0,5. Este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua es importante debido a que reflejan la historia del ecosistema en que se encuentran, mientras que el análisis químico indica las condiciones del cuerpo de agua en el momento en que fue tomada la muestra (Mathias 1983).

En el primer muestreo en el cuerpo de agua ASUP1Aa Aguas abajo se encontraron dos morfoespecies, la Mf1 familia Naididae, la familia Naididae se encuentra en aguas eutrofizadas, sobre fondos fangosos y con abundante cantidad de detritus y es típico de aguas altamente contaminadas (Roldán 2003). La morfoespecie Mf1 subfamilia Chironominae se encontró en menor proporción, la familia Chironomidae se encuentra en aguas lólicas y lénticas, en fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición, aguas mesoeutróficas y en aguas muy contaminadas⁶⁹.

En el primer muestreo en el punto ASUP2Aar Aguas arriba se encontró las morfoespecies Mf1 familia Naididae, Mf1 subfamilia Chironominae al igual que en el punto aguas abajo con las mismas características de hábitat y bioindicación. También se encontró las morfoespecies Mf1 subfamilia Orthocladiinae y Mf1 familia Ephydriidae típicas de aguas muy contaminadas⁷⁰.

En el segundo muestreo según la dominancia de la morfoespecie *Physa sp* en el punto aguas abajo y la dominancia de la morfoespecie 1 de la familia Naididae en el punto aguas arriba sugieren que son aguas ricas en materia orgánica (Roldán 1987, Roldán 2003, Pinilla 1998).

• Perifíton

El perifíton es un componente fundamental de las comunidades bióticas acuáticas pues juega un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información a través de las cadenas tróficas. Esta compleja comunidad está compuesta por algas, bacterias y hongos que se encuentran adheridos a un sustrato orgánico o inorgánico, vivo o muerto, su estudio es importante pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos como la contaminación que puedan estar afectando los ecosistemas (Montoya & Aguirre, 2013; R. Wetzel, 1983).

⁶⁹ ROLDÁN, G. 2003. La bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP Col. Editorial Universidad del Antioquia, Medellín. 170p.

⁷⁰ Ibid.

▪ Composición taxonómica y bioindicación

En el primer muestreo se colectaron 41,9 células, las cuales pertenecen al phylum Bacillariophyta, la clase Bacillariophyceae, dos órdenes, cuatro familias, tres géneros y cuatro morfoespecies.

En el segundo muestreo aumentó a 2026,1 células, las cuales pertenecen a dos divisiones (Ochrophyta y Chlorophyta), dos clases (Bacillariophyceae y Chlorophyceae), cuatro órdenes, cinco familias y siete morfoespecies. Las clases que se destacaron por abundancia de células fue Bacillariophyceae (91,35 %) y Chlorophyceae (8,65 %).

Tabla 5-45 Estructura de la comunidad del perifiton primer muestreo

Morfoespecie	ASUP1Aa - Aguas abajo		ASUP2Aarr - Aguas arriba	
	A.A	A.R	A.A	A.R
<i>Navicula sp</i>	5,8	100	1,4	3,88
<i>Pinnularia sp1</i>			11,6	32,13
<i>Pinnularia sp2</i>			20,2	55,96
<i>Hantzschia sp1</i>			2,9	8,03
Total	5,8	100	36,1	100,00

Convenciones: A.A: Abundancia absoluta, A.R: Abundancia relativa

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

Tabla 5-46 Estructura de la comunidad del perifiton segundo muestreo


Morfoespecie	Aguas abajo		Aguas arriba	
	A.A	A.R	A.A	A.R
<i>Nitzschia sp1</i>	281,8	15,96		
<i>Nitzschia sp2</i>	37,6	2,13	80,0	30,77
<i>Hantzschia sp</i>			60,0	23,08
<i>Gomphonema sp</i>	131,5	7,45		
<i>Navicula sp</i>	920,6	52,13	20,0	7,69
<i>Pinnularia sp</i>	319,4	18,09		
<i>Monoraphidium sp</i>	75,2	4,26	100,0	38,46
Total	1766,1	100	260,0	100

Convenciones: A.A: Abundancia absoluta, A.R: Abundancia relativa

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

– Aguas abajo

En el primer muestreo se colectaron 5,8 células/cm², las cuales pertenecen al phylum Bacillariophyta, la clase Bacillariophyceae, el orden Naviculales, la familia Naviculaceae, el género *Navicula* y la morfoespecie *Navicula sp* (Ver Tabla 5-45). En el anexo 2 se observa el aspecto taxonómico de la comunidad del perifiton.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 70

En el segundo muestreo aumentó a 1766,1 cél/cm², las cuales pertenecen a dos divisiones (Ochrophyta y Chlorophyta), dos clases (Bacillariophyceae y Chlorophyceae), cuatro órdenes, cinco familias y seis morfoespecies. Las clases presentes fueron Bacillariophyceae (95,74 %) y Chlorophyceae (4,26 %), de igual manera las morfoespecies que se destacaron por la cantidad de células fueron *Navicula* sp (52,13 %), *Pinnularia* sp (18,09 %), *Nitzschia* sp1 (15,96%), *Gomphonema* sp (7,45 %) y *Monoraphidium* sp (4,26 %) (Ver Tabla 5-46).

– Aguas arriba

En el primer muestreo se colectaron 36,1 células/cm², las cuales se distribuyen en phylum Bacillariophyta, la clase Bacillariophyceae, dos órdenes, cuatro familias, tres géneros y cuatro morfoespecies. Las morfoespecies que se destacaron por la cantidad de células fueron *Pinnularia* sp2 (55,96 %) (Fotografía 8), seguido por *Pinnularia* sp1 (32,13 %) (Fotografía 9), *Hantzschia* sp1 (8,03 %) (Fotografía 10) y *Navicula* sp (3,88 %), ver Tabla 5-45 y Tabla 5-46.

En el segundo muestreo aumentó a 260 cél/cm², las cuales se distribuyen en dos divisiones (Ochrophyta y Chlorophyta), dos clases (Bacillariophyceae y Chlorophyceae), tres familias y cuatro morfoespecies. Las clases presentes fueron Bacillariophyceae (61,54 %) y Chlorophyceae (38,46 %), de igual manera las morfoespecies que se destacaron por la cantidad de células fueron *Monoraphidium* sp (38,46 %), *Nitzschia* sp2 (30,77 %), *Hantzschia* sp (23,08 %) y *Navicula* sp (7,60 %).

Fotografía 5-28 *Navicula* sp




Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

Fotografía 5-29 *Pinnularia* sp2



Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

Como se puede observar en el primer muestreo en los dos cuerpos de agua la diversidad y abundancia fue muy baja, lo cual se debe a la época climática de lluvias y a que hay muy poco sustrato para la adherencia de estas algas perifíticas, en donde domina el sustrato fangoso. Como se puede observar en los resultados de los dos muestreos se observó cambios en las abundancias, composición y estructura, los cuáles se ven afectados por las

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 71

épocas climáticas durante el año⁷¹.

La alternancia de los periodos de lluvia y sequia con el consecuente cambio del caudal de los cuerpos de agua ocasionan diferentes efectos sobre la comunidad del perifíton, lo cual se refleja en la estructura y organización de la comunidad⁷².

Fotografía 5-30 *Pinnularia* sp1



Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

Fotografía 5-31 *Hantzschia* sp1



Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

Es importante en el uso de bioindicadores tener en cuenta que actualmente no se ha encontrado un grupo que pueda considerarse como indicador universal, debido a que todos los ambientes son distintos, incluso dentro de un mismo ecosistema, y en muchos casos se podrán encontrar organismos indicadores que serán específicos de algún tipo de evento. Igualmente, debido a que el conocimiento en el campo de la evaluación del estado de los ecosistemas aún es escaso, no existe una fórmula general para determinar el estado de un ecosistema⁷³.

En el primer muestreo en el punto ASUP1Aa aguas abajo solo se encontró *Navicula* sp, el género *Navicula* se reporta como resistente a pesticidas, en cuerpos de agua con turbulencia, sedimentos y conductividad alta⁷⁴.

En el primer muestreo en el punto de ASUP2Aarr Aguas arriba se presentó la dominancia de la morfoespecie *Pinnularia* sp2, seguido de *Pinnularia* sp1, *Hantzschia* sp1 y *Navicula* sp. Los géneros *Pinnularia* y *Hantzschia* están asociados a cargas elevadas de materia

⁷¹ MORENO, M. 1978. Estudio de la composición y desarrollo de la macrofauna adherente, sobre sustratos artificiales en la bahía de Cartagena. Tesis Biología Marina. Univ. Jorge Tadeo Lozano. 43 p.

⁷² LIKENS, G. 1999. Afterword: reflections and needs. En Arid lands management. Toward ecological sustainability, pp. 269 – 272, University of Illinois Press & International Arid Lands Consortium, Urbana y Chicago, USA.

⁷³ JORGENSEN, S; CONSTANZA, R; XU, F 2005. Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. CRC Press.

⁷⁴ PINILLA, G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales en Colombia, compilación bibliográfica. Centro de Investigaciones Científicas. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.

orgánica y de nutrientes en el agua⁷⁵.

En el segundo muestreo las dominancias de las morfoespecies *Nitzschia sp1*, *Nitzschia sp2*, *Pinnularia sp1*, *Hantzschia sp1* y *Navicula sp.* al igual que en el primer muestreo estas células perifíticas estarían mostrando aportes elevados de materia orgánica y nutrientes.

▪ Índices biológicos

En el primer muestreo, respecto al índice de diversidad de Shannon, el punto aguas abajo presentó el menor valor con 0 y aguas arriba 1,018 (Ver Tabla 5-47), En el segundo muestreo se presentó un valor de 1,4 para aguas abajo y de 1,3 aguas arriba (Ver Tabla 5-48). Este índice se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies, lo cual quiere decir, que los dos puntos de toma de muestra presentan una diversidad baja, lo que se debe posiblemente al tipo de sustrato, que es fangoso, lo cual disminuye la posibilidad de adherencia de este grupo de organismos.

Tabla 5-47 Índices ecológicos de la comunidad del perifíton primer muestreo

Índice ecológico	ASUP1Aa Aguas abajo	ASUP2Aar Aguas arriba
Shannon_H	0	1,018
Dominance_D (Simpson)	1	0,4243
Equitability_J (Pielou)	0	0,7345

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024


En el primer muestreo, según el índice Dominancia de Simpson, se presentaron valores de 1 para aguas abajo y 0,4243 para aguas arriba, este índice muestra si hay dominancia de especies en un hábitat determinado, mientras el valor se acerque más a 1 quiere decir que hay algunas especies dominantes que es lo que se observa aguas abajo donde solo se presentó *Navicula sp.* En el segundo muestreo se presentó un valor de 0,7 aguas abajo y 0,3 aguas arriba, aguas abajo se presentó una dominancia de la morfoespecie *Navicula sp* con el 52,13 % (Ver Tabla 5-47 y Tabla 5-48).

Tabla 5-48 Índices ecológicos de la comunidad del perifíton segundo muestreo

Índice ecológico	ASUP1Aa Aguas abajo	ASUP2Aar Aguas arriba
Shannon_H	1,4	1,3
Dominance_D (Simpson)	0,7	0,3
Equitability_J (Pielou)	0,8	0,9

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

⁷⁵ SARMIENTO, M. 2017. Microalgas como indicadores biológicos del estado trófico de las ciénagas de Malambo y Santo Tomás, en el departamento del Atlántico. Tesis de grado Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Maestría en Ciencias Ambientales.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 5.2
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 73

Para el primer muestreo, según el índice de equitatividad de Pielou se presentaron valores de 0 para aguas abajo y 0,7345 aguas arriba. En el segundo muestreo presentó un valor de 0,8 para aguas abajo y de 0,9 para aguas arriba. Este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 0,1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

• Fitoplancton

El fitoplancton constituye el conjunto de microorganismos fotosintéticos adaptados a vivir parcial o continuamente en la columna de agua, que utilizan la radiación solar como fuente de energía para la síntesis de materia orgánica (fotoautotróficos), y que están habilitados para desarrollar todo su ciclo vital suspendidos en las aguas abiertas de los sistemas lénticos (Reynolds, 2006. Tomado de Pulido 2015).

▪ Composición taxonómica y bioindicación


En el primer muestreo la toma de muestra de fitoplancton no se pudo realizar debido a la poca profundidad de los dos puntos de toma de muestra alrededor de 2 cm, ya que la técnica de muestreo es por arrastre de red de plancton, al realizarse se crea una interferencia con el fondo del cuerpo de agua y se toman organismos asociadas al sustrato de cuerpo de agua.

En el segundo muestreo de los dos puntos se colectaron 51,143 células, las cuales pertenecen a cuatro divisiones (Cryptophycophyta, Ochrophyta, Euglenophycota y Chlorophyta), cuatro clases (Cryptophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae y Chlorophyceae), siete órdenes, siete familias y nueve morfoespecies. Las clases que se destacaron por cantidad de células fueron Cryptophyceae (77,94 %), Euglenophyceae (13,97 %), Bacillariophyceae (7,35 %). En el anexo 3 se observa el aspecto taxonómico de la comunidad del fitoplancton.

Tabla 5-49 Estructura de la comunidad del fitoplancton segundo muestreo

Morfoespecie	Aguas abajo		Aguas arriba	
	A.A	A.R	A.A	A.R
<i>Cryptomonas sp</i>	39,110	80,00	0,752	33,33
<i>Achnanthes sp</i>	1,128	2,31		
<i>Nitzschia sp2</i>	0,752	1,54	0,376	16,67
<i>Hantzschia sp</i>		0,00	0,376	16,67
<i>Navicula sp</i>	0,752	1,54		
<i>Encyonema sp</i>		0,00	0,376	16,67
<i>Lepocinclis sp</i>	0,376	0,77		
<i>Phacus sp</i>	6,769	13,85		
<i>Monoraphidium sp</i>			0,376	16,67
Total	48,887	100	2,256	100

Convenciones: A.A: Abundancia absoluta, A.R: Abundancia relativa

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 74

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

– Aguas abajo

En el segundo muestreo se colectaron 48,887 cel/ml las cuales pertenecen a tres divisiones (Cryptophycophyta, Ochrophyta y Euglenophycota), tres clases (Cryptophyceae, Bacillariophyceae y Euglenophyceae), cinco órdenes, cinco familias y seis morfoespecies. Las clases que se destacaron por la cantidad de células fueron Cryptophyceae (80,00 %), Euglenophyceae (14,62 %) y Bacillariophyceae (5,38 %), de igual manera las morfoespecies que se destacaron por la cantidad de células fueron *Cryptomonas sp* (80,00 %), *Phacus sp* (13,85 %) (Ver Tabla 5-49).

– Aguas arriba

En el segundo muestreo se colectaron 2,256 cel/ml, las cuales se distribuyen en tres divisiones (Cryptophycophyta, Ochrophyta y Chlorophyta), tres clases (Cryptophyceae, Bacillariophyceae y Chlorophyceae), cuatro órdenes, cuatro familias y cinco morfoespecies. Las clases presentes fueron Bacillariophyceae (50,00 %), Cryptophyceae (33,33 %) y Chlorophyceae (16,67 %), de igual manera las morfoespecies que se destacaron por la cantidad de células fueron *Cryptomonas sp* (33,33 %), *Nitzschia sp2* (16,67 %), *Hantzschia sp* (16,67 %), *Encyonema sp* (16,67 %) y *Monoraphidium sp* (16,67 %) (Ver Tabla 5-49).

En el segundo muestreo las células fitoplanctónicas están evidenciando que los dos puntos de muestreo presentan alta aporte de materia orgánica como son las morfoespecies *Cryptomonas sp* (Escobar 2020), *Lepocinclis sp* (Pinilla 1998), *Phacus sp* (Pinilla 1998).

▪ Índices ecológicos


Respecto al índice de diversidad de Shannon, el punto aguas abajo presentó el menor valor con 0,7 y aguas arriba 1,6 (Ver Tabla 5-50). Este índice se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies, lo cual quiere decir, que los dos puntos de toma de muestra presentan una diversidad baja.

Tabla 5-50 Índices ecológicos de la comunidad del fitoplancton segundo muestreo

Índice ecológico	ASUP1Aa Aguas abajo	ASUP2Aar Aguas arriba
Shannon_H	0,7	1,6
Dominance_D (Simpson)	0,7	0,2
Equitability_J (Pielou)	0,4	1,0

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

Según el índice Dominancia de Simpson, se presentaron valores de 0,7 para aguas abajo y 0,2 para aguas arriba, este índice muestra si hay dominancia de especies en un hábitat determinado, mientras el valor se acerque más a 1 quiere decir que hay algunas especies

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 75

dominantes que es lo que se observa aguas abajo donde se presentó dominancia de *Cryptomonas sp* con el 80 %.

Según el índice de equitatividad de Pielou se presentaron valores de 0,4 para aguas abajo y 1,0 aguas arriba. Este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 0,1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

• **Zooplancton**

El zooplancton está conformado por todos los organismos microscópicos de origen animal que flotan libres en el agua, principalmente los protozoos, rotíferos y micro crustáceos (cladóceros y copépodos). La riqueza de especies del zooplancton, al igual que su densidad en los ecosistemas es menor en comparación con el fitoplancton. Según Margalef (1983), la baja diversidad de animales en las aguas continentales se debe, quizá a lo efímero de estos ecosistemas⁷⁶.

▪ **Composición taxonómica y bioindicación**

En el primer muestreo tampoco se pudo tomar la muestra del zooplancton por las mismas razones del fitoplancton.

En el segundo muestreo de los dos puntos se colectaron 2,906 individuos/ml, los cuales pertenecen a dos phylum (Ciliophora y Protozoa), dos clases, dos órdenes, cuatro familias y cinco morfoespecies. Lo phylum que se destacaron fueron Ciliophora (92,50 %) y Protozoa (7,50 %).

Tabla 5-51 Estructura de la comunidad del zooplancton segundo muestreo

Phylum	Morfoespecie	Aguas abajo		Aguas arriba	
		A.A	A.R	A.A	A.R
Ciliophora	Morfoespecie 1	2,110	85,29	0,072	16,67
Ciliophora	Morfoespecie 2	0,218	8,81	0,288	66,67
Protozoa	<i>Arcella sp</i>	0,073	2,95		
Protozoa	<i>Centropyxis constricta</i>			0,072	16,67
Protozoa	<i>Diffugia sp</i>	0,073	2,95		
Total		2,474	100,0	0,432	100


Convenciones: A.A: Abundancia absoluta, A.R: Abundancia relativa

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

– **Aguas abajo**

En el segundo muestreo se colectaron 2,474 individuos/ml, los cuales se distribuyen en dos phylum (Ciliophora y Protozoa), dos clases, dos órdenes, tres familias y cuatro

⁷⁶ ROLDÁN, G. & RAMÍREZ, J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. ISBN, 978-958-714-144-3. Pág. 79- 80.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 76

morfoespecies. Los phylum que se destacaron fueron Ciliophora (94,10 %) y Protozoa (5,90 %). De igual manera las morfoespecies que se destacaron por la cantidad de individuos fueron la morfoespecie 1 del phylum Ciliophora (85,29 %), la morfoespecie 2 del phylum Ciliophora (8,81 %), *Arcella sp* (2,95 %) y *Diffugia sp* (2,95 %) (Ver Tabla 5-51).

– Aguas arriba

En el segundo muestreo se colectaron 0,432 individuos/ml, los cuales pertenecen a dos phylum (Ciliophora y Protozoa), dos clases, dos órdenes, dos familias y tres morfoespecies. Los phylum que se destacaron fueron Ciliophora (83,33 %) y Protozoa (16,87 %). De igual manera las morfoespecies que se destacaron por la cantidad de individuos fueron la morfoespecie 2 del phylum Ciliophora (66,67 %), la morfoespecie 1 del phylum Ciliophora (16,67 %) y *Centropyxis constricta* (16,67 %) (Ver Tabla 5-51).

En los cuerpos de agua evaluados se presentó poca diversidad y poca abundancia de los organismos zooplanctónicos. Los géneros encontrados son cosmopolitas de aguas dulces, además con amplios rangos de tolerancia a condiciones de estrés sea por disponibilidad de nutrientes como oxígeno, algas o a soportar cargas de materia orgánica en el sistema.

En el segundo muestreo solo se presentaron protozoos, estos toleran bajas concentraciones de oxígeno e incluso anoxia, por lo que pueden vivir en aguas contaminadas y ricas en materia orgánica⁷⁷.

Estos organismos estarían relacionados con ambientes con baja velocidad de corriente hasta aguas estancadas, en donde ocurren procesos de nitrificación y acumulación de materiales (Streble y Krauter, 1987). Los protozoos se relacionan con ambientes con presencia de materiales orgánicos en sus aguas⁷⁸.

▪ Índices biológicos

Respecto al índice de diversidad de Shannon, el punto aguas abajo presentó el menor valor con 0,6 y aguas arriba 0,9 (Ver Tabla 5-52). Este índice se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies, lo cual quiere decir, que los dos puntos de toma de muestra presentan una diversidad baja.

⁷⁷ ROLDÁN, G. & RAMÍREZ, J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. ISBN, 978-958-714-144-3. Pág. 79- 80.

⁷⁸ PINILLA, G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales en Colombia, compilación bibliográfica. Centro de Investigaciones Científicas. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.

Tabla 5-52 Índices ecológicos de la comunidad del zooplancton segundo muestreo

Índice ecológico	ASUP1Aa Aguas abajo	ASUP2Aar Aguas arriba
Shannon_H	0,6	0,9
Dominance_D (Simpson)	0,7	0,5
Equitability_J (Pielou)	0,4	0,8

Fuente: CPA INGENIERIA SAS, 2024

Según el índice Dominancia de Simpson, se presentaron valores de 0,7 para aguas abajo y 0,5 para aguas arriba, este índice muestra si hay dominancia de especies en un hábitat determinado, mientras el valor se acerque más a 1 quiere decir que hay algunas especies dominantes que es lo que se observa aguas abajo donde hay dominancia de la morfoespecie 1 del phylum Ciliophora.


Según el índice de equitatividad de Pielou se presentaron valores de 0,4 para aguas abajo y 0,8 aguas arriba. Este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 0,1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

• **Peces**

Los peces han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países desde hace tiempo. Los peces son el grupo más diverso entre los vertebrados (Nelson 1994), sin embargo, muchas especies de agua dulce se encuentran amenazadas por las actividades humanas (Duncan y Lockwood 2001). Las comunidades de peces son consideradas como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad preservar la calidad de ríos y lagos (Cowx y Collares Pereira 2002).

Por ello su caracterización resulta muy importante porque éstas son reconocidas como una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental (Angermeier y Schlosser 1995, Boulton 1999) y como índices de la calidad del medio acuático en el mundo et al. 1986, SotoGalera et al.1998, Kestemont et al. 2000, McDowall y Taylor 2000, Oberdorff et al. 2002), capaces de indicar diversos niveles de degradación (Fauch et al. 1990, Scott y Hall 1997, Wichert y Rapport 1998) y de definir el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos (Paller et al. 2000).

No se evidenció la presencia de peces en ninguno de los dos puntos de toma de muestra, lo cual se debe posiblemente a condiciones propias del sistema, como características geológicas (contenido de minerales y nutrientes en los suelos, sólidos, erosión), tasa de renovación del agua (velocidad y caudal) y características morfométricas (forma, relación área superficial: profundidad) (Ramírez y Viña, 1998). Además de condiciones biológicas (comportamientos y reproducción de especies), la época del año (época de lluvia) y factores de origen antropogénico que de una o de otra forma modifican o varían las condiciones naturales de un ecosistema.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 78

• Macrofitas

Las comunidades de macrófitos se han utilizado pocas veces como indicadores de calidad, y la mayoría de ellas en otros ecosistemas acuáticos diferentes a los ríos. Así, Linton & Goulder (2000) y Goulder (2000), utilizaron a los macrófitos acuáticos (incluyendo las formas helófitas) para elaborar un índice de conservación botánico (Botanical Conservation Index) en pozas y charcas ganaderas de Inglaterra, a la par que Amorós et al. (2000) lo hicieron para humedales ribereños.

En ninguno de los puntos de toma de muestra se evidenció la presencia de macrófitas acuáticas. La densidad de población de macrófitas acuáticas están en relación con el área litoral, condiciones topográficas del terreno, velocidad de la corriente y nivel de trofía de las aguas; generalmente estos organismos se encuentran en aguas de escasa corriente y con altos contenidos de nutrientes.


La ausencia de macrófitas se debe posiblemente a características relacionadas con la geomorfología y el tipo de sustrato en los puntos de toma del cuerpo de agua. Las plantas acuáticas dependen de múltiples factores, como lo son el área del litoral, las condiciones topográficas y el estado de eutrofización del agua (Roldán y Ramírez, 2008). Las macrófitas crecen en sistemas lénticos, en orillas protegidas y remansos de ambientes lóticos de corrientes muy suaves o nulas (Ramírez y Viña, 1998).

También existen factores externos que de una u otra forma afectan el establecimiento de las especies de plantas, como las condiciones ambientales que se estén llevando a cabo en la zona (época seca y/o época de lluvias), la presencia o acción directa del viento el cual puede contribuir a la dispersión de semillas, a su asentamiento sobre las "islas flotantes" o a su transporte aguas abajo (Aldereguia y Nuñez, 1993) y finalmente las diferentes clases de intervención que pueden ser originadas por el hombre al desarrollar sus actividades cotidianas.

Este tipo de vegetación crece en sistemas lénticos y en orillas protegidas de ambientes lóticos (Ramírez y Viña, 1998). Su presencia y abundancia dependen de las condiciones topográficas y el estado de eutrofización de los cuerpos de agua. También su presencia provee múltiples nichos que son explotados por los macroinvertebrados, microalgas y peces, lo cual causa una alta productividad biológica. Además, en sistemas hídricos que tienen una alta carga orgánica pueden desarrollarse a tal punto de ser una plaga difícil de erradicar (Roldán y Ramírez, 2008).

• Correlación

Para determinar la relación entre la composición de especies de las comunidades hidrobiológicas y las características fisicoquímicas del agua se puede realizar un análisis de correspondencia canónica (ACC). Este método combina el ordenamiento regular con la regresión, de forma que los diagramas resultantes expresan no solo un patrón de variación en la composición de especies, sino también las principales relaciones entre las especies y

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 79

cada una de las variables fisicoquímicas (Jongman et al., 1995).

Sin embargo, para poder aplicar este modelo u otro similar, la información debe cumplir con algunos requisitos como son la cantidad de puntos de toma de muestra, variabilidad en las densidades poblacionales de las comunidades a evaluar, entre otros. Este modelo u otros similares no se pueden realizar debido a que hay solo dos puntos de toma de muestra, por lo tanto, no sería confiable un resultado ya que no hay variabilidad de datos, adicionalmente, es tan poca la variabilidad de datos hidrobiológicos que todas las variables fisicoquímicas estarían correlacionadas con las diferentes morfoespecies.

5.2.2.6 Especies potenciales

Teniendo en cuenta la actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de Torca y Guaymaral⁷⁹, generado por la corporación autónoma regional y la alcaldía mayor de Bogotá, se realizó un análisis con respecto a lo registrado para la hidrobiota presente en los puntos de muestreo, los cuales se encuentran inmerso dentro de una matriz que involucra el sistema vial de la autopista norte, predios privados dedicados a la agricultura, ganadería, industria y comercio.

- **Hidrobiota ecosistemas lóticos**

Perifíton Ecosistemas Lóticos


La composición de perifíton en un tiempo y espacio específico depende de distintas variables como: el tipo de sustrato, la rugosidad y el estado trófico del agua. Las algas se desarrollan adheridas a todo tipo de sustrato y se observan regularmente como manchas verdes o parduscas sobre rocas, troncos y objetos artificiales sumergidos en el agua. Por tales características, su estudio permite tener un acercamiento de posibles efectos generados por contaminantes en sistemas tanto lénticos como lóticos⁸⁰

Se registraron un total de 23 morfoespecies de perifíton con 15 morfoespecies distribuidas en cinco (5) clases, ocho (8) órdenes y 13 familias, la clase más representativa en los cuerpos lóticos lo reporta Bacillariophyceae con siete (7) morfoespecies, siendo la misma familia con la mayor riqueza en el presente estudio, seguido de la clase Chlorophyceae con cinco (5) morfoespecies, por su parte Euglenophyceae registra cuatro (4) morfoespecies, las clases Conjugatophyceae y Cyanophyceae registran tres (3) morfoespecies y la clase Mediophyceae reporta una (1) sola morfoespecie.

En los ecosistemas lóticos para el ensamblaje del perifíton se registra la mayor abundancia de *Phormidium* sp con 479 Ind/ml registrado en seis (6) de los siete (7) ecosistemas lóticos evaluados, seguido de *Lepocinclis* con 320,3 registrado en cinco (5) ecosistemas lóticos y

⁷⁹ CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y guaymaral, 2022, Bogotá

⁸⁰ RUA & ROLDÁN- PÉREZ, Estudio de emergencia de insectos acuáticos en las zonas de bosque ripario, bosque plantado y pastos, abejorral (Antioquia, Colombia) Rev. Acad. Colomb. Cienc.: Volumen Xxxii, Número 122-Marzo De 2008

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 80

Microspora sp con 277,72 exclusiva para un (1) punto de monitoreo⁸¹. En cuanto a los taxones, en el presente estudio no se identificaron dichos taxones.

Fitoplancton Ecosistemas Lóticos

En 2004, la Secretaria Distrital de Ambiente y la Universidad Nacional, firmaron un convenio para la elaboración del protocolo de seguimiento y monitoreo de humedales en el área de limnología. A partir de este estudio reportan para las estaciones muestreadas en el humedal sector Guaymaral, predominancia de diatomeas (Bacillariophyceae) y algas verdes (Chlorophyceae); en menor cantidad registran la presencia de algas verde azules (Cyanophyceae), euglenas (Euglenophyceae) y algas verdes (Zygnemathophyceae)⁸².

En los ocho (8) ecosistemas hídricos analizados se registró riqueza de la comunidad fitoplanctónica, reportando los mayores valores en el ecosistema lótico con 10 morfoespecies, distribuidas en cuatro (4) clases, siete (7) órdenes y ocho (8) familias seguido de otro punto de muestreo con nueve (9) morfoespecies distribuidas en cuatro (4) clases, cinco (5) órdenes y siete (7) familias. En cuanto a clases, los más representativos los reportó Bacillariophyceae (5) morfoespecies presentes en todos los cuerpos lóticos, siendo la familia con mayor riqueza para el presente estudio y Chlorophyceae también con cinco (5) morfoespecies, pero sus morfoespecies solo reportadas en tres (3) cuerpos lóticos (analizados) la cual es una familia que también fue registrada en el actual estudio. La clase Euglenophyceae por su parte, reportó cuatro (4) morfoespecies y por último la clase Cyanophyceae reportó tres (3) morfoespecies⁸³.

En cuanto a las abundancias reportadas *Euglena* sp, *Phacus* sp y *Trachelomonas* sp, fueron las morfoespecies pertenecientes al orden Euglenales, en general, se relaciona con alto contenido de materia orgánica, estratificación, aguas temporales, meso a oligotrofia, altas concentraciones de N2 y estabilidad hidrodinámica⁸⁴, en el caso del actual estudio dicho Orden (Euglenales), se registra, sin embargo, no corresponde al de mayor contenido orgánico para lo registrado actualmente⁸⁵.

Zooplancton Ecosistemas Lóticos

Hace referencia a los organismos microscópicos de origen animal (protozoarios, rotíferos y microcrustáceos -cladóceros y copépodos-) que viven en la columna de agua, los cuales juegan un papel importante en la productividad secundaria de los cuerpos de agua. La diversidad y abundancia del zooplancton, es significativamente menor que la del


⁸¹ CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y guaymaral, 2022, Bogotá

⁸² LÓPEZ, E., PLATA, A. Y FUENTES, M. Humedal Torca – Guaymaral: Iniciativas para su conservación (1ra ed.). Bogotá D.C., Colombia: Fondo de Publicaciones Universidad Sergio Arboleda. 2015

⁸³ CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y guaymaral, 2022, Bogotá

⁸⁴ PINILLA, Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia. Compilación bibliográfica, 2000

⁸⁵ CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y guaymaral, 2022, Bogotá

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</p>	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 81

fitoplancton en ecosistemas naturales⁸⁶

En cuanto a la diversidad, la comunidad zooplanctónica en los ecosistemas lóticos reporta riquezas bajas en la mayoría de los ecosistemas, con una relevancia en un punto de muestreo de ocho (8) morfoespecies distribuidas en cuatro (4) clases, cuatro (4) órdenes y seis (6) familias. Por su parte en los demás puntos se registran de tres (3) a cinco (5) morfoespecies por ecosistema.

Por su parte, en la abundancia para el estudio citado, se reportó densidades muy bajas en todos los cuerpos lóticos registrando 0,16 Ind/ml en todos los cuerpos hídricos, con mayor relevancia en el punto de muestreo con 0,062 Ind/ml con el mayor número de individuos por morfoespecie de *Centropyxis* sp con 0,04092 Ind/ml, esta última morfo especie registrada también fue inventariada en el actual estudio, la cual se registra entre las especies con la mayor abundancia para los puntos de monitoreo.

Macroinvertebrados Ecosistemas Lóticos

Los macroinvertebrados acuáticos han sido ampliamente empleados como indicadores biológicos de la calidad del agua, ya que funcionan como una importante herramienta para el muestreo de los recursos hídricos. Esto se debe, a que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados, por lo tanto, cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará en las estructuras de las comunidades; que allí habitan, razón por la cual son fundamentales en el entendimiento de la estructura trófica y del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos⁸⁷


La riqueza de macroinvertebrados presente en los ecosistemas lóticos arrojó valores muy similares en bentos y neuston con valores de uno (1) a siete (7) morfoespecies por cuerpo lótico. En los órdenes más sobresalientes en bentos y neuston se reporta a Díptera con la mayoría de las morfoespecies, este orden constituye uno de los grupos de insectos más complejos y abundantes, distribuidos en todo el mundo.

Respecto a la abundancia de macroinvertebrados, se registraron mayor abundancia en los bentos reportando 743,81 Ind/cm², para el caso del neuston se reportaron 197,68 Ind/cm². Esta mayor abundancia en los bentos se registra como consecuencia de la mayor presencia de microhábitats con capacidad de albergar más morfoespecies de macroinvertebrados lo contrario del neuston que estaría suministrando un microhábitat homogéneo en la interfase agua aire⁸⁸.

⁸⁶ STREBLE & KRAUTER . Atlas de los microorganismos de agua dulce. la vida en una gota de agua. Omega. 1987

⁸⁷ LAMPERT, W., & SOMMER, U. Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams. Front Cover.OUP Oxford. 2007

⁸⁸ CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y guaymaral, 2022, Bogotá

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 82

Peces Ecosistemas Lóticos

Para los puntos de análisis para la actualización del plan de manejo ambiental de humedales de Torca y Guaymaral, donde se evaluaron ocho (8) ecosistemas lóticos en el área de estudio, donde solo se registró una (1) especie correspondiente a *Eremophilus mutisii* (Capitán de la sabana), la cual se considera endémica del altiplano cundiboyacense y de la cuenca del río Bogotá⁸⁹, en este sentido para el presente estudio a pesar el esfuerzo de muestreo no fueron registradas especies de peces, en comparación con lo registrado en el plan de manejo ambiental, sin embargo el área se puede considerar una zona de una muy baja diversidad de este tipo organismos.

- **Hidrobiota ecosistemas lénticos**

Perifiton Ecosistemas lénticos

A partir de la caracterización hecha para el perifiton, para la actualización de plan de manejo de humedales de Torca y Guaymaral, se registraron un total de 24 morfoespecies de perifiton, así pues, la clase más representativa en los ecosistemas lénticos la reporta Bacillariophyceae con nueve (9) morfoespecies, seguido de la clase Chlorophyceae con seis (6) morfoespecies, por su parte Euglenophyceae se reporta con cuatro (4) morfoespecies, Cyanophyceae con dos (2) y Mediophyceae, Conjugatophyceae y Coscinodiscophyceae cada una con una morfoespecie⁹⁰, así las cosas la familia Bacillariophyceae, también se considera para el presente estudio como la más diversa.

En cuanto a las abundancias, se registraron un total de 1228,67 Ind/ml de individuos perifíticos, entre las morfoespecies más representativas se considera *Nitzschia* sp con 283,19 Ind/ml⁹¹. En segundo lugar, se registró para dicho estudio individuos algales de *Pinnularia* sp 81 Ind/ml, en este caso, esta última especie para el presente estudio es una de las que brinda el mayor aporte a la densidad total.


Fitoplancton Ecosistemas lénticos

En cuanto a este tipo de organismos para el estudio en los diferentes humedales producto del plan de manejo (Torca y Guaymaral) , se registraron un total de 17 morfoespecies, donde la clase más representativa fue Chlorophyceae con seis (6) morfoespecies presentes, corroborando lo enunciado con otros autores, los cuales indican que es uno de los mayores grupos de algas, teniendo en cuenta su abundancia en géneros y especies, al igual que su frecuencia y ocurrencia, en este sentido esta familia también fue registrada en

⁸⁹ FOWLER HW. Lista de peces de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 5(17): 1942. 128-138.

⁹⁰ CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y guaymaral, 2022, Bogotá

⁹¹ CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y guaymaral, 2022, Bogotá

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 83

los análisis del presente estudio, aportando en la diversidad y la densidad total⁹². En cuanto a la abundancia se registraron un total 5,41 Ind/ml, donde la especie *Phacus* sp registró valores de 3,89 Ind/ml, seguida de *Nitzschia* sp con 0,28 Ind/ml, en este sentido el género *Phacus*, también fue registrado en el presente trabajo, aportando a la abundancia total.

Zooplankton Ecosistemas lénticos

La comunidad zooplanctónica en los ecosistemas lénticos reporta riquezas bajas en los todos los ecosistemas con valores que varían de cuatro (4) a siete (7) morfoespecies por cuerpo de agua, con un total de 16 morfoespecies para el área de estudio (humedal Torca y Guaymaral), En cuanto a órdenes se registra a *Ploima* como el más representativo con cuatro (4) morfoespecies, seguido del orden Arcellinida con tres (3) morfoespecies, entre otros, por su parte la abundancia zooplanctónica reportó valores bajos, con un total en todos los cuerpos lénticos de 0,18 Ind/m, donde la especie *Pseudochydorus* sp reportó los valores más altos con 0,03649 Ind/ml, la siguiente morfoespecie con el mayor número de individuos fue *Vorticella* sp con 0,02366 Ind/ml, siendo esta última registrada para el actual proyecto.

Macroinvertebrados Ecosistemas lénticos


En lo que concierne a este tipo de organismos en la actualización del plan de manejo de los Humedales Torca y Guaymaral se registraron un total de 17 macroinvertebrados presentes en los diferentes ecosistemas evaluados, por su parte, en cuanto a diversidad el orden Díptera presentó los valores más altos con dos (2) morfoespecies, los demás órdenes (Tubificida, Hirudinia y Amphipoda) registraron una (1) sola morfoespecie cada una. En cuanto a los órdenes el más representativo fue Coleoptera con (5) cinco morfoespecies, seguido de Díptera con tres (3) morfoespecies, los demás reportan una (1) sola morfoespecie por género, para el caso del actual estudio de impacto ambiental, el orden Odonata, fue el de mayor diversidad, con el registro de cuatro (4) morfoespecies, seguido de Díptera con tres (3) taxones, y Coleoptera con una (1) especie, orden que también fue registrado en la actualización del Plan de manejo dichos cuerpos de agua.

Respecto a la abundancia de macroinvertebrados acuáticos, se registró un mayor número de individuos en la zona del neuston reportando un valor de 281,05 Ind/cm², en comparación con la zona bentónica la cual registró un valor de 43,31 Ind/cm², por su parte en el actual proyecto, en el sistema léntico la familia con la mayor representatividad fue Chironomidae con 84,44 Ind/m² seguida de la familia Glossiphoniidae con 40,00 Ind/m².

Peces Ecosistemas lénticos

Finalmente, en el estudio de actualización del plan de manejo ambiental de los humedales Torca y Guaymaral, para el muestreo del ecosistema léntico se registraron 10 individuos ícticos distribuidos en dos (2) órdenes, dos (2) familias y dos (2) especies, las cuales correspondieron a *Grundulus bogotensis* (Guapucha), y *Trichomycterus bogotensis*

⁹² CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y guaymaral, 2022, Bogotá

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 84

(Capitán enano), donde la primera tiene como localidad tipo la planicie de Bogotá, siendo endémica de la cuenca del río Magdalena, siendo una especie que actualmente, se encuentra amenazada dentro de la categoría de LC (Preocupación menor)⁹³, por su parte el Capitán enano, presenta su distribución en la localidad de Chapinero, en Bogotá; sin embargo, es posible encontrarla en ríos de alta montaña de los departamentos de Cundinamarca, Santander y Boyacá. Habita en corrientes de aguas someras, frías, claras, bien oxigenadas, próximas a la orilla entre macrófitas acuáticas y rocas, prefiriendo las zonas oscuras y cerradas por vegetación riparia donde la corriente es lenta⁹⁴, en cuanto a lo observado en el proyecto a pesar del esfuerzo de muestreo no fueron registrados individuos de este tipo de organismos.

5.2.2.7 Conclusiones

Canal Guaymaral y Humedal Torca: Tras la toma de muestras y el análisis de las comunidades hidrobiológicas, se puede concluir lo siguiente:

La comunidad fitoplanctónica en el punto de monitoreo HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico estuvo representada por nueve morfoespecies, siendo la más abundante *Navicula* sp., la cual se caracteriza por su afinidad con aguas salobres, orgánicamente contaminadas, ricas en nutrientes. Esta comunidad estuvo mayormente representada por el phylum Bacillariophyta.


La comunidad zooplanctónica en el punto de monitoreo HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico estuvo representada mayormente por el phylum Ciliophora. La morfoespecie reportada con mayor densidad fue *Hymenostomatida* morfo 1 la cual se caracteriza por habitar en aguas estancadas, de apariencia turbia, generalmente altos niveles de materia orgánica en descomposición.

El perifíton en el punto de monitoreo HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico se caracterizó por la presencia de las diatomeas, las cuales se ven favorecidas por los altos rangos de tolerancia que poseen ante cambios ambientales como pH y contenido de nutrientes, siendo este último factor un determinante importante para su crecimiento, *Pinnularia* sp. fue la morfoespecie de mayor aporte a la densidad total. En cuanto al punto “CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico”, las morfoespecies más representativas fueron *Gomphonema* sp., la cual posee un amplio rango de desarrollo y supervivencia y, *Pinnularia* sp., que se caracteriza por ser ecológicamente importante, en cuanto a diatomeas de agua dulce.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos para el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico presentó un total de 11 morfoespecies, dominado por el género *Hyalella*. En general, se observó una baja diversidad determinada por un mayor deterioro de los ecosistemas. En cuanto a los macroinvertebrados acuáticos tuvieron una

⁹³ MOJICA, J. I.; J. S. USMA; R. ÁLVAREZ-LEÓN Y C. A. LASSO (Eds). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., 2012 Colombia, 319 pp.

⁹⁴ MALDONADO-OCAMPO, J. & J.S. USMA-OVIEDO. Estado del conocimiento sobre peces dulceacuícolas en Colombia. Tomo II. 2006. 174-194 p. En: Chaves, M.E. & M.

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</p>	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 85

dominancia de la morfoespecie Chironomidae morfo 1, la cual se caracteriza por su alto nivel de tolerancia a los niveles de contaminación. En cuanto al punto “CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico” las morfoespecies Chironomidae morfo 1 (L) y Glossiphoniidae morfo 1, fueron las más representativas en términos de densidad para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. Para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del neuston estuvo representada mayormente por las morfoespecies *Hyaella* sp. y Glossiphoniidae morfo 1. Con respecto al aporte de los phyla de macroinvertebrados a la densidad total, se registró que, Arthropoda hizo los aportes más altos.

Para la comunidad de macrófitas en el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico solo se observaron cuatro (4) morfoespecies en el área de estudio, siendo *Azolla* sp. la de mayor porcentaje de cobertura. En cuanto al punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico solo se registraron las morfoespecies *Limnobium* sp. y *Eichhornia crassipes*. Cabe mencionar que los factores abióticos, pueden condicionar la riqueza de macrófitas; y procesos como la eutrofización puede ser causante de la pérdida de su riqueza.


En el estudio no se registraron especies de peces para ninguno de los dos puntos de monitoreo. La ausencia puede relacionarse con las bajas concentraciones de oxígeno registrado y las escalas espaciotemporales que frecuentemente tienen lugar en este tipo de comunidades, las cuales son causadas por factores ambientales, tipo de sustrato, salinidad, disponibilidad de recursos y depredación.

En general la diversidad encontrada en estos ecosistemas fue baja y estuvo asociada a especies generalistas y tolerantes a cierto grado de contaminación, como se vio reflejado en las características fisicoquímicas registradas e índices ICA'S. En cuanto al comportamiento de las variables in situ, no se observó mayor diferencia entre las comunidades de los puntos, ambos presentaron condiciones fisicoquímicas similares.

Por otro lado, los valores de oxígeno, pH y conductividad en ambos puntos arrojaron sistemas de aguas neutras, con grados elevados de hipoxia y con una mineralización media a importante, que señalan probablemente una elevada carga de nutrientes. Finalmente, los datos obtenidos por los índices BMWP/Col y ASTP, permitieron clasificar el punto HTG_02_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Léntico como aguas de un nivel moderado de contaminación. En cuanto al punto CG_01_Fisico Quimico_Hidrobiologico-Lótico fue clasificado como fuertemente contaminado.

Finalmente, en el estudio de actualización del plan de manejo de los humedales de Torca y Guaymaral, como cuerpos de agua que se alimentan y dependen tanto de ecosistemas artificiales, como naturales; el entendimiento de la conectividad de las corrientes presentes dentro del estudio es fundamental, ya que, las condiciones del hábitat, en particular los niveles de contaminación generan un efecto sinérgico al interior del sistema⁹⁵, así mismo se consideró que según los parámetros hidrobiológicos analizados en las (2) dos

⁹⁵ CAR & Alcaldía mayor de Bogotá, Actualización del plan de manejo ambiental de los humedales de torca y Guaymaral, 2022, Bogotá

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 86

temporadas en los ecosistemas lénticos y lóticos, la calidad del recurso hídrico es baja.

Y en general, para toda el área de estudio, los organismos capturados, reflejan los procesos de contaminación orgánica a los cuales están sujetas las corrientes hídricas, registrando especies generalistas con alta resistencia a las perturbaciones ambientales.

Ocupación de cauce del Drenaje Canal Guaymaral: Respecto a los macroinvertebrados bentónicos, en el primer muestreo de los dos puntos de toma de muestra se colectaron 662,95 organismos/m², los cuales pertenecen a tres phylum (Arthropoda, Annelida y Mollusca), tres clases (Insecta, Clitellata y Gastropoda), tres órdenes, cuatro familias y cinco morfoespecies, los órdenes que se destacaron por la cantidad de organismos fueron Tubificida (96,09 %), Diptera (3,35 %) y Basommatophora (0,56 %).

En el segundo muestreo disminuyó a 332 invertebrados acuáticos, los cuales pertenecen a tres phylum (Arthropoda, Annelida y Mollusca), cuatro clases (Insecta, Ostracoda, Oligochaeta y Gastropoda), siete órdenes, 12 familias y 14 géneros. Los órdenes que se destacaron por la cantidad de organismos fueron Basommatophora (35,84 %), Collembola (22,29 %), Tubificida (18,98 %) y Diptera (18,37 %).

La estructura de la comunidad y la presencia de los organismos bentónicos encontrados infieren que los dos puntos de toma de muestra presentan aguas contaminadas con mayor aporte de materia orgánica.

Respecto al perifiton, en el primer muestreo en los dos puntos de muestreo evaluados se colectaron 41,9 células/cm², las cuales pertenecen al phylum Bacillariophyta, la clase Bacillariophyceae, dos órdenes, cuatro familias, tres géneros y cuatro morfoespecies.


En el segundo muestreo aumentó a 2026,1 células, las cuales pertenecen a dos divisiones (Ochrophyta y Chlorophyta), dos clases (Bacillariophyceae y Chlorophyceae), cuatro órdenes, cinco familias y siete morfoespecies. Las clases que se destacaron por abundancia de células fue Bacillariophyceae (91,35 %) y Chlorophyceae (8,65 %).

Las células del perifiton encontradas en los dos puntos de toma de muestra reflejan aportes de materia orgánica.

Para el fitoplancton en el segundo muestreo de los dos puntos se colectaron 51,143 células, las cuales pertenecen a cuatro divisiones (Cryptophycophyta, Ochrophyta, Euglenophycota y Chlorophyta), cuatro clases (Cryptophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae y Chlorophyceae), siete órdenes, siete familias y nueve morfoespecies. Las clases que se destacaron por cantidad de células fueron Cryptophyceae (77,94 %), Euglenophyceae (13,97%), Bacillariophyceae (7,35 %).


La estructura de la comunidad del fitoplancton evidencia aporte de materia orgánica en los dos puntos de muestreo.

Para el zooplancton en el segundo muestreo de los dos puntos se colectaron 2,906

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 87

individuos/ml, los cuales pertenecen a dos phylum (Ciliophora y Protozoa), dos clases, dos órdenes, cuatro familias y cinco morfoespecies. Los phylum que se destacaron fueron Ciliophora (92,50 %) y Protozoa (7,50 %).

La estructura y composición del zooplankton sugiere que los dos puntos de muestreo son ricos en materia orgánica.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 88

BIBLIOGRAFÍA

ANGRISANO, B y G, KOROB. Trichoptera En: Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Secretaría de Ciencias y Técnicas de la Universidad Nacional de Tucumán. Argentina, 2001. p. 55-84.

ARMITAGE, P. D., *et al.* The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water research*, 1983. Vol.17 No.3, p. 333-347.

BARBOUR, M. T., *et al.* Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C, 1999.

BARROS, E., *et al.* Effects Of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. *Biology and Fertility of Soils*, 2002. Vol.35. p. 338-347.

BOURRELLY, P. Les algues d'eau douce. N. Boubée y Cie. Paris, 1966. p. 511.

BOURRELLY, P. Les algues d'eau douce. N. Boubée y Cie. Paris, 1968. p. 438.

BOURRELLY, P. Les algues d'eau douce. N. Boubée y Cie. Paris, 1985. p. 537

CARRERA, C. y FIERRO, K. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito, 2001.

CLIMA, BOGOTÁ – CUNDINAMARCA. <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/colombia/bogota/cundinamarca-49794/>.

COLLA, M. F. Estudio de poblaciones de *Hyaella* Smith 1874, (Crustacea, Amphipoda, Dogielinotidae), en ambientes acuáticos de la Reserva de Usos Múltiples Isla Martín García, provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral: Universidad Nacional de La Plata, 2016.


CORREA-ARANEDA, F., *et al.* Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile. *Limnetica*, 2010. vol.29, No.2, p. 0183-194.

CRANSTON, P. S. Introduction. En The Chironomidae The biology and ecology of non-biting midges. Chapman y Hall. Londres, Reino Unido, 1995. p. 297-320.

CURTIS, H., *et al.* Biología de Curtis. Editorial Médica Panamericana. 7a edición en español, 2008.

DAHL, G. Los peces del Norte de Colombia. INDERENA. Bogotá D.E, 1971. 391 p.

DEEGAN, L., *et al.* Coastal eutrophication as a driver of salt marsh loss. *Nature*, 2012.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 89

No.490, p. 388–392.

EIGENMANN, C. The fishes of Northwestern South America, Part I. The freshwater fishes of Northwestern South America, including Colombia, Panamá, and the Pacific slopes of Ecuador and Perú, together with an appendix upon the fishes of the Río Meta in Colombia. Mem. Carnegie Mus., 1922. vol.1, No.9, p. 1-346.

ELÍAS, M. E., *et al.* Cladocera y Copepoda de las aguas continentales de México. Guía ilustrada. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, 2008.

ELLIS, A. E. Stress and the modulation of defence mechanisms in fish. En: Stress y Fish. Pickering, A.D. Ed. Acad Press, London, 1981. p. 147-169.

EPLER, J. H. Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. Crawford, South Carolina: John H. Epler, 2001. 526 p.

BASTISTADE, G. y HURTADO, J. curso de limnología–bio. Tesis Doctoral :Universidad de Panamá. Panamá, 2015. 330 p.

GARCÍA, M. Eutrofización: una visión general. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Coahuila, 2016.

GAVIRIA, S. Guía de laboratorio para identificación de Cladóceros, Copépodos y Rotíferos. Curso Sistemática del Zooplancton de las aguas continentales de Colombia. Universidad de Antioquia, Instituto de Biología, Programa de Postgrado, Medellín, Colombia, 2000.

GER, K. A.; HANSSON, L. A., y LÜRLING, M. “Understanding cyanobacteria-zooplankton interactions in a more eutrophic world”. Freshwater Biology, 2014. vol.9, No.59, p. 1783-1798.

GÉRY, J. Characoids of the World. T.F.H. Neptune. USA, 1977. 672 p.


GIL, D. N. P. Bioecología y sistemática de Notonecta melaena kirkaldy (Hemiptera, notonectidae) en Cundinamarca-Colombia. Agronomía Colombiana, 1994. vol.1, No.11, p. 34-52.

GUILLÉN, A. G. K. Diversidad protozoológica de los Pantanos de Villa, Chorrillos-Lima-Perú, 2002.

INCODER Y UNIVERSIDAD DE COLOMBIA. Peces de la Orinoquia colombiana, con énfasis en los peces de interés comercial. Colombia, 2007.

KIRSCHBAUM, F. Environmental Factors Control the Periodical Reproduction of Tropical Electric Fish. Cellular and molecular life sciences, 1975. vol.31, No.10, p.1159-1160.

KOSTE, W. Rotatoria. Die radertiere Mitteleuropas. Überordnung Monogononta. Gebruder

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 90

Borntrager, Berlin, Alemania, 1978.

LADRERA, R. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de información ambiental, 2012, No.39.

LASSO, C. A., A. Rial y V. González-B. (Editores). (2013). VII. Morichales y canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela. Parte I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 344 p.

LÓPEZ, K. Identificación taxonómica de las especies de microalgas y cianobacterias de los ríos de origen glaciario, de vertiente y mixto del alto Antisana monitoreados durante el proyecto DREAM, 2019.

LYNN, D. H. The Ciliated Protozoa. Characterization, classification, and guide to the literature. Springer, New York, 2008. 605 p.

MADEIRA, P. T., *et al.* Identity and origins of introduced and native *Azolla* species in Florida. Aquatic Botany, 2013 vol. 9, No.15.

MALDONADO-OCAMPO, *et al.* Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, DC Colombia, 2005.

MALDONADO-OCAMPO, J. A.; VARI, R. P. y USMA, J.S. Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. Biota Colombiana, 2008. vol.2, No.9, p. 143-237.

MARGALEF, R. Sucesión y evolución: su proyección biogeográfica, 1986.

MATSUMURA-TUNDISI, T., *et al.* Predation on *Ceriodaphnia cornuta* and *Brachionus calyciflorus* by two *Mesocyclops* species coexisting in Barra Bonita reservoir (SP, Brazil). En Intra-zooplankton Predation. Springer, Dordrecht. 1990. p. 141-151.


MCCAFFERTY, W. P. Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Jones y Bartlett Learning, 1983.

MILES, C. Los peces del río Magdalena. Ministerio de Economía Nacional. Sección de Piscicultura Pesca y Caza. Ed. El Gráfico. Bogotá, Colombia, 1947.

MITSCH, W. J., y GOSSELINK, M. E. Ecosystem services of wetlands. 2015.

MORENO, C. E. Métodos para medir la biodiversidad. MyT-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. Ed. GORFI. Zaragoza, 2001. 86 p.

MORENO-RODRÍGUEZ, F. C. I. *et al.* Estado actual del conocimiento sobre microalgas del

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 91

perifiton y macroinvertebrados bentónicos en el departamento del Meta, Colombia. Acta biológica colombiana. 2017.

NELSON, J. S. Fishes of the world, John Wiley y Sons. 2nd. Edition USA, 1984. 523 p.

PEREZ-CASTILLO, A. G. y RODRIGUEZ, A. índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Rev. biol. Trop, 2008. vol.56, No.4, p.1905-1918.

PINILLA, G. A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge, Colombia, 2000.

POTAPOVA, M. G. y CHARLES, D. F. Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. Journal of biogeography, 2002. vol.2, No.29, p. 167-187.

PRESCOTT, G. W.; BICUDO, C. E. D. y VINYARD, W. C. A synopsis of North American Desmids. Part II. Desmidiaceae: Placodermæ. Section 4, Univ. of Nebraska Press, Lincoln, 1984, 700 p.

PRICHARD, E. Measurement of pH. En: Practical Laboratory Skills Training Guides (Complete Set), 2003. p. 89-106.

RAMÍREZ, J. Fitoplancton de agua dulce. Bases ecológicas, taxonómicas y Sanitarias. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín – Colombia, 2000.

RAMOS-RODRÍGUEZ, E. Principios. Ecología de Comunidades y Sistemas Básicos de Muestreo, Ecosistemas Acuáticos Lénticos.UBA., 2016. 7 p.


REID, K. G. y WOOD, D. R. Ecology of island water and estuaries. Van Nostrand Co.Nueva York, 1976. 485 p.

RIVERA, U. J. J.; PINILLA, A., G., & CAMACHO, P. D. L. Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. Acta Biológica Colombiana, 2013. vol.2, No.18, p. 279-292.

RODRÍGUEZ, P. L. Estructura y producción primaria del fitoplancton y perifiton en un humedal del bajo Paraná. Tesis doctoral: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, 2008.

ROLDÁN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN Colombia, Bogotá, 1988. 217 p.

ROLDÁN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. FEN Colombia. COLCIENCIAS-UDEA, Medellín, 1996. 217 p.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 92

ROLDÁN, G. P., y RESTREPO, J. J. R. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia, 2008. vol.15.

ROLDÁN, G. y RAMÍREZ, J. J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2. ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2008. 439 p.

ROLDÁN, P. G. A. Fisicoquímica de los ecosistemas acuáticos. En: Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 2003. p. 1-9.

ROLDÁN-PÉREZ, G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2016. vol.155, No.40, p. 254-274.

ROMERO, P, POLANÍA, J. Sucesión temprana de la taxocenosis Mollusca-Annelida-Crustacea en raíces sumergidas de mangle rojo en San Andrés isla, Caribe colombiano. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 2009. vol.1, No.43. p. 63-74.

RUEDA, J. y MOLINA, C. Los macroinvertebrados acuáticos, excelentes bioindicadores biológicos en la EIA: diferentes casos de estudio en el este de la península Iberica. VI Congreso, 2012. 333 p.

SALAZAR-VALLEJO, S. I.; DE LEÓN-GONZÁLEZ, J. A. y Polanco, H. P. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México: Generalidades, claves ilustradas para familias y géneros, y bibliografía lista de especies. Libros, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, 1988. 211 .

SCHULTZ, L. The fishes of the family Characinidae from Venezuela, with descriptions of seventeen new forms. Proc. U.S. Nat. Mus., 1944. No.95, p. 235-367.

SEGURA-GARCÍA, V., *et al.*. Diatomeas epilíticas como indicadores de la calidad del agua en la cuenca alta del río Lerma, México. Hidrobiológica. 2012. No.22. p. 16-27.


SEIP, K. L. y REYNOLDS, C. S. Phytoplankton functional attributes along trophic gradient and season. Limnology and Oceanography, 1995. vol.3. No.40, p. 589-597.

STEVENSON R. J.; BOTHWELL, M. L. y LOWE, R. L. Algal Ecology - Freshwater Benthic Ecosystems. Academic Press. USA, 1996. 788 p.

STREBEL, H. y KRAUTER D. Das Leben im Wassertropfen. Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers. Franckh-Kosmos Naturführer. Stuttgart, Alemania, 1988.

WALLACE, J. B. y MERRIT, W. Filter-feeding ecology of aquatic insects. Annual Review of Entomology. 1980. No.25, p. 103–132.

WALLER, P. A. Género *Hyaella* Smith, 1984 (Crustacea: Amphipoda: Hyaellidae) en Uruguay: taxonomía y ecología. 2023.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 93

WETZEL, R. G. Adjunto interacciones algal-sustrato: ¿hecho o mito, y cuándo y cómo? En: Periphyton de ecosistemas de agua dulce. Springer, Dordrecht.1983. p. 207-215.

WETZEL, R. G. Limnología. 1975. 679 p. Ed. Omega, España.

WILHM, J. y Dorris, C. Biological parameters for water quality criteria. Rev. Bios. 1968. vol.6, No.18, p. 477-480.

ZAMORA, H. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, 2007. No.19, p. 73-81.