

5.2.2.3. Ecosistemas Acuáticos.

Con el fin de determinar la composición y estructura de la hidrobiota existente en los ecosistemas acuáticos presentes en el área de influencia, se realiza la caracterización de estas comunidades a partir de muestreos de perifiton, macroinvertebrados asociados al bentos y fauna íctica en sistemas lóticos y lénticos, y adicionalmente muestreos de plancton (fito y zoo) y macrófitas en sistemas lénticos.

Para cada grupo, brindando la información taxonómica de los ejemplares o morfo capturados hasta la más detallada clasificación posible, se recopiló información de densidad, abundancia, extensión, dominancia y aspectos fisicoquímicos. Posteriormente se emplearon herramientas estadísticas e índices ecológicos, para caracterizar a los grupos según su preferencia de hábitat, su distribución espacial y temporal (para época de lluvias y época seca), expresión de su composición y estructura en función de las variables ambientales y las interrelaciones que tienen con otros grupos de organismos y otros ecosistemas. Asimismo, se analizaron estas comunidades como indicadores de calidad biológica del agua a partir de la correlación de los datos fisicoquímicos registrados en los muestreos.

Para la fauna íctica se identificaron y caracterizaron las especies de mayor importancia ecológica y económica asociada a los principales cuerpos de agua, se destacaron las especies migratorias, en veda, y/o endémicas. Adicionalmente se identificó la presencia de metales pesados mediante análisis toxicológicos; las muestras se tomaron en los cuerpos de agua objeto de intervención.

Los muestreos para la caracterización consideran los dos periodos climáticos (época húmeda de aguas altas y aguas bajas en época seca). Para el análisis de hidrobiológico se llevó a cabo el estudio en temporada seca el 25 de febrero de 2021; y en temporada húmeda del 24 al 27 de marzo de 2021, excepto para el caso del análisis toxicológico, que se adelantó gracias a la toma de muestras del 18 y 19 de septiembre de 2020. Los sitios de muestreo de la hidrobiota corresponden con los sitios donde se realizó la caracterización fisicoquímica del agua, y están debidamente georreferenciados y detallados.

5.2.1.2.1. Metodología.

5.2.1.2.1.1. Fase de campo.

Protocolos

Antes del muestreo se debe realizar el plan de muestreo que contiene la información sobre: Tipo de Muestreo, Número de Muestras por Punto de Muestreo, Sitio de Monitoreo, Recipientes, Parámetros a Analizar, Preservación y además aspectos logísticos relacionados. El cliente debe proporcionar la información de entrada para la elaboración del plan muestral.

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (*chain of custody procedure*) es esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados. Este proceso consiste en seguir o monitorear las condiciones de la toma de muestra, preservación, dosificación, transporte y su posterior análisis. Se considera que una muestra está bajo custodia de una persona, si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

- **Etiquetas:** Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, estas se etiquetan antes de o en el momento del muestreo; en estas etiquetas se registró, con tinta a prueba de agua, la siguiente información: Número de

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

muestra, fecha y lugar de recolección, preservación realizada según sea el caso y la firma de la persona que realizó el monitoreo.

- **Datos de campo y Cadena de Custodia:** Se registró toda la información pertinente a las observaciones de campo o del muestreo en el formato cadena de custodia, según la matriz de análisis a monitorear en el que se incluyó: tipo de muestreo, matriz de análisis, localización y georreferenciación de la estación de muestreo o punto de monitoreo, empresa que solicitó el servicio, número de la muestra, fecha y hora, firma de la persona que realizó el monitoreo, tipo de muestra y método de preservación. Se registró también el número y cantidad de recipientes y muestras tomadas; la descripción del punto con referencias tales como diagramas del sitio de muestreo y mediciones de campo. En el Anexo 16 se presenta la cadena de custodia de los muestreos de las comunidades hidrobiológicas.

- **Preservación y Cantidad de Muestra:** La preservación de las muestras se realizó inmediatamente después de la toma con reactivos de calidad analítica, material refrigerante y apropiado embalaje, según las indicaciones de la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del IDEAM (2002), normas colombianas NTC 5667-n y Standard Methods 23nd para asegurar la integridad de las muestras.

- **Envío de la muestra al laboratorio:** Las muestras fueron enviadas al laboratorio por transporte terrestre. Se contó con los tiempos máximos de almacenamiento previos al análisis de los parámetros, además de las condiciones particulares establecidas en el instructivo IN-QA-5.7-3 "Recipientes, preservación y almacenamiento de muestras por parámetros" y los criterios establecidos en el procedimiento. P5.8.1-1 "Recepción e ingreso de muestras" para así garantizar la integridad completa de las muestras transportadas.

El Director Técnico, la Dirección de Operaciones y los Coordinadores o Profesionales de Proyectos fueron los responsables de supervisar el proceso de custodia de las muestras; los profesionales, técnicos y auxiliares de campo fueron los responsables de la toma, manipulación y transporte de muestras al laboratorio.

El laboratorio AGQ Prodycon Colombia S.A.S., cuenta con permiso de recolección con fines de elaboración de estudios ambientales otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) bajo Resolución 01586 del 8 de agosto de 2019.

Toma de muestras de aguas

La toma y análisis de muestras en aguas superficiales se realizó conforme a lo estipulado en el *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 23rd edición (2017), EPA (1999) y las guías del IDEAM. Estos procedimientos contemplan las siguientes metodologías según el tipo de muestra a evaluar:

- **Muestra compuesta:** Dos o más muestras o submuestras, mezcladas en proporciones conocidas apropiadas a partir de las cuales se obtiene el resultado promedio de una característica deseada. Las proporciones se basan en mediciones de flujo.

- **Muestra simple (instantánea):** Muestra en el sitio; una muestra discreta tomada aleatoriamente en una masa de agua.

- **Muestras de área integrada:** Muestra de agua obtenida después de combinar una serie de muestras tomadas en diferentes sitios de un cuerpo de agua, de una profundidad particular.

Puntos de monitoreo

AGQ Prodycon Colombia S.A.S. tomó las muestras directamente en los puntos programados y fueron enviadas para su respectivo análisis, con el fin de determinar el estado ambiental de los cuerpos de agua mediante la abundancia, riqueza

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

y bioindicación de las especies para cada comunidad y el análisis de los parámetros fisicoquímicos los cuales fueron comparados con lo estipulado en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015, que indican el estado del cuerpo de agua con base en las características propicias para consumo humano y doméstico, desinfección, uso agrícola, y uso pecuario. Asimismo, se calcularon los índices de diversidad y se relacionaron con la bioindicación de las especies para generar el estado ambiental aproximado.

Para el monitoreo de las muestras de agua superficiales se eligieron los puntos identificados como FQ 6. Drenaje El Salado, FQ 7. Afluente Zanjón Los Huilos, FQ 8. Zanjón Los Huilos y FQ 9. Pit de explotación, puntos ubicados dentro del área de influencia del proyecto en el municipio de Payandé, departamento de Tolima. AGQ Prodycon Colombia S.A.S. realizó la logística y trabajos de campo de acuerdo con lo establecido en el plan muestral IGN-ESM-PM001-02-21.

A continuación, en la Tabla 125 se presenta el nombre, codificación de las muestras y coordenadas para cada uno de los puntos monitoreados en temporada seca (Figura 98 a Figura 101). Así mismo, se observa una panorámica de la localización de los sitios de muestreo en dicha época (Figura 109 y Figura 110).

Tabla 125. Ubicación Puntos monitoreados en temporada seca – Mina La Esmeralda

Ubicación	No Muestra	Coordenadas planas origen único	
		Norte	Este
FQ 6. Drenaje El Salado	A-21/026652	2033435,165	4765994,928
FQ 7. Afluente Zanjón Los Huilos	A-21/02660	2034003,626	4766342,801
FQ 8. Zanjón Los Huilos	A-21/026658	2033890,787	4766364,689
FQ 9. Pit de explotación	A-21/026653	2033583,993	4766554,309

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

Por otro lado, en la Tabla 126 se presenta el nombre, codificación de las muestras y coordenadas para cada uno de los puntos monitoreados en temporada húmeda (Figura 102 a Figura 108). Así mismo, se observa una panorámica de la localización de los sitios de muestreo en dicha época (Figura 111).

Tabla 126. Ubicación Puntos monitoreados en temporada húmeda – Mina La Esmeralda

Ubicación	No Muestra	Coordenadas planas origen único	
		Norte	Este
FQ1 (R. Coello aguas arriba)	A-21/036818	2033858,04	4767011,69
FQ2 (R. Coello intermedio)	A-21/036823	2033751,34	4767215,63
FQ3 (Rio Coello Intermedio 2)	A-21/036825	2033711,66	4767570,70
FQ6 (El Salado)	A-21/036819	2033405,02	4766019,70
FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos)	A-21/036821	2034005,82	4766346,13

Ubicación	No Muestra	Coordenadas planas origen único	
FQ8 (Zanjón Los Huilos)	A-21/036822	2033890,7	4766364,68
FQ9 (Pit de explotación)	A-21/036820	2033644,84	4766540,49
FQ4	A-21/026652	No se muestrea por la crecida en el nivel del Rio Coello	
FQ5	A-21/026653		
FQ10	A-21/026658		
FQ11	A-21/026660		

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 98. Registro Fotográfico – FQ 6 DRENAJE EL SALADO Temporada seca
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 99. Registro Fotográfico – FQ 7. AFLUENTE ZANJÓN LOS HUILOS Temporada seca
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 100. Registro Fotográfico – FQ 8. ZANJÓN LOS HUILOS Temporada seca
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 101. Registro Fotográfico – FQ 9. PIT DE EXPLOTACIÓN Temporada seca
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 102. Registro Fotográfico – FQ1 (R. Coello aguas arriba) Temporada húmeda
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 103. Registro Fotográfico – FQ2 (R. Coello intermedio) Temporada húmeda
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 104. Registro Fotográfico – FQ3 (Rio Coello Intermedio 2) Temporada húmeda
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 105. Registro Fotográfico – FQ6 (El Salado) Temporada húmeda
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 106. Registro Fotográfico – FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) Temporada húmeda
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 107. Registro Fotográfico – FQ8 (Zanjón Los Huilos) Temporada húmeda
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 108. Registro Fotográfico – FQ 9. PIT DE EXPLOTACIÓN Temporada húmeda
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 109. Ubicación específica de los piezómetros monitoreados en Temporada seca – proyecto mina La Esmeralda
Fuente: Google Earth (2021) adaptado por AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 110. Ubicación general de los piezómetros monitoreados en Temporada seca – proyecto mina La Esmeralda
Fuente: Google Earth (2021) adaptado por AGQ Prodycon Colombia S.A.S.



Figura 111. Ubicación específica de las fuentes superficiales monitoreadas en Temporada húmeda – proyecto mina La Esmeralda

Fuente: Google Earth (2021) adaptado por AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

El monitoreo correspondiente a temporada seca se llevó a cabo el 25 febrero de 2021 en condiciones normales, evidenciándose que durante la jornada de toma de muestras no se presentaron lluvias y el cielo estaba ligeramente nublado. Mientras que los puntos en temporada húmeda se monitorearon entre el 24 y el 27 de marzo de 2021 en condiciones normales, evidenciándose que durante la jornada de toma de muestras se presentaron lluvias intensas y el cielo estuvo nublado (4/8).

Análisis de toxicología

Para el análisis toxicológico en el área del proyecto minero La Esmeralda se eligieron dos puntos que permitían recopilar la información necesaria para evidenciar la presencia de metales pesados, además de reportar suficientes peces como para poder obtener muestras apropiadas (FQ 6. Drenaje El Salado, FQ 8. Zanjón Los Huilos). Se eligió la especie *Cynodonichthys magdalenae* debido a que fue representativa en la zona de estudio, por su abundancia en los cuerpos de agua del AIB. Es importante aclarar que en Colombia, el marco legal para las concentraciones máximas de metales pesados en peces corresponde a la Resolución 0122 de 2012¹ y estas concentraciones máximas permitidas son las mismas propuestas por el Codex Alimentarius de la FAO (2015)².

¹ MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 0122 del 26 de enero de 2012, por la cual se modifica parcialmente la Resolución 776 de 2008. 2012.

² FAO. Codex Alimentarius - Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN 193-1995. 2015.

5.2.1.2.1.2. Fase de laboratorio.

- Fito y Zooplancton

Las muestras fueron homogeneizadas manualmente, luego con una micropipeta se tomó una alícuota de 1 ml, se dispuso en la cámara Sedgewick Rafter y se procedió a realizar el conteo e identificación en el microscopio óptico. La identificación de los grupos taxonómicos se realizó con ayuda de material bibliográfico de Streble & Krauter (1987), Reid (1985) y se tiene en cuenta las categorías taxonómicas propuestas por *Integrated Taxonomy Information System* (ITIS). Los resultados fueron expresados en individuos por mililitro (Ind/ml).

- Macroinvertebrados bentónicos

Las muestras fueron lavadas en tamices de 4,00 y 0,425 μm con abundante agua para remover el preservante; el material fue dividido por tamaño y se separaron los organismos que se vieran a simple vista. A continuación, las muestras fueron dispuestas en cajas Petri y observadas en su totalidad mediante el uso de un estereoscopio donde se efectuó la identificación y conteo de todos los organismos, los cuales fueron almacenados en frascos con alcohol al 70%. Los resultados se expresaron en número de individuos por metro cuadrado (Ind/m²) por estación o punto de muestreo.

La identificación se basó en la literatura de: Posada-García & Roldán-Pérez (2003); Domínguez & Fernández (2009); Epler (2006, 2010); Ramírez (2010); Gutiérrez-Fonseca (2010); Springer (2010); Segura, Valente-Neto & Fonseca-Gessner (2011); Heckman (2011); Hamada, Nessimian & Ranyse (2014), Gutierrez & Dias (2015) y González-Córdoba, Zúñiga & Manzo (2015). La clasificación taxonómica fue de acuerdo con lo propuesto por *Integrated Taxonomy Information System* (ITIS).

- Perifiton

Las muestras fueron homogeneizadas manualmente mediante movimientos de vaivén, luego con una micropipeta se tomaron alícuotas de 100 μL y se dispusieron en la cámara Palmer y empleando el microscopio óptico se realizó el conteo e identificación. Los resultados para perifiton fueron expresados en número de individuos por centímetro cuadrado (Ind/cm²) y para fitoplancton en número de individuos por mililitro (Ind/ml).

La literatura que se empleó para la identificación fue: Parra, González, Dellarossa, Rivera & Orellana (1982); Parra, González & DellaRosa (1983); Streble & Krauter (1987); Wehr & Sheath (2003); Bicudo & Menezes (2006) y Belliger & Sigee (2010). La clasificación taxonómica está basada en lo propuesto por *Integrated Taxonomy Information System* (ITIS) y Algaebase. El recuento de individuos se efectuó por género numerado (morfoespecie). El análisis cuantitativo se hizo mediante conteo de las algas a través de cámaras de Sedgewick-Rafter según la técnica 1002F.

- Macrófitas

Para la identificación de las macrófitas se revisó el registro fotográfico y los datos proporcionados en campo; y con ayuda de las referencias bibliográficas de Brünner & Beck (1990), Velásquez (1994); Hiscock (2003); Smagula & Connor (2007); García, Fernández & Cirujano (2009) y Posada & López (2011) se realizó la identificación al menor nivel taxonómico posible. La clasificación taxonómica también se basó en lo propuesto por *Integrated Taxonomy Information System* (ITIS).

- Ictiofauna

La identificación de los peces tanto por registro fotográfico como los colectados y enviados al laboratorio se realizó mediante características morfológicas y de acuerdo con la cuenca hidrográfica a la que pertenecían se empleó la literatura propuesta por Galvis, Mojica & Camargo (1997); Salinas & Agudelo (2000); Taphorn, (2003); Lasso, et al., (2004), Maldonado-Ocampo, et al., (2005), Galvis, et al., (2007), Lasso, et al., (2011); Gutiérrez, Lasso, Baptiste, Sánchez-Duarte & Díaz, (2012), Mojica, Usma, Álvarez & Lasso, (2012), y Álvarez-León, Orozco-Rey, Páramo-Fonseca & Restrepo-Santamaría, (2013). La clasificación taxonómica y estado de vulnerabilidad se basó en lo propuesto por *Integrated Taxonomy Information System* (ITIS), FishBase y la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN (International Union for Conservation of Nature).

- Análisis de toxicología

Las muestras recolectadas (FQM006290, FQM006287) se enviaron al laboratorio Tecnimicro Laboratorio de Análisis S.A.S para su análisis. El informe resumen obtenido del laboratorio contenía información sobre datos de la recepción de la muestra: producto entregado, muestra, fecha, temperatura, cantidad, aspecto, olor y color. Las muestras se procesaron realizando análisis de metales pesados siguiendo la metodología acreditada para cada uno: Cadmio (*Standard Methods 3120 A, B, Ed. 23 Modificado*), Mercurio (IN-GS-3.471 V7 2017-09-26 ONAC) y Plomo (*Standard Methods 3120 A, B, Ed. 23 Modificado*). Los valores obtenidos se compararon con la norma especificada para cada compuesto: Cadmio (máximo 0,05 mg/Kg), Mercurio (máximo 0,5 mg/Kg), Plomo (máximo 0,3 mg/Kg).

5.2.1.2.1.3. Fase de análisis.

- Diseño estadístico

Esta fase consistió en la organización de los datos primarios de cada comunidad y parámetros fisicoquímicos en tablas, expresando los resultados en términos de individuos por unidad de área o volumen y concentraciones. Luego se realizaron las gráficas de abundancia y riqueza para las comunidades hidrobiológicas y gráficas de las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos comparados contra los lineamientos establecidos en el Decreto 1076 de 2015 en los artículos 2.2.3.3.9.3; 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6.

El planteamiento del estudio se basó en el cálculo y la comparación de las riquezas y abundancias de las comunidades hidrobiológicas para cada uno de los puntos, con el fin de identificar la estabilidad o causas que estuvieran moldeando cada comunidad. Además de los análisis respectivos de riqueza, abundancia, composición taxonómica se calcularon diversos índices ecológicos. El análisis estadístico estuvo determinado por los índices ecológicos de Shannon-Wiener (H'), Pielou (J') y Simpson (λ). La metodología de cada índice se expone a continuación:

- Índice de Shannon-Wiener (H'):

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

Donde P_i : es la abundancia proporcional de la especie i , es decir el número de individuos de la especie i , dividido entre el número total de individuos

- Equidad de Pielou (J'):

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

Donde la H'_{max} corresponde a $\ln(S)$, siendo el S el número de especies encontrado.

- Dominancia de Simpson (λ)

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

La dominancia calcula la probabilidad de que al sacar dos individuos al azar de la población estos correspondan a la misma especie, a diferencia del índice de Shannon da más importancia a las especies más comunes.

Se realiza un análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) que permite correlacionar los datos fisicoquímicos con la riqueza de individuos de cada grupo.

5.2.1.2.2. *Análisis y resultados época seca*

Los resultados y datos obtenidos en campo en los cuatro puntos determinados se presentan en el CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.026. A continuación se relacionan los resultados obtenidos por cada componente.

5.2.1.2.1.1. *Fito y Zooplancton.*

Se evidencia que los cuatro (4) puntos de monitoreo se encontraron secos, por tanto, no fue posible encontrar ejemplares de este grupo.

5.2.1.2.1.2. *Macroinvertebrados bentónicos.*

Se evidencia que los cuatro (4) puntos de monitoreo se encontraron secos, por tanto, no fue posible encontrar ejemplares de macroinvertebrados bentónicos para la época seca.

5.2.1.2.1.3. *Perifiton.*

Se evidencia que los cuatro (4) puntos de monitoreo se encontraron secos, por tanto, no fue posible encontrar ejemplares de perifiton para la época seca.

5.2.1.2.1.4. *Macrófitas.*

Se evidencia que los cuatro (4) puntos de monitoreo se encontraron secos, por tanto, no fue posible encontrar macrófitas para la época seca.

5.2.1.2.1.5. *Ictiofauna.*

Se evidencia que los cuatro (4) puntos de monitoreo se encontraron secos, por tanto, no fue posible encontrar ejemplares de peces para la época seca.

5.2.1.2.1.6. *Análisis de diversidad.*

Teniendo en cuenta los resultados del monitoreo no se realizaron otros análisis de diversidad diferentes a la riqueza y la abundancia. Igualmente no fue posible realizar el Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC) para la comparación de los parámetros de calidad del agua e hidrobiológicos.

5.2.1.2.1.7. *Resultados de toxicología.*

Los resultados de los análisis de las diferentes muestras de peces indican poca presencia de metales pesados en el área del proyecto minero La Esmeralda, por cuanto todas las concentraciones determinadas están por debajo de los límites máximos permitidos por la legislación Colombiana (véase Tabla 127; anexos CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.027, CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.028). De acuerdo con la bibliografía³ las especies bentónicas o aquellas que se alimentan de organismos bentónicos presentan las mayores concentraciones de metales pesados ya que estos elementos al entrar al medio acuático se precipitan, aumentando así su disponibilidad en la cadena trófica (que inicia por vía bentónica). Por tanto una especie que se alimenta de organismos bentónicos, como *Cynodonichthys magdalenae*, puede ser un buen indicador de la presencia de metales pesados en un área determinada, así sea una especie que principalmente habitan en la columna de agua⁴.

Tabla 127. Concentración de metales pesados encontrados en las muestras asociadas al proyecto minero La Esmeralda

Punto de muestreo	Peso de la muestra (gr)	Cadmio (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)	Plomo (mg/kg)
FQ 8. Zanjón Los Huilos	20	<0,002	0,0493	0,236
FQ 6. Drenaje El Salado	11	<0,002	0,0132	0,278
Concentraciones máximas permitidas (Resolución 0122 de 2012)		0,05	0,5	0,3

Fuente: Elaboración Propia

Los metales pesados analizados pueden ser encontrados de forma natural debido a los procesos de descomposición de los sustratos rocosos y su posterior lavado por las lluvias, que finalmente llegan al medio acuático por escorrentía⁵. Este hecho condiciona probablemente los resultados en el área de influencia ya que los cuerpos de agua asociados tienen carácter estacional y su flujo depende principalmente de las lluvias que lavan los sustratos rocosos.

³ MANCERA-RODRÍGUEZ, Néstor. y ÁLVAREZ-LEÓN, Ricardo. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. En: *Acta Biológica Colombiana*. 2006, Vol. 11 nro. 1. pp. 3-23

⁴ BENONI, S. Feeding Behavior and terrestrial locomotion in the cyprinodontid fish *Rivulus hartii* (Boulenger). En: *International Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*.1978, Vol. 20, nro. 3. pp 2055-2059.

⁵ SOLANO, Antonia. Movilización de metales pesados en residuos y suelos industriales afectados por la hidrometalurgia del Zinc. Universidad de Murcia. Memoria presentada para optar al grado de Doctora en Química. 2005. 25 p.

Es destacable la concentración de plomo en las dos muestras, dado que, aunque no supera los límites establecidos por la legislación, los valores están cercanos al valor permitido, particularmente la muestra de la Quebrada El Salado. Esto puede estar relacionado con la disposición de residuos sólidos en áreas cercanas a los cauces, si bien el personal asociado con CEMEX-La Esmeralda está plenamente capacitado para el manejo y disposición apropiado de residuos sólidos, una parte del área del proyecto presenta paso constante de pobladores del corregimiento de Payandé que contaminan los cuerpos de agua con este tipo de desechos. Sumado a lo anterior, el cauce de la Quebrada El Salado, pasa muy cerca del centro poblado del corregimiento, aumentando las probabilidades de encontrar residuos sólidos cerca al cauce, que por escorrentía puedan aportar contaminantes a este cuerpo de agua.

5.2.1.2.2. Análisis y resultados época húmeda

Los resultados y datos obtenidos en campo en los puntos determinados se presentan en el CAP5.2-CMBI-LES745-AN#5.2.026. A continuación, se relacionan los resultados obtenidos por cada componente.

5.2.1.2.2.1. Macroinvertebrados bentónicos.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos del área de influencia de la Mina La Esmeralda registró una abundancia total de 157,8 Ind/m². Esta se conforma por organismos de los órdenes Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Megaloptera, Odonata, Basommatophora, Neotaenioglossa, las clases Clitellata, Ostracoda y la subclase Arachnida. Como se observa en la Figura 112, el punto FQ3 Rio Coello intermedio 2 fue el que registró la mayor abundancia con 65,6 Ind/m², seguido del FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) con 41,1 Ind/m².

Los puntos en el Caño La Palma, FQ6 (El Salado) y FQ9 (Pit de explotación) presentaron una abundancia de 23,3 y 16,7 Ind/m² respectivamente. Por otro lado, los puntos con las menores abundancias fueron FQ2 (R. Coello intermedio), FQ1 (R. Coello aguas arriba) y FQ8 (Zanjón Los Huilos) con abundancias de 5,6 Ind/m², 3,3 Ind/m² y 2,2 Ind/m² respectivamente. En cuanto a los órdenes reportados, los coleópteros fueron los más abundantes de la comunidad con un total de 51,1 Ind/m², entre los que se destacaron los organismos de las familias Staphylinidae y Dytiscidae. A estos les siguieron los pertenecientes al orden Diptera con 38,9 Ind/m², la clase Clitellata con 30 Ind/m² y Hemiptera con 11,1 Ind/m². Por otro lado, los organismos menos abundantes fueron los pertenecientes a los órdenes Megaloptera y Odonata con 1,1 Ind/m² cada uno.

Los coleópteros en su mayoría viven en aguas continentales lólicas y lénticas. En ecosistemas lólicos viven en aguas con sustratos con gran cantidad de troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergida y emergente. Las zonas más ricas en coleópteros acuáticos son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias. En los ecosistemas lénticos, se les encuentra principalmente en las zonas ribereñas, ya sea nadando libremente en la superficie o sobre la vegetación sumergida⁶. Estos organismos estuvieron presentes en cuatro de los siete puntos en los que se realizó el monitoreo, sin embargo, estos presentaron su mayor abundancia en FQ3 (R. Coello Intermedio 2) con un total de 44,4 Ind/m², en su mayoría constituidos por organismos de la familia Staphylinidae. La siguiente familia en número de organismos fue Dytiscidae con 2,2 Ind/m², las restantes familias Chrysomelidae, Curculionidae, Hydrophilidae, Ptilodactylidae y Scirtidae, tuvieron una abundancia de 1,1 Ind/m² cada una.

Los dípteros constituyen un orden abundante y ampliamente distribuido; viven en hábitats muy variados, se encuentran en ríos, arroyos, lagos y embalses bajo cualquier condición organoléptica⁷. Un gran número de especies tienen relación con el agua y en muchas familias las larvas son estrictamente acuáticas. Estos organismos representan algunas de las

⁶ VERGARA, D. Entomofauna lólica bioindicadora de la calidad del agua. Biblioteca Digital Repositorio Institucional UN: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2177/>. 2009.

⁷ ROLDÁN, Gabriel; RAMÍREZ, John Jairo. Fundamentos de limnología neotropical. 2008.

formas más conocidas de insectos, incluyendo los mosquitos y moscas, muchas de las cuales son las más molestas de todas las plagas de insectos, en particular en términos de salud humana y economía. A pesar de esto, muchos grupos de los dípteros acuáticos desempeñan un papel fundamental en la transformación de la energía en los ambientes acuáticos y en el apoyo a las poblaciones de peces y aves acuáticas⁸. Estos organismos estuvieron presentes en todos los puntos de monitoreo, sin embargo, fue en FQ3 (R. Coello Intermedio 2) donde se alcanzó su mayor abundancia (12,2 Ind/m²).

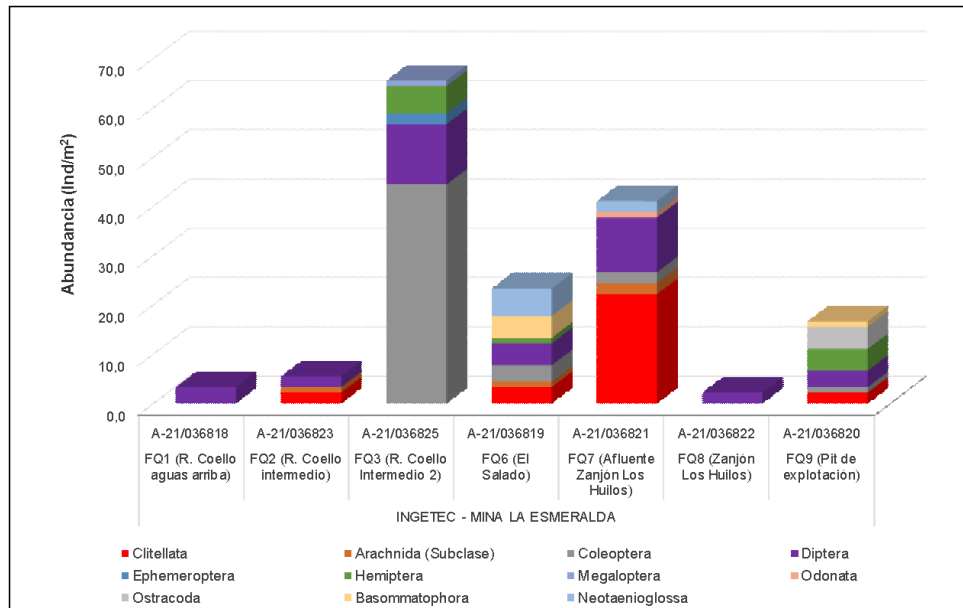


Figura 112. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo en temporada húmeda.
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

⁸ LIÉVANO, Arturo. y OSPINA, Rodolfo. Guía ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón. Bogotá D.C. Universidad El Bosque e Instituto Alexander Von Humbolt. Bogotá, D. C. 2007. 130p.

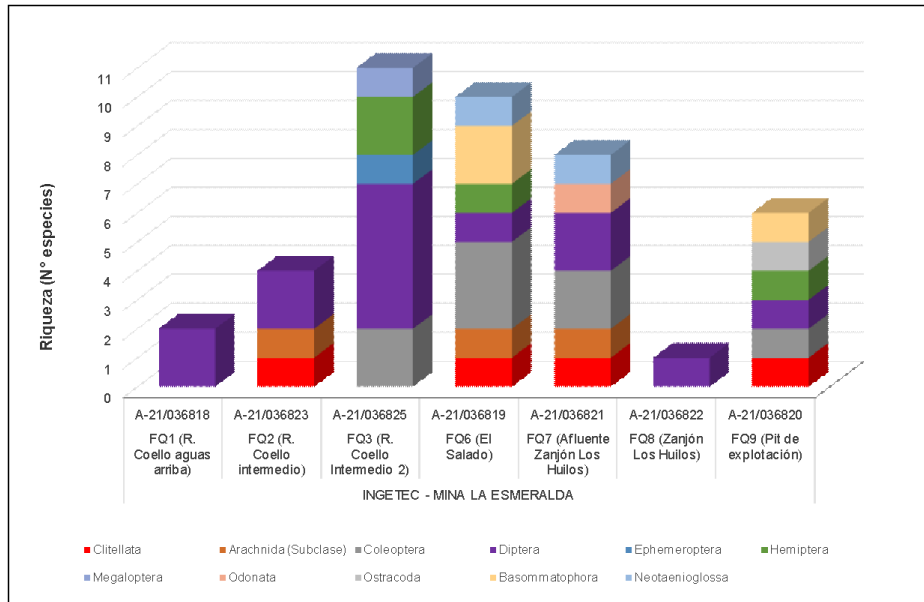


Figura 113. Riqueza de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo en temporada húmeda.

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

Entre las familias que constituyeron el orden Diptera, Chironomidae fue la más abundante con un total de 24,4 Ind/m², seguido de la familia Psychodidae con 6,7 Ind/m² y Ceratopogonidae con 4,4 Ind/m². Las demás familias, es decir, Ephydriidae, Sciaridae y Stratiomyidae fueron poco abundantes (1,1 Ind/m²).

La clase Clitellata fue la siguiente en número de organismos con 30 Ind/m². Estos estuvieron presentes en cuatro de los siete puntos, y fue en FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) en donde reportó el mayor número, con 22,2 Ind/m². La importancia de estos organismos radica en que siempre se han utilizado como bioindicadores gracias a su capacidad para aumentar en número a medida que aumenta la materia orgánica de los sistemas, reemplazando a otros macroinvertebrados bentónicos menos tolerantes a esta condición. Este tipo de organismos es generalmente conocido por ser tolerante a la contaminación orgánica, tolerar bajos niveles de oxígeno y también decrecen las tasas de competencia y depredación con su entorno⁹.

Los hemípteros por otro lado, estuvieron presentes en solo tres puntos, siendo el FQ3 (R. Coello Intermedio 2) en donde se reportó mayor número (5,6 Ind/m²). Estos organismos estuvieron constituidos por 3 familias, siendo los pertenecientes a la familia Notonectidae los más abundantes con 5,6 Ind/m², seguido de Veliidae con 4,4 Ind/m². Estos organismos están compuestos por cerca de 50000 especies, en su mayoría dulceacuícolas, aunque pueden sobrevivir en aguas salobres. Estos juegan un papel importante en las cadenas tróficas, ya que sirven de alimento para otros predadores de otros invertebrados, además, ocupan un hábitat específico en la película de agua, y pueden estar tanto en ambientes lóticos como lénticos de flujo lento. Estos organismos pueden ser utilizados como bioindicadores ya que habitan normalmente en aguas con tensión superficial no rebajada o lo que puedes ser clasificado aguas limpias, ya que sustancias tensoactivas como detergentes o hidrocarburos, rompen la tensión del agua¹⁰.

Los menos abundantes en la comunidad fueron los pertenecientes a los órdenes Megaloptera y Odonata. Los primeros sólo estuvieron representados en el punto FQ3 (R. Coello Intermedio 2), con un taxón y un total de 1,1 Ind/m². Estos

⁹ MARTINS, R. T.; STEPHAN, N. N. C. y ALVES, R. G. Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia, 2008, vol. 20, no 3, p. 221-226.

¹⁰ ARISTIZÁBAL-GARCÍA, Hernán. Los hemípteros de la película superficial del agua en Colombia. Parte I: Familia Gerridae. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Jorge Álvarez Lleras No. 20 - Ed. Guadalupe, Bogotá, 2002.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

organismos viven en aguas corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida; se pueden considerar indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas¹¹. Los odonatos por su parte solo estuvieron presentes en FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos), con la misma abundancia de 1,1 Ind/m². Las larvas viven por regla general en ambientes dulceacuícolas, que pueden ser lagos, lagunas, charcas, ríos arroyos, vertientes y vegas. La mayoría de los odonatos se limitan ya sea a ambientes lóticos o lénticos. Su alimento lo constituyen invertebrados acuáticos e insectos, incluyendo a otros odonatos, e incluso renacuajos y pequeños peces cuando la larva es lo suficientemente grande¹².

En términos de riqueza de especies, como se observa en la Figura 113 en total se registraron 26 taxones, de los cuales 7 correspondieron a los órdenes Coleoptera y Diptera, 3 a los Hemípteros, 2 a Basommatophora y un solo taxón para cada uno de los órdenes Ephemeroptera, Megaloptera, Odonata, Neotaenioglossa, las clases Clitellata, Ostracoda y la subclase Arachnida. Con respecto a los puntos de monitoreo, al igual que lo obtenido en la abundancia, el punto FQ3 (R. Coello Intermedio 2) fue el más diverso del monitoreo con un total de 11 taxones en donde se destacó la presencia de los dípteros con cinco 5 taxones. A este punto le siguieron FQ6 (El Salado) con un total de 10 taxones, FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) con 7, FQ9 (Pit de explotación) con 6 taxones, FQ2 (R. Coello intermedio) con una diversidad de 4 taxones, FQ1 (R. Coello aguas arriba) con un total de 2 taxones y finalmente el punto menos diverso con un solo taxón resultó ser FQ8 (Zanjón Los Huilos).

Los coleópteros junto a los dípteros fueron los organismos más diversos del monitoreo, los primeros son propios de aguas lóticas y se encuentran en aguas someras, limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias. En aguas lénticas se ubican en las zonas ribereñas y se adaptan diferentes temperaturas¹³. Estos organismos presentaron su mayor riqueza en FQ6 (El Salado) con un total de 3 taxones. Estuvieron constituidos por organismos de las familias Chrysomelidae, Curculionidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Ptilodactylidae, Scirtidae y Staphylinidae. Por su parte, los dípteros estuvieron presentes en todos los puntos de monitoreo y tuvieron su mayor riqueza en el punto FQ3 (R. Coello Intermedio 2) con 5 taxones, siendo la familia Psychodidae la más representativa. Los dípteros estuvieron constituidos por las familias Ceratopogonidae, Chironomidae, Ephydriidae, Psychodidae, Sciaridae y Stratiomyidae. En su hábito acuático estos organismos se pueden encontrar en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, sitios que constituyen depósitos de agua en brácteas de plantas y orificios de troncos viejos¹⁴.

Los hemípteros estuvieron constituidos por las familias Cicadellidae, Notonectidae y Veliidae; tuvieron su mayor riqueza en el punto FQ3 (R. Coello Intermedio 2) registrando 2 taxones, y en los otros dos puntos en donde se reportaron hemípteros solo fueron representados por un único taxón. Este grupo vive en remansos de ríos y quebradas; son poco resistentes a corrientes rápidas y, por lo tanto, habitan frecuentemente en lagos, ciénagas y pantanos, aunque existen especies que resisten cierto grado de resistencia a la salinidad y a la temperatura de aguas termales¹⁵.

Los organismos pertenecientes al orden Basommatophora estuvieron presentes en sólo dos de los siete puntos de monitoreo, sin embargo, fue en el punto FQ6 (El Salado), en donde se reportó la mayor diversidad, un total de 2 taxones de las familias Lymnaeidae y Planorbidae. Estos organismos habitualmente viven en fondos fangosos o con limo, estando en general asociados a las raíces y hojas de macrófitas acuáticas. Pueden soportar situaciones de fuerte polución orgánica¹⁶.

Los demás representantes de la comunidad bentónica estuvieron conformados solo por un taxón por grupo. En el caso de los clitelados estuvieron presentes en cuatro puntos de monitoreo, siendo más abundantes en FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos). Los arácnidos solo estuvieron presentes en tres puntos, en FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) fue en donde

¹¹ VERGARA, D. 2009. *Op cit*

¹² DOMÍNGUEZ, E. y FERNÁNDEZ, H. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 2009.

¹³ ROLDAN, G. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia: Uso del Metodo BMWP/Col. Medellín: Universidad de Antioquia. 2003.

¹⁴ FERNÁNDEZ, H.; DOMÍNGUEZ, E. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. *Entomotropica*, 2001, vol. 16, no 3, p. 219.

¹⁵ VERGARA, D. 2009. *Op cit*

¹⁶ CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. Guía de campo. Macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. Ministerio de medioambiente. España: Ministerio de medio ambiente. 2009. 126 p.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

se reportó la mayor cantidad. Los efemerópteros estuvieron constituidos por organismos de la familia Baetidae y el género Baetodes. El orden Megaloptera estuvo constituido por organismos de la familia Corydalidae y su género *Corydalis* sp. Por su parte los odonatos estuvieron representados por organismos de la familia Libellulidae. El orden Neotaenioglossa tuvo como representante la familia Cochliopidae y finalmente la clase Ostracoda el morfo 1.

En cuanto a la abundancia relativa, tal como se observa en la Figura 114, el orden Coleoptera se ubicó como el más abundante, reuniendo el 32,4% de la abundancia total; estuvo seguido por Diptera con el 24,6% del total de la comunidad. Los clitelados tuvieron una representación del 19%, Hemiptera 7%, Neotaenioglossa de 4,9%, Bassomatophora 3,5%, la clase Ostracoda y la subclase Arachnida tuvieron una representación de 2,8% cada uno. Los menos representativos fueron el orden Ephemeroptera con una abundancia relativa del 1,4%, seguido los órdenes Megaloptera y Odonata que registraron 0,7% del total de la comunidad cada uno.

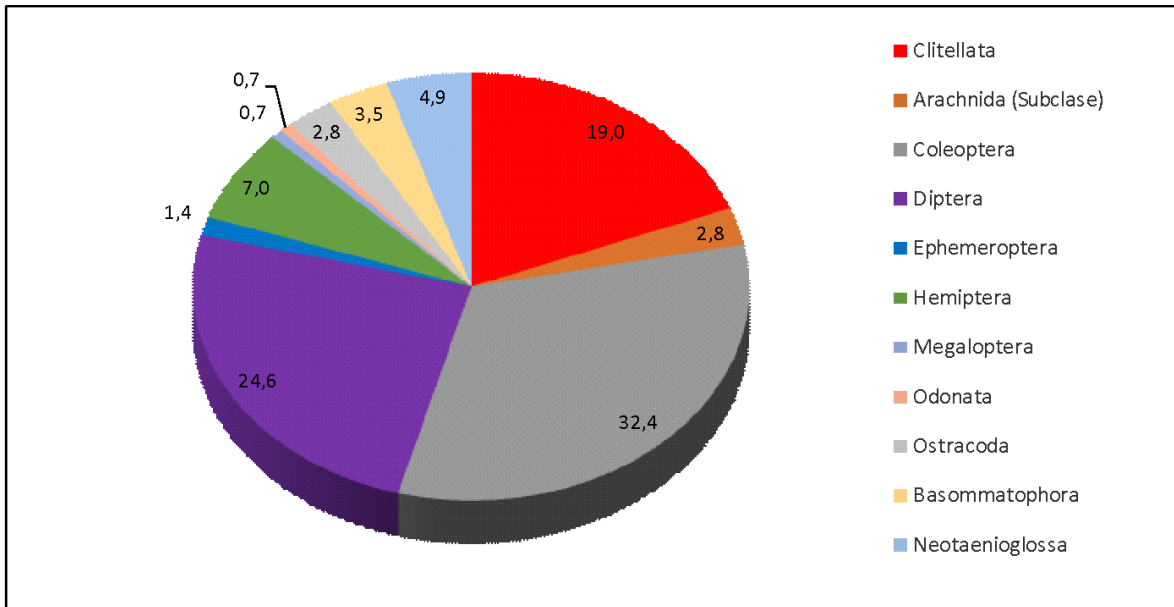






Figura 114. Abundancia relativa de los grupos taxonómicos en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en temporada húmeda.



Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

En la Tabla 128 se muestran los organismos más representativos de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 128. Organismos representativos de macroinvertebrados acuáticos en época húmeda

Morfo 1 - Clitellata		Morfo 1 - Cochliopidae.	
	<p>Los clitelados son un grupo de organismos propio de ambientes con alta sedimentación, eutróficos y con sustrato lodoso (Pinilla, 2000), son indicadores de contaminación por materia orgánica (Roldán, 2003);</p>		<p>Habitán una gran variedad de cuerpos de agua desde arroyos calmos, lagunas hasta ríos con fuertes corrientes. Con preferencia a sustratos duros. (Domínguez & Fernández, 2009).</p>
Chironomidae		Morfo 1 - Staphylinidae	
	<p>Los quironómidos son los candidatos a mejores bioindicadores de la calidad del agua, ya que normalmente dominan en términos de abundancia y número de especies, siendo los indicadores más útiles de la calidad de las aguas superficiales y la capa superior de las aguas subterráneas debido a que las larvas se ven afectadas por el contenido orgánico y la carga de metales en los sedimentos (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2012)</p>		<p>Es la familia más diversa de escarabajos y del reino animal con 55400 especies descritas, ha sido utilizada como grupo indicador de cambios ambientales, para medir el impacto humano sobre la biodiversidad y para comparar hábitats con diferente cobertura vegetal. Además, los estafilínidos han sido de gran importancia como herramienta para la priorización de áreas de conservación (Méndez-Rojas, López-García & García-Cárdenas, 2012).</p>

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

Notonecta sp.		Morfo 1 - Acari.	
	Habitán en aguas tranquilas o de curso lento, donde se les puede ver nadando de espaldas panza arriba impulsándose con sus patas traseras. Prefieren áreas que tengan vegetación sumergida, comportándose como activos predadores. Se considera que su presencia se relaciona con algunos factores de estrés (sequía, polución, bajo caudal).		Estos organismos es común encontrarlos en lagos, pantanos y pequeños cuerpos de agua, habitan en las riberas o sobre vegetación en descomposición, son considerados eurihábiles, por lo que no pueden catalogarse como indicadores de un tipo particular de agua. (Roldán 1996).

En la Tabla 129 se observan las densidades y los índices ecológicos para cada uno de los puntos sobre área de influencia de la Mina Esmeralda. En dos de los siete puntos, no se lograron calcular los índices ecológicos, debido a que se necesitan al menos 3 taxones para ello. De acuerdo con el índice de Shannon-Wiener (H') y con la escala propuesta por Roldán & Ramírez (2008)¹⁷ se evidenció que en cuatro puntos se presentó un índice entre 1,92 – 2,39 bits/individuo, lo que indica una diversidad media y por lo tanto una contaminación moderada. En el punto FQ6 (El Salado) se presentó un índice de 3,01 bit/individuo, lo que se traduce en una alta diversidad y por lo tanto una baja contaminación. En cuanto al crecimiento de la comunidad se observa que es tendiente a la uniformidad al registrar valores de uniformidad de Pielou (J') mayores a los del predominio de Simpson (λ), lo cual indica que la abundancia se distribuyó de forma equitativa entre los diferentes taxones y ninguno de ellos fue dominante.

Tabla 129. Resumen de resultados de macroinvertebrados bentónicos e índices ecológicos en los cuerpos lénticos del área de influencia en temporada húmeda.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	INGETEC - MINA LA ESMERALDA						
					FQ1 (R. Coello aguas arriba)	FQ2 (R. Coello interm edio)	FQ3 (R. Coello Interm edio 2)	FQ6 (El Salad o)	FQ7 (Aflue nte Zanjó n Los Huilos)	FQ8 (Za njó n Los Huilo s)	FQ9 (Pit de exp lota ció n)
					A- 21/036 818	A- 21/036 823	A- 21/036 825	A- 21/036 819	A- 21/036 821	A- 21/0 368 22	A- 21/0 368 20
Annelida	Clitellata	*	*	Morfo 1 - Clitellata		2,2		3,3	22,2		2,2

¹⁷ ROLDÁN, Gabriel y RAMÍREZ, J. 2008. *Op cit.*

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	INGETEC - MINA LA ESMERALDA							
					FQ1 (R. Coello aguas arriba)	FQ2 (R. Coello interm edio)	FQ3 (R. Coello Interm edio 2)	FQ6 (El Salad o)	FQ7 (Aflue nte Zanjó n Los Huilos)	FQ8 (Za njó n Los Huilo s)	FQ9 (Pit de exp lota ción)	
Arthropoda	Euchelice rata	Arachnida (Subclase)	*	Morfo 1 - Arachnida		1,1		1,1	2,2			
	Insecta	Coleoptera	Chrysomelida e	Morfo 1 - Chrysomeli dae				1,1				
			Curculionidae	Morfo 1 - Curculionid ae				1,1				
			Dytiscidae	Morfo 1 - Dytiscidae				1,1	1,1			
			Hydrophilidae	Hydrophilus sp.							1,1	
			Ptilodactylida e	Morfo 1 - Ptilodactylid ae			1,1					
			Scirtidae	Morfo 1 - Scirtidae					1,1			
			Staphylinidae	Morfo 1 - Staphylinida e			43,3					
		Diptera	Ceratopogoni dae	Morfo 1 - Ceratopogo nidae						1,1		3,3
			Chironomidae	Morfo 1 - Chironomid ae	2,2	1,1	4,4	4,4	10,0	2,2		
			Ephydriidae	Morfo 2 - Ephydriidae			1,1					
			Psychodidae	Morfo 2 - Psychodida e			1,1					
			Psychodidae	Psychoda sp.	1,1		4,4					
			Sciaridae	Morfo 1 - Sciaridae		1,1						
			Stratiomyidae	Odontomyia sp.			1,1					

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	INGETEC - MINA LA ESMERALDA						
					FQ1 (R. Coello aguas arriba)	FQ2 (R. Coello interm edio)	FQ3 (R. Coello Interm edio 2)	FQ6 (El Salad o)	FQ7 (Aflue nte Zanjó n Los Huilos)	FQ8 (Za njó n Los Huilo s)	FQ9 (Pit de exp lota ció n)
		Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp.			2,2				
		Hemiptera	Cicadellidae	Morfo 1 - Cicadellidae			1,1				
			Notonectidae	Notonecta sp.				1,1			4,4
			Veliidae	Rhagovelia sp.			4,4				
			Megaloptera	Corydalidae	Corydalis sp.			1,1			
		Odonata	Libellulidae	Morfo 1 - Libellulidae					1,1		
	Ostracoda	*	*	Morfo 1 - Ostracoda							4,4
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Morfo 1 - Lymnaeidae				3,3			
			Planorbidae	Morfo 1 - Planorbidae				1,1			1,1
		Neotaenioglossa	Cochliopidae	Morfo 1 - Cochliopidae				5,6	2,2		
Índices ecológicos			Abundancia Ind/m² (N)		3,3	5,6	65,6	23,3	41,1	2,2	16,7
			Riqueza (S)		2	4	11	10	8	1	6
			Uniformidad (J')		--	0,96	0,56	0,90	0,66	--	0,92
			Diversidad bits/individuo (H')		--	1,92	1,95	3,01	1,99	--	2,39
			Predominio (A)		--	0,28	0,45	0,15	0,36	--	0,21

Fuente: Elaboración Propia

Correlación con fisicoquímicos

Esta correlación presenta un rango de -1 a 1, en donde valores cercanos a -1 indican una relación inversamente proporcional y un valor cercano a 1 indicaría una relación directamente proporcional. Además, para este caso, se

tomaron los valores de P, menores al 0,05, ya que estos tendrían un valor de significancia del 95%, es decir serían representativos.

Según la correlación de Spearman (Tabla 130), para la comunidad bentónica no hubo una variable fisicoquímica que afectara el desarrollo de la comunidad, ya que los valores P, son superiores a 0,21, lo que indica significancias menores al 80%. Entre las variables que pudieron haber afectado el desarrollo de la comunidad se encuentra el pH, el cual puede afectar el metabolismo de especies animales y vegetales, este actúa directamente en los procesos de permeabilidad de la membrana celular, interfiriendo, por tanto, en el transporte iónico intra y extracelular y entre los organismos y el medio¹⁸. En el caso del monitoreo hubo concentraciones de pH entre 7,3 – 8,1 , lo que equivale a un rango óptimo para que los macroinvertebrados se desarrollen, no obstante, las menores abundancias de estos organismos se reportaron en los puntos en donde el pH fue más alto.

Otro de los parámetros que pudo tener relación con la comunidad fue la conductividad; este puede estar influenciado por la cantidad de sales disueltas en el agua, además de los sólidos disueltos totales, inclusive por el volumen de lluvias (ya que con baja precipitación puede que las rocas magmáticas aporten a los sistemas, mientras que con alta precipitación puede hacer que las rocas sedimentarias incluyan mayor material a los sistemas acuáticos). La materia orgánica en descomposición también aumenta las lecturas de conductividad, por lo que podría ser un indicativo de contaminación en los sistemas.

Los organismos bentónicos presentaron las menores abundancias en los puntos FQ1 y FQ2 del Rio Coello, esto puede estar relacionado con factores como el caudal, ya que en estos puntos se reportó el sistema desbordado, evitando así el establecimiento de la comunidad, además en estos puntos se registraron uno de los valores más altos de conductividad y coliformes totales, por lo que pudo ser un factor clave en el establecimiento de la comunidad (Moacyr, 2012).

Tabla 130. Tabla de correlación de Spearman para la comunidad bentónica de la temporada húmeda de la comunidad bentónica

Parámetros	Bentos	
	Spearman	Valor P
% Saturación de Oxígeno	-0,09	0,86
Oxígeno Disuelto In Situ Medido MA	-0,16	0,76
pH In Situ Medido MA	-0,56	0,21
Temperatura In Situ Medido MA	0,20	0,67
Acidez Total	-0,18	0,71
Alcalinidad Total	-0,14	0,78
Aluminio Total	-0,04	0,97
Calcio Total	-0,36	0,44
Cloruros	-0,11	0,84
Coliformes Totales por NMP	0,21	0,63
Coliformes Fecales por NMP	0,25	0,58
Conductividad Eléctrica	-0,50	0,27

¹⁸ ESTEVES, Francisco de Assis, et al. *Fundamentos de limnología*. 2011.

Parámetros	Bentos	
	Spearman	Valor P
DBO5	-0,34	0,46
DQO	-0,16	0,76
Dureza Cálcica	-0,36	0,44
Dureza Total	-0,18	0,71
Fenoles	0,27	0,57
Fosfatos	-0,41	0,57
Fósforo Total	-0,04	0,95
Hierro Total	-0,04	0,97
Magnesio Total	-0,04	0,96
Manganeso Total	-0,04	0,95
Nitratos	0,04	0,95
Nitritos	0,40	0,43
Nitrógeno Kjeldahl	-0,18	0,71
Sólidos Sedimentables	-0,04	0,95
Sólidos Totales Disueltos	-0,32	0,50
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	0,02	0,99
Sulfatos	-0,18	0,71
Sulfitos	0,21	0,63
Turbidez	0,18	0,71

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

Al realizar el análisis de correspondencia canónica con las variables *in situ* (Figura 115), se evidenció que en esta comunidad no hubo una relación moldeadora de las poblaciones presentes, sin embargo, se puede ver que en los puntos en los que se reportaron los pH más altos (8,1 - 8), se reportaron las menores abundancias y riquezas del monitoreo (FQ1 Rio Coello y FQ8 (Zanjón Los Huilos)). En estos puntos se reportaron organismos del orden Diptera, los cuales tienen aspectos ecológicos muy variados, y son capaces de adaptarse a gran cantidad de ambientes, como ambientes con baja cantidad de oxígeno y alto conteo de coliformes¹⁹.

Otro de los factores que pudo haber moldeado la comunidad bentónica fue la saturación de oxígeno presente en el cuerpo de agua. En el punto FQ3 Rio Coello, se reportó la abundancia y la riqueza más alta del monitoreo con 65,6

¹⁹ CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. 2009. *Op cit*

Ind/m² y 11 taxones, además fue en este punto en donde se reportó una de las mayores concentraciones de oxígeno. La comunidad en este punto estuvo constituida por organismos cosmopolitas como lo fueron los dípteros y Coleópteros, sin embargo, hubo presencia de organismos sensibles a las condiciones del cuerpo de agua como los efemerópteros y los megalópteros (siendo el único punto en donde se reportaron estos órdenes taxonómicos). Por otro lado, en el punto FQ8 (Zanjón Los Huilos) que fue en donde se reportó la menor concentración de oxígeno, fue el punto con menor abundancia y riqueza de organismos, incluyendo un solo taxón (Diptera).

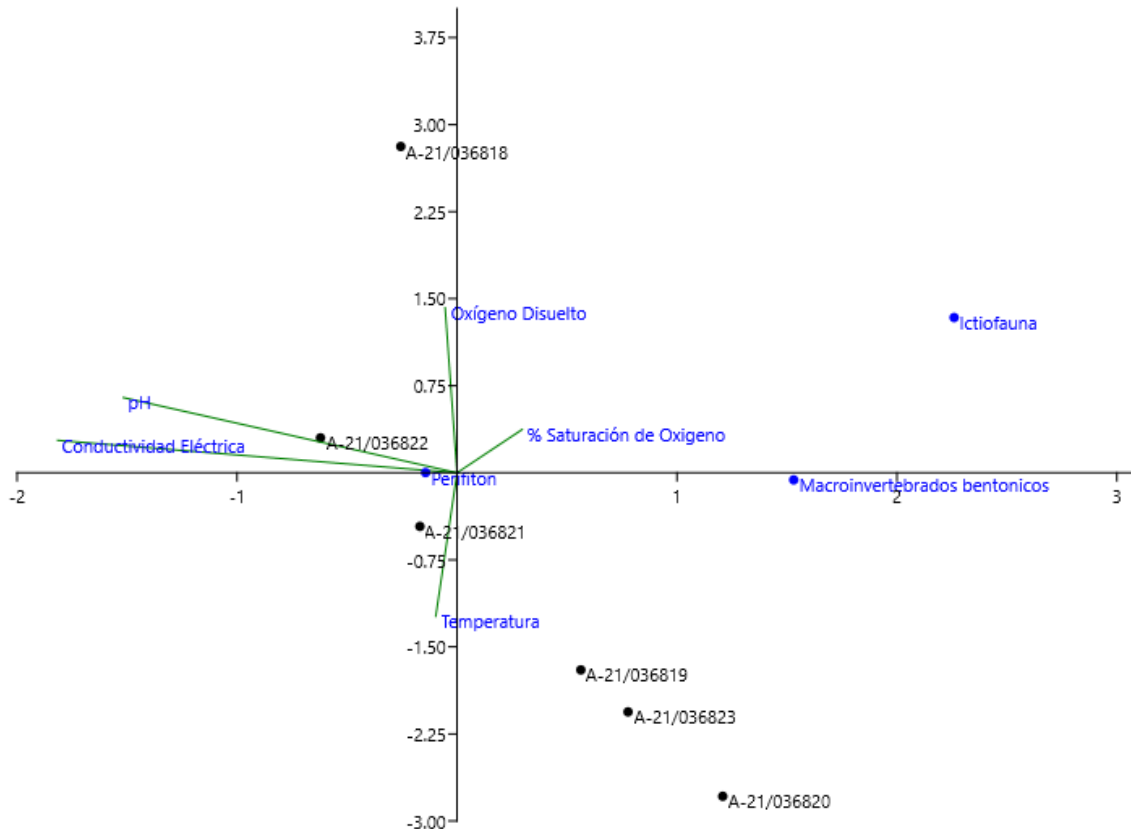


Figura 115. Análisis de correspondencia canónica con los parámetros in situ en temporada húmeda de la comunidad bentónica

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

5.2.1.2.2.2. Perifiton.

La comunidad de perifiton en el área de influencia de la Mina La Esmeralda registró en total 18 taxones pertenecientes a los phyla Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria y Euglenozoa con una abundancia total de 1768,4 Ind/cm², de los cuales 1489,9 Ind/cm² correspondieron a conteo de las algas verde azules (Cyanobacteria), seguido de 258,1 Ind/cm² de las diatomeas (Bacillariophyta) y los registros de las algas verdes del phylum Chlorophyta (13,3 Ind/cm²). Las algas verdes del phylum Charophyta fueron las siguientes con 6,4 Ind/cm², seguido de los organismos menos abundantes, el phylum Euglenozoa con 0,8 Ind/cm². Como se observa en la Figura 116, el punto FQ8 (Zanjón Los Huilos) fue en donde se reportaron las mayores abundancias del monitoreo, con 855,1 Ind/cm², seguido de FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) con un total de 612,4 Ind/cm² y FQ6 (El Salado) con 121,8 Ind/cm². Los puntos con las menores cantidades de organismos estuvieron localizados sobre el Rio Coello con los puntos FQ2 y FQ3 con abundancias de 24 y 26 Ind/cm² respectivamente.

Las Cianobacterias (los organismos más abundantes de la comunidad), estuvieron presentes en seis de los siete puntos de monitoreo, solo ausentes en FQ3 (R. Coello Intermedio 2). Por otro lado, el punto FQ8 (Zanjón Los Huilos), fue en donde se reportó el mayor número, registrando 855,1 Ind/cm². El género más representativo de este phylum fue *Scytonema* sp, con un total de 1448,8 Ind/cm². En términos generales la presencia de algas verde-azules hace referencia a un sistema de características de situaciones marginales o cambiantes, en donde posiblemente un aumento de nutrientes promueve el desarrollo de este tipo de organismos durante un periodo y luego son eliminados por competencia cuando las condiciones del cuerpo de agua se estabilizan²⁰. Las cianofíceas constituyen un grupo de algas muy primitivo, pueden desarrollarse en ambientes diversos, toleran condiciones extremas de salinidad y temperatura. Este grupo taxonómico generalmente prolifera en cuerpos de agua, donde las concentraciones de fósforo aumentan respecto al nitrógeno, por lo tanto los afloramientos de este grupo son un buen indicador de eutrofia²¹.

Las diatomeas estuvieron presentes en seis puntos, solo no reportándose en FQ8 (Zanjón Los Huilos). El punto con la mayor cantidad de diatomeas fue en FQ6 (El Salado) con un total de 120,4 Ind/cm². Entre los organismos más representativos del phylum se reportaron los géneros *Nitzschia* sp con 112,1 Ind/cm², seguido de *Achnanthes* sp con 83,6 Ind/cm². Las diatomeas son frecuentes donde se presentan procesos de constante mezcla, estados de eutrofia, sucesión planctónica y parecen no ser afectadas por las variaciones de luz²². Asimismo, se caracterizan por presentar variedad de adaptaciones que les permiten tener diferentes estilos de vida: bentónica, planctónica o perifítica; como integrantes del plancton, las algas son más frágiles, alcanzan un menor tamaño y presentan adaptaciones que les permiten mantenerse suspendidas²³.

El phylum Chlorophyta se reportó en solo dos de los puntos de muestreo, siendo FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) en donde alcanzó su mayor abundancia (11,6 Ind/cm²), mientras que el punto FQ1 (R. Coello aguas arriba) alcanzó un total de 1,6 Ind/cm². Los géneros de los cuales estuvieron compuestos fueron *Chaetophora* sp con 11,6 Ind/cm² y *Scenedesmus* sp con 1,6 Ind/cm². Las algas verdes o clorófitas se desarrollan en una variada gama de condiciones entre esas un amplio rango de salinidad; además, es el grupo más diversificado en las aguas dulces²⁴. Se conocen unas 8000 especies, la mayoría cosmopolitas que prefieren aguas mesosaprobias (aguas de contaminación media por materia orgánica), viven en agua dulce incluso en bajas densidades; solo un 10% de las especies viven en el mar²⁵. Se desarrollan muy bien en zonas cercanas a descargas de aguas negras en ríos, lagos y lagunas; puede ser común observar masas de algas verdes sobre vegetación, troncos caídos y rocas, actuando como índice de contaminación orgánica provocada por descargas de aguas negras o nutrientes provenientes de campos de cultivo o zonas en vía de erosión (Ramírez, 2000).

Charophyta por su lado, solo estuvo presente en un único punto de monitoreo, FQ1 (R. Coello aguas arriba), con un total de 6,4 Ind/cm² y sus únicos representantes fueron los géneros *Cosmarium* sp y *Spirogyra* sp, con abundancias de 0,8 y 5,6 Ind/cm² respectivamente. Las algas verdes están encerradas en dos linajes mayores, el primero Chlorophyta, incluye la mayoría de las ya tradicionalmente llamadas algas verdes, como las algas flageladas unicelulares y en colonias, las filamentosas ramificadas, las filamentosas no ramificadas, algas marinas, algunas algas del suelo (*Chlorella* sp.), epifitas terrestres y ficobiontes. El segundo linaje Charophyta, contiene un pequeño número de taxones de algas verdes como *Spirogyra* sp o *Chara* sp., que están ampliamente distribuidas. Estas algas incluyen organismos unicelulares nadadores, filamentosas (ramificadas o no), células ornamentadas y formas complejas como las parenquimatosas. Estas algas pueden ser encontradas en agua dulce y pocas en aguas salobres, algunas crecen en los suelos²⁶.

²⁰ RAMÍREZ, J. Fitoplancton de agua dulce: Bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias. Medellín: Universidad de Antioquia. 2000. 207 p.

²¹ DÍAZ, CÉSAR ALVAREZ, et al. Análisis del comportamiento ambiental de l'Albufera de Valencia. En *Litoral, ordenación y modelos de futuro: IV Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente*. 2010. p. 105-106.

²² ROLDÁN, Gabriel y RAMÍREZ, J. 2008. *Op cit*.

²³ RAMÍREZ, J. 2000. *Op. cit*.

²⁴ ROLDÁN, Gabriel y RAMÍREZ, J. 2008. *Íbid*

²⁵ STREBLE, H., y KRAUTER, D. Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce. Barcelona: Omega. 1987.

²⁶ LEWIS, Louise y MCCOURT, Richard. Green algae and the origin of land plants. *American journal of botany*. 2004. Vol. 91. pp. 1535-1556.

Finalmente, los organismos del phylum Euglenozoa, solo estuvieron compuestos por organismos de *Trachelomonas* sp, con 0,8 Ind/cm², únicamente fueron registrados en FQ1 (R. Coello aguas arriba). Estos tienen una importancia ecológica primordial en aguas ricas en nutrientes y materia orgánica puesto que aportan oxígeno evitando condiciones anóxicas en ambientes con estas características permitiendo a su vez el crecimiento de bacterias aeróbicas que contribuyen a la depuración de las aguas. Además, son más frecuentes en aguas estancadas y someras²⁷.

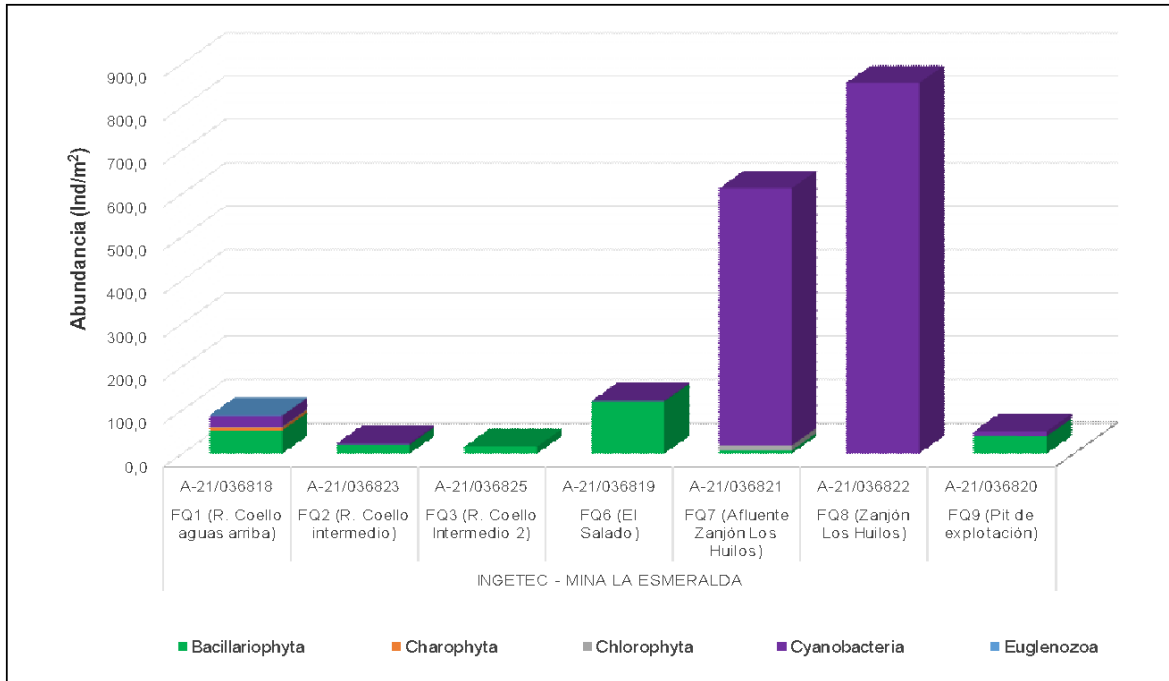


Figura 116. Abundancia de perifiton en los puntos de muestreo en temporada húmeda.
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

²⁷ ARCOS - PULIDO, M. DEL P., & GÓMEZ PRIETO, A. C. Microalgas perifíticas como indicadores del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. *Nova*. 2006. Vol. 4, nro. 6, pp. 60-79.

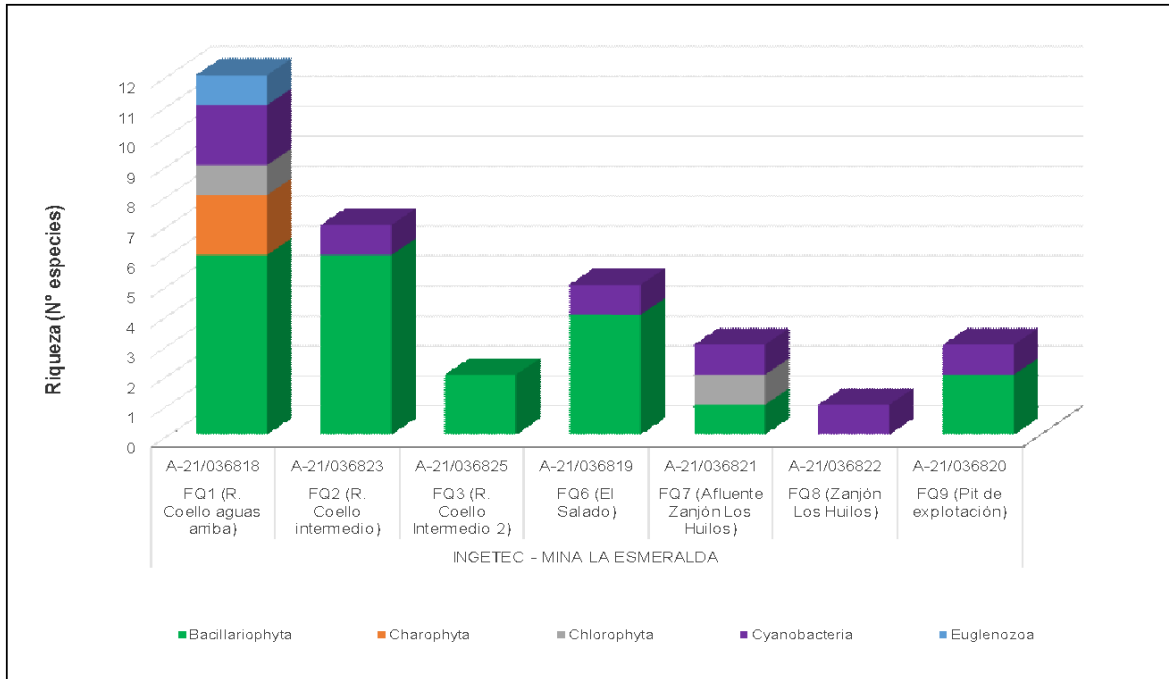


Figura 117. Riqueza de perifiton en los puntos de muestreo en temporada húmeda.
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

En términos de riqueza de especies, como se observa en la Figura 117, se reportó un total de 18 taxones, de los cuales 10 correspondieron a las diatomeas, 3 a las algas verde azules del phylum Cyanobacteria, 2 para cada uno de los phylum Charophyta y Chlorophyta. Finalmente, los organismos con la menor riqueza para la comunidad fueron los Euglenozoos, los cuales solo estuvieron constituidos por un taxón. Al observar detalladamente la gráfica, se evidenció que a diferencia de lo obtenido en la abundancia, el punto con mayor diversidad fue FQ1 (R. Coello aguas arriba) con 12 taxones, seguido de otro punto en el río Coello FQ2 con 7 taxones. El punto FQ3 (R. Coello Intermedio 2) fue uno de los menos diversos (2 taxones) y finalmente, FQ8 (Zanjón Los Huilos) solamente representado por un taxón.

Las diatomeas (Bacillariophyta) presentaron su mayor riqueza en los puntos sobre el río Coello, ya que para FQ1 y FQ2 se reportaron un total de seis (6) taxa en cada uno. Ambos puntos comparten géneros como *Hantzschia* sp, *Nitzschia* sp y *Navicula* sp, y difirieron en *Cocconeis* sp, *Encyonema* sp, *Achnanthes* sp, *Frustulia* sp, *Rhopalodia* sp, *Amphora* sp y *Cyclotella* sp. La prevalencia de diatomeas es debida a que estas microalgas pueden encontrarse en ambientes con sustratos burdos y con fuertes gradientes, una extensa cobertura vegetal y baja conductividad, hasta ambientes con buenos sustratos, pequeños gradientes, gran conductancia, estables y poca cobertura vegetal²⁸. Las diatomeas representan un papel importante dentro de los ecosistemas ya que son organismos autótrofos y de ellos depende el desarrollo y establecimiento de otros niveles tróficos, además de ser alimento para otros organismos como los macroinvertebrados bentónicos²⁹.

Los pertenecientes a Cyanobacteria, estuvieron en seis de los siete puntos de monitoreo, solo siendo ausentes en FQ3 (R. Coello Intermedio 2). Tuvieron su mayor diversidad en FQ1 (R. Coello aguas arriba) con 2 taxones. Las algas verde

²⁸ BLINN, D. y HERBST, D. Use of diatoms and soft algae as indicators of environmental determinants in the Lahontan Basin USA. Annual report for California state water resources board. 2003.

²⁹ ROLDÁN, G. La bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad del Antioquia, Medellín. 2003. 170p.

azules fueron representadas por organismos de los géneros *Anabaena* sp, *Scytonema* sp y *Phormidium* sp. Por otro lado, la mayoría de las algas verde azules son de aguas dulce³⁰, fijan nitrógeno en el agua a partir del nitrógeno gaseoso de la atmósfera³¹. Crecen normalmente en medios alcalinos gracias a la facilidad de obtención del ion bicarbonato esencial para la fotosíntesis (Ramírez, 2000).

Los organismos pertenecientes al phylum Charophyta y Chlorophyta, fueron los siguientes en diversidad, con 2 taxones cada uno. Los organismos del phylum Charophyta, estuvieron representados por *Cosmarium* sp y *Spirogyra* sp. Las clorófitas por su parte, estuvieron constituidas por organismos de *Chaetophora* sp y *Scenedesmus* sp. La mayoría de estas algas están adaptadas para vivir bajo una buena intensidad de luz ya que los cloroplastos que las conforman son capaces de utilizar mejor la longitud de onda roja en lugar de la verde. Por tanto, a mayor profundidad o en aguas turbias, podrán ser más exitosas las algas rojas y pardas, en general aquellas que puedan usar diferentes longitudes de onda. Estudios a lo largo de diferentes ríos han demostrado cambios en la estructura de las comunidades de perifiton a medida que se pasa de zonas soleadas a zonas de sombra, provocados principalmente por la vegetación³².

Finalmente, los organismos del phylum Euglenozoa, estuvieron constituidos por un solo taxón (*Trachelomonas* sp). Las euglenófitas (división Euglenophycota) grupo reportado en este monitoreo, está compuesto por organismos casi en su totalidad dulceacuícolas, unos pocos representantes son de ambientes estuarinos y marinos. Se encuentran en pequeños cuerpos de agua ricos en materia orgánica y poseen diferentes formas de nutrición halofítica, holozoica y saprofítica³³.

En cuanto a la abundancia relativa, el phylum Cyanobacteria fue el más abundante reuniendo el 84,3% de la abundancia total, seguido por Bacillariophyta con el 14,6%, Chlorophyta con 0,7%, Charophyta con 0,4% y finalmente los organismos menos abundantes, los euglenozoos con una representación del 0,05% del total de la comunidad (Figura 118).

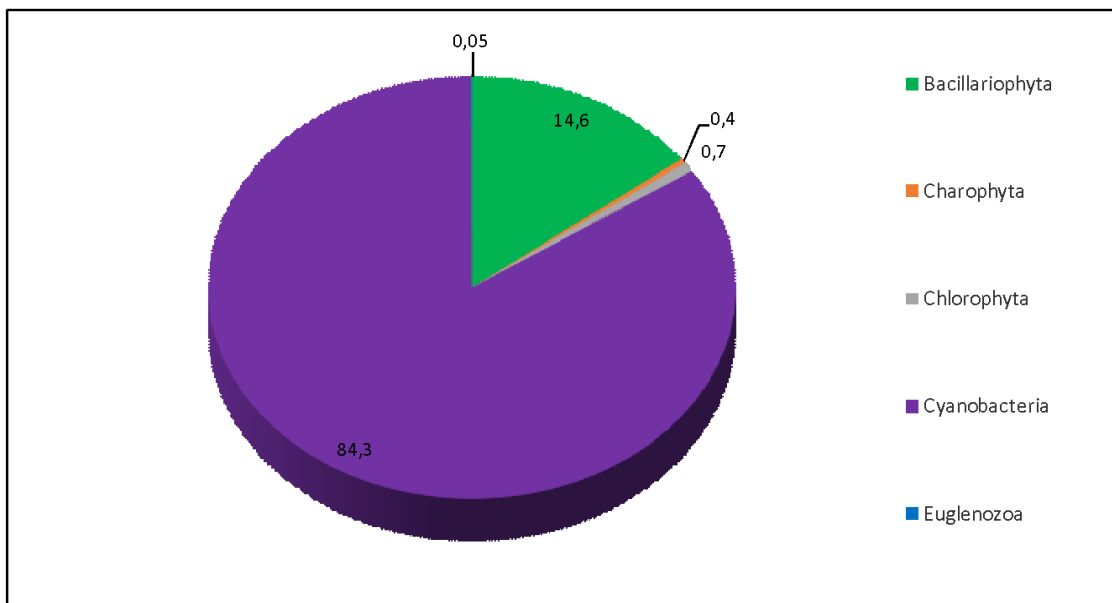


Figura 118. Abundancia relativa de los grupos taxonómicos en la comunidad de perifiton en temporada húmeda.

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

³⁰ STREBLE, H. y KRAUTER, D. 1987. *Op cit.*



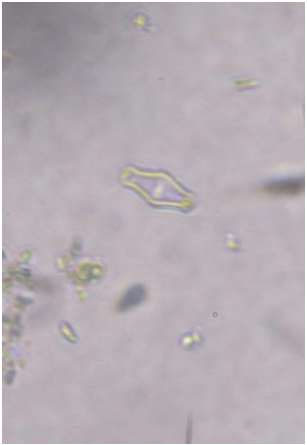
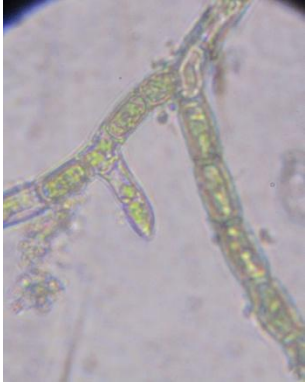
³¹ PEÑA, Francisco. La lucha por el agua. Reflexiones para México y América Latina. P. Dávalos (Comp.), Pueblos indígenas, estado y democracia, 2005, p. 217-238.

³² ROLDÁN, Gabriel y RAMÍREZ, J. 2008. *Op cit.*

³³ RAMÍREZ, J. 2000. *Op. cit.*

En la Tabla 131 se muestran los organismos más representativos de la comunidad perifítica.

Tabla 131. Organismos representativos de perifiton en época húmeda

<p style="text-align: center;"><i>Nitzschia</i> sp.</p>  <p>Son organismos generalmente reconocidos como cosmopolitas, muchas especies tienen amplias tolerancias a ecosistemas acuáticos ricos en nutrientes y concentraciones iónicas (Alakananda, et al., 2012).</p>	<p style="text-align: center;"><i>Scytonema</i> sp..</p>  <p>Es considerado generalmente cosmopolita, sin embargo, contiene numerosas especies que crecen únicamente en ambientes tropicales y claramente delimitados, como en los suelos, rocas y embalses con vegetación acuática (Komárek et al., 2013).</p>
<p style="text-align: center;"><i>Achnanthes</i> sp.</p>  <p>Viven como células libres o en pequeñas cadenas, usualmente se encuentran adheridas al sustrato por un tallo de mucílago. Muchas especies son de hábitats marinos, pero pocas taxa se conocen para cuerpos de agua continentales. Las especies continentales, son comúnmente asociadas con musgos y líquenes (Spaulding & Edlund, 2008),</p>	<p style="text-align: center;"><i>Chaetophora</i> sp.</p>  <p>Es una especie que crece como epifita y en aguas dulces, en una gran variedad de superficies sumergidas, es un alga altamente ramificada con presencia de pirenoídes (Streble & Krauter, 1987)</p>
<p style="text-align: center;"><i>Phormidium</i> sp.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Trachelomonas</i> sp.</p>

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

	<p>Es muy común, distribuido en todo el mundo, con cerca de 200 especies descritas. Forma esteras en el suelo, el barro, rocas y macrófitos en aguas corrientes; varias especies se conocen de ambientes extremos (fuentes termales y los suelos del desierto). Algunas especies forman travertinos que son un tipo de roca sedimentaria en manantiales, lagos, margas y arroyos (Wehr & Sheath, 2003).</p>		<p>Se presentan en aguas turbias y soportan medios oligotróficos a eutróficos, aunque son más frecuentes en mesotróficos y eutróficos. Es un género de sucesión, tolera cambios en el pH y nutrientes (Ramírez, 2000)</p>
---	---	--	---

En la Tabla 132 se muestran las densidades e índices ecológicos de la comunidad de perifiton para cada uno de los puntos en el área de influencia, en donde se evidenció que de los siete puntos de monitoreo hubo dos en los que los índices no pudieron ser calculados debido a que reportaron diversidades muy bajas y por lo menos deben presentarse tres taxa en la comunidad (FQ3 (R. Coello Intermedio 2) y FQ8 (Zanjón Los Huilos)). De acuerdo con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y con la escala propuesta por Roldan & Ramírez (2008)³⁴, se evidenció que tres puntos presentaron diversidades por debajo de 1,5 bits/individuo, estos fueron FQ6 (El Salado), FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) y FQ9 (Pit de explotación), para ellos se indica una baja diversidad y por lo tanto una contaminación media a alta. En los restantes dos puntos, se registraron valores entre 2,22 y 2,77 bit/individuo, lo que es una diversidad media y por lo tanto una contaminación media. En cuanto al crecimiento de la comunidad se observa que es tendiente a la uniformidad al registrar valores de uniformidad de Pielou (J') mayores a los del predominio de Simpson (λ), por ende, la abundancia se distribuyó de forma equitativa entre los diferentes taxones y ninguno de ellos fue dominante. Sin embargo en los puntos de baja diversidad, y más exactamente en el FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) hubo tendencia a la no uniformidad y por lo tanto predominancia, generada por la elevada presencia del género *Scytonema* sp, estos son organismos cosmopolitas y por lo tanto adaptados a varios ambientes.

³⁴ ROLDÁN, Gabriel y RAMÍREZ, J. 2008. *Op cit.*

Tabla 132. Resumen de resultados de perifiton e índices ecológicos en los cuerpos lénticos del área de influencia en temporada húmeda.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	INGETEC - MINA LA ESMERALDA						
					FQ1 (R. Coello)	FQ2 (R. Coello)	FQ3 (R. Coello)	FQ6 (El Salado)	FQ7 (Afluente)	FQ8 (Zanjon Los Huilos)	FQ9 (Pit de explotación)
					A-21/03 6818	A-21/03 6823	A-21/03 6825	A-21/03 6819	A-21/03 6821	A-21/03 6822	A-21/03 6820
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia sp.	1,6	1,0		1,4			
				Nitzschia sp.	26,4	7,3	6,0	28,0	7,2		37,2
		Cocconeidales	Cocconeaceae	Cocconeis sp.	0,8						
		Cymbellales	Gomphonemataceae	Encyonema sp.	2,4						
		Mastogloiales	Achnantheaceae	Achnanthes sp.		1,0		82,6			
		Naviculales	Amphipleuraceae	Frustulia sp.		1,0					
			Naviculaceae	Navicula sp.	11,2	9,4	10,0	8,4			
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	Rhopalodia sp.							2,8
		Thalassiosiphales	Catenulaceae	Amphora sp.	11,2						
Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	Cyclotella sp.		1,0						
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Cosmarium sp.	0,8						
		Zygnematales	Zygnemataceae	Spirogyra sp.	5,6						
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	Chaetophora sp.					11,6		
		Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Scenedesmus sp.	1,6						

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	TAXA	INGETEC - MINA LA ESMERALDA						
					FQ1 (R. Coello)	FQ2 (R. Coello)	FQ3 (R. Coello)	FQ6 (El Salado)	FQ7 (Afluente)	FQ8 (Zanjón Los Huilos)	FQ9 (Pit de explotación)
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	Anabaena sp.	4,0						
			Scytonemataceae	Scytonema sp.				593,7	855,1		
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Phormidium sp.	21,6	3,1		1,4			11,0
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	Trachelomonas sp.	0,8						
Índices ecológicos			Abundancia Ind/cm ² (N)		88,0	24,0	16,0	121,8	612,4	855,1	51,0
			Riqueza (S)		12	7	2	5	3	1	3
			Uniformidad (J')		0,77	0,79	--	0,55	0,14	--	0,65
			Diversidad bits/individuo (H')		2,77	2,22	--	1,28	0,23	--	1,04
			Predominio (A)		0,19	0,27	--	0,52	0,94	--	0,58

Fuente: Elaboración Propia

Correlación con fisicoquímicos

Según la correlación de Spearman (Tabla 133), la comunidad perifítica tuvo relación con los parámetros de acidez, calcio total, conductividad, dureza y sólidos, con una confianza del 95%. El parámetro de acidez mostró una relación directamente proporcional, ya que a medida que aumenta la acidez, aumentan la cantidad de algas perifíticas presentes en los sistemas. Este es el caso de los puntos FQ6 (El Salado), FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) y FQ8 (Zanjón Los Huilos), en donde en el punto FQ6 hubo una mayor presencia de organismos del phylum Bacillariophyta, mientras que en los puntos FQ7 y FQ8 hubo una mayor presencia de organismos de algas verde azules (Cyanobacteria), a pesar que estos organismos sean más característicos de ambientes alcalinos.

En el parámetro de calcio total, la comunidad se comportó de la misma forma que con la acidez, presentando una relación directamente proporcional. Los puntos con mayor concentración de calcio, FQ6, FQ7 y FQ8, fue en donde mayor número de organismos se obtuvieron. Esto está estrechamente relacionado con la dureza y dureza cálcica, ya que estos parámetros también fueron altos en estos sistemas. En estos puntos, géneros como *Nitzschia* sp, fueron los de mayor número de organismos, que son tolerantes a la contaminación y son considerados como cosmopolitas³⁵. Por otro lado, el género *Scytonema* sp perteneciente a las cianobacterias, es también conocido por su alta adaptabilidad, por lo que estudios sugieren que concentraciones de calcio estimulan el crecimiento de este género (García, 2011).

³⁵ WEHR, J. y SHEATH, R.G. Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification Academic Press, 2003. 917 pp.

Tabla 133. Tabla de correlación de Spearman para la comunidad perifítica en temporada húmeda

Parámetros	Perifiton	
	Spearman	Valor P
% Saturación de Oxígeno	-0,59	0,17
Oxígeno Disuelto In Situ Medido MA	-0,65	0,14
pH In Situ Medido MA	0,45	0,32
Temperatura In Situ Medido MA	0,27	0,56
Acidez Total	0,86	0,02
Alcalinidad Total	0,71	0,08
Aluminio Total	-0,74	0,07
Calcio Total	0,93	0,00
Cloruros	-0,56	0,21
Coliformes Totales por NMP	-0,61	0,17
Coliformes Fecales por NMP	-0,74	0,07
Conductividad Eléctrica	0,96	0,00
DBO5	-0,32	0,47
DQO	-0,65	0,13
Dureza Cálcica	0,93	0,00
Dureza Total	0,86	0,02
Fenoles	-0,53	0,29
Fosfatos	0,00	1,00
Fósforo Total	-0,61	0,17
Hierro Total	-0,74	0,07
Magnesio Total	-0,43	0,35
Manganeso Total	-0,61	0,17
Nitratos	-0,77	0,08
Nitritos	-0,58	0,24
Nitrógeno Kjeldahl	-0,49	0,33
Sólidos Sedimentables	-0,61	0,17
Sólidos Totales Disueltos	0,96	0,00
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	-0,77	0,05

	Perifiton	
Sulfatos	0,04	0,93
Sulfitos	0,21	0,63
Turbidez	-0,46	0,30

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

La conductividad mostró también una relación directamente proporcional, lo cual tiene concordancia con lo anteriormente expuesto, ya que en aguas con gran cantidad de sales disueltas, hubo un mayor número de organismos; es el caso de FQ1 Rio Coello que presentó una mayor cantidad de especies presentes.

Por otro lado, los sólidos totales en suspensión tuvieron una relación inversamente proporcional, ya que en los puntos sobre el Rio Coello, que presentaron la mayor cantidad de sólidos debido a la creciente del río, fue en los puntos en que menor cantidad de organismos se reportaron. Los sólidos suspendidos pueden interferir en la entrada de los rayos solares al cuerpo de agua y por lo tanto, organismos autótrofos como las algas, se ven afectadas en su capacidad para realizar fotosíntesis y por lo tanto sus procesos metabólicos y la capacidad de crecimiento de la comunidad.

Al realizar el análisis de correspondencia canónica con las variables *in situ* (Figura 119), se evidenció que en esta comunidad todos los parámetros tienen relación con el crecimiento de la población perifítica, sin embargo, los parámetros de conductividad, pH y saturación de oxígeno fueron los más relevantes. Estos parámetros tienen la capacidad de moldear las poblaciones de algas ya que existen géneros que son capaces de crecer en ambientes con altas conductividades, además de no verse afectados por la cantidad de oxígeno de los sistemas. Por ejemplo, las diatomeas tienen gran adaptabilidad al medio y pueden ser frecuentes en cuerpos de agua con alta conductividad. Al analizar la diversidad de la comunidad se evidenció que en el punto en donde hubo mayor concentración de oxígeno, el pH más alto y una medida de conductividad alta, se obtuvo el mayor número de especies presentes, 12 taxones, y se destacó la gran cantidad de diatomeas (6 taxones).

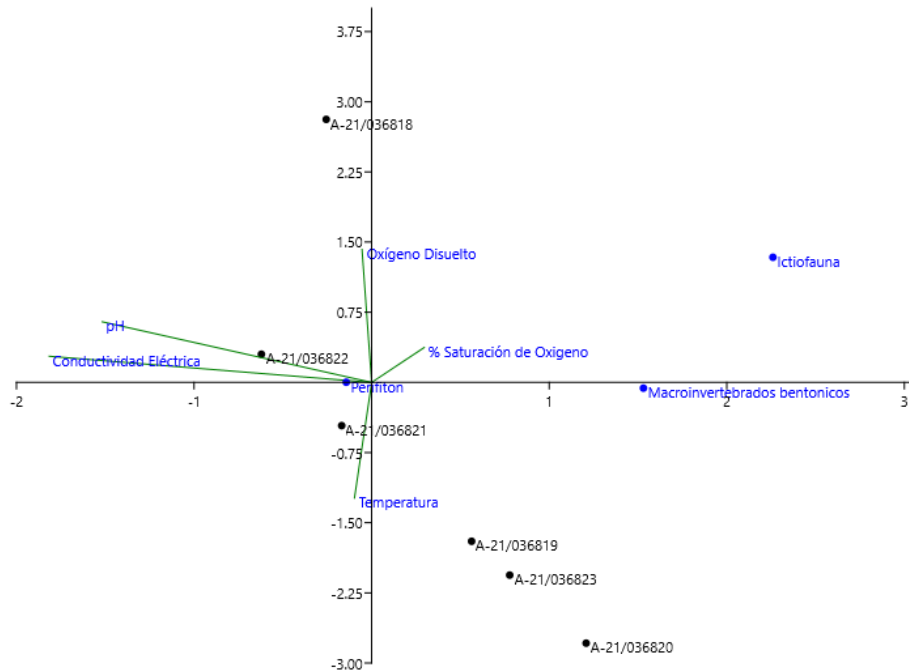


Figura 119. Análisis de correspondencia canónica con los parámetros *in situ* en temporada húmeda de la comunidad perifítica


Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

5.2.1.2.2.3. *Ictiofauna.*

Los peces, desde hace tiempo, han sido utilizados como indicadores de la calidad de las aguas en varios países. Este es el grupo más diverso entre los vertebrados, sin embargo, varias especies de agua dulce se encuentran amenazadas por actividades humanas³⁶. Estos organismos son capaces de indicar diversos niveles de degradación y gracias a estos se puede definir el éxito de restauración de los ecosistemas acuáticos³⁷.



En la comunidad íctica evaluada en las fuentes superficiales del área de influencia se identificaron cuatro especies correspondientes a los órdenes taxonómicos de Characiformes, Perciformes y Siluriformes, los cuales se describen en la Tabla 134.


Tabla 134. Riqueza de ictiofauna en el área de influencia en temporada húmeda

<p>Taxonomía: Orden: Characiformes Familia: Characidae Género: <i>Creagrutus</i> Especie: <i>Creagrutus affinis</i> Nombre común: coliamarillo, Sardina</p>	
<p>Biología: La mayoría de las especies de este género son omnívoras, se alimentan mayormente de insectos acuáticos y semillas pequeñas, aunque dentro de su dieta también incluyen detritus o frutos que van rodando en la corriente. Generalmente habitan en aguas con corriente moderada a fuerte, sobre sustratos rocosos (Taphorn, 2003). Distribución: Esta especie se encuentra en las partes bajas del sistema del río Magdalena, río Atrato, Baudó, San Juan y Bajo Sinú. (Harols & Vari, 1994). En la cuenca del río Coello se encuentra desde su desembocadura sobre el Magdalena a los 256 m.s.n.m. hasta los 770 m.s.n.m en la vía Rovira incluyendo las quebradas Potrerilla, Barbona y Gualanday (Cortolima, 2020). Guía de especies migratorias de la biodiversidad en Colombia 2013: Especie no migratoria Lista de peces de agua dulce de Colombia 2020: Especie no endémica</p>	
<p>Estado de vulnerabilidad según UICN: IUCN: Este taxón se encuentra con la menor preocupación (LC). Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (2012): No se encuentran en la lista del libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Resolución 1912 de 2017: No se encuentra evaluado en la resolución del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible</p>	

³⁶ DUNCAN, Jeffrey R.; LOCKWOOD, Julie L. Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world's freshwater fishes. *Biological conservation*, 2001, vol. 102, no 1, p. 97-105.

³⁷ AGUILAR BETANCOURT, C. La ictiofauna costera de Ciudad de La Habana: Efectos acumulativos de agentes estresantes múltiples en varios niveles de organización biológica. Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba. 2005.

<p>Taxonomía: Orden: Characiformes Familia: Characidae Género: <i>Gephyrocharax</i> Especie: <i>Gephyrocharax melanocheir</i> Nombre común: Sardina, brinconcita</p>	
<p>Biología: Se localiza en la superficie del agua únicamente en ambientes protegidos de las corrientes en pequeñas quebradas, ríos y zonas de inundación, en medio de empalizadas o vegetación sumergida, en condiciones de agua de muy buena calidad y con sustrato con acumulación de desechos vegetales y hojarasca. Se alimenta de larvas de mosquitos que se ubican en la superficie del agua (Maldonado-Ocampo, <i>et. al.</i>, 2005). Esta especie se caracteriza por una mancha negra en la base de los primeros radios de la aleta dorsal y una mancha negra en el extremo distal de los radios de las aletas pectorales (Dahl, 1971). Habita fondos de guijarro y roca, vegetación riparia ribereña y material alóctono; márgenes suaves, abruptas y moderadas, profundidad de 0,10 – 0,60 m.</p> <p>Distribución: Presente en la cuenca del río Magdalena (Weitzmann, 2003), Bajo Cauca, San Jorge, Ranchería y Cesar (Dahl, 1971, Mojica, 1999). En la cuenca del río Coello, Villa <i>et al.</i>. 2003 la registra entre los 473 y los 770 m. Para la cuenca del río Prado se reporta desde los 290 m. en hasta los 484 m (Cortolima)</p> <p>Guía de especies migratorias de la biodiversidad en Colombia 2013: Especie no migratoria</p> <p>Lista de peces de agua dulce de Colombia 2020: Especie endémica para Colombia</p>	
<p>Estado de vulnerabilidad según UICN: IUCN: Este taxón se encuentra con la menor preocupación (LC). Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (2012): No se encuentran en la lista del libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Resolución 1912 de 2017: No se encuentra evaluado en la resolución del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible</p>	
<p>Taxonomía: Orden: Perciformes Familia: Cichlidae Género: <i>Andinoacara</i> Especie: <i>Andinoacara latifrons</i> Nombre común: Sardina, brinconcita</p>	
<p>Biología: Presenta cuerpo ovalado, boca protráctil; coloración verde oliva, con ocho bandas transversales oscuras en el cuerpo; numerosas líneas verde-azulosas brillantes sobre la mejilla; parte media del cuerpo, dorsal y anal con manchas oscuras (Galvis <i>et al.</i> 1997). Se alimenta de gusanos, crustáceos e insectos (Mills y Vevers 1989), insectos y presas vivas (Galvis <i>et al.</i> 1997), material vegetal, restos de peces, detritos, insectos y otros (Díaz y Camargo 2008). Está presente en ambientes acuáticos de baja corriente, aunque algunos habitan ríos más torrentosos; se alimenta de insectos y crustáceos; adhieren sus posturas a las superficies de las rocas, troncos u hojas sumergidas que son vigiladas por los machos; en caso de peligro los padres protegen a sus crías en la boca (Galvis <i>et al.</i> 1997).</p>	

<p>Distribución: Es un pez cuyo género se encuentra ampliamente distribuido en centro y Suramérica. La especie es común en todas las partes bajas de los sistemas del Magdalena y Sinú, en donde se considera un espécimen comestible. Es una de las especies de la familia Cichlidae que ocurre en la Ciénaga Grande de Lórica (Colombia). Distribución en las cuencas del Magdalena-cauca, Pacifico y Caribe.</p> <p>Guía de especies migratorias de la biodiversidad en Colombia 2013: Especie no migratoria</p> <p>Lista de peces de agua dulce de Colombia 2020: Especie endémica para Colombia</p>	
<p>Estado de vulnerabilidad según UICN: IUCN: Este taxón se encuentra con la menor preocupación (LC). Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (2012): No se encuentran en la lista del libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Resolución 1912 de 2017: No se encuentra evaluado en la resolución del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible</p>	
<p>Taxonomía: Orden: Siluriformes Familia: Trichomycteridae Género: <i>Trichomycterus</i> Especie: <i>Trichomycterus retropinnis</i> Nombre común: coliamarillo, Sardina</p>	
<p>Biología: la mayoría de las especies de este género son reofilicas, de hábitos generalmente cripticos y nocturnos. Habitan en ríos torrentosos de montaña (hasta 4500 msnm.) y de tierras bajas. Esta especie se encuentra asociada a zonas con corriente moderada de ríos medianos y grandes, ocultándose en el substrato, en la vegetación sumergida o entre las rocas. Habita pequeñas quebradas, con fondos de arena y roca, con márgenes abruptas y excavadas, con presencia de vegetación riparia y ribereña; el flujo de estas quebradas es moderado y su profundidad promedio es de 0.5 m; se ha encontrado en aguas de buena calidad así como en aguas muy contaminadas; no se conoce nada acerca de su reproducción; especie depredadora de larvas de insectos acuáticos, principalmente dípteros (en especial quironómidos) y tricópteros (García-Melo 2005, Ortega-Lara <i>et al.</i> 1999, 2000, 2002).</p> <p>Distribución: Presentan una distribución Neotropical muy amplia, tanto en la vertiente Atlántica como Pacífica y probablemente la Cordillera Andina representa el área de mayor especiación (Lasso y Provenzano, 2002). Localidad tipo nacimiento del Magdalena, San Agustín 1525 msnm, hábitat epigeo (Castellanos & Galvis, 2012).</p> <p>Guía de especies migratorias de la biodiversidad en Colombia 2013: Especie de migraciones cortas en etapas juveniles, desde el cauce principal a los tributarios.</p> <p>Lista de peces de agua dulce de Colombia 2020: Especie endémica para Colombia</p>	
<p>Estado de vulnerabilidad según UICN: IUCN: Este taxón se encuentra con la menor preocupación (LC). Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (2012): No se encuentran en la lista del libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Resolución 1912 de 2017: No se encuentra evaluado en la resolución del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible</p>	

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S

Como se evidencia, en la Figura 120 y Figura 121, la mayoría de la densidad se le atribuyó a los grupos de los Characiformes y Siluriformes con un total de 2 individuos cada uno, mientras que los Perciformes solo estuvieron constituidos por un solo individuo. En cuanto a los puntos de monitoreo, se evidenció que los peces solo fueron reportados en el Río Coello, siendo el punto FQ3 (Intermedio 2), en donde se reportó la mayor abundancia (4 individuos), mientras que en el FQ1 (R. Coello aguas arriba) solo se reportó un individuo.

Los organismos con mayor densidad fueron los Characiformes con un total de 2 individuos, de los cuales un individuo fue para FQ1 (R. Coello aguas arriba) y un individuo para FQ3 (Intermedio 2). En cuanto a riqueza de especies, este orden presentó un total de 2 taxones de la familia Characidae, las especies *Creagrutus affinis* y *Gephyrocharax melanocheir*. Este grupo, en general, es considerado el grupo más grande de peces de agua dulce en el Neotrópico y África. Se conocen 1200 especies de las cuales 1100 se registran en América. Entre sus características principales se encuentra la presencia de escamas, aleta adiposa en la mayoría de los casos, aletas pélvicas, su cabeza no tiene ni barbillones ni escamas, con una boca desprovista de dientes y la presencia del aparato Weber. En su gran mayoría son depredadores nocturnos y suelen vivir en lugares poco profundos³⁸. Los peces que pertenecen a este orden poseen formas diversas, aunque son conocidos como sardinas. Pueden vivir en diferentes sectores de la columna de agua, pero por lo general son pelágicos. Poseen variados hábitos alimenticios, entre los que podría consumir algas, plantas acuáticas, semillas y frutos, peces, otros vertebrados, insectos, organismos asociados a los bentos etc. (Provenzano, 2016).

El grupo de los Siluriformes solo fue reportado para el punto FQ3 (Intermedio 2), con un total de 2 individuos pertenecientes a la especie *Trichomycterus retropinnis*. Los Siluriformes carecen de escamas y su cuerpo es desnudo o está cubierto con placas o escudos óseos, la mayoría de los géneros presentan barbicelos maxilares o mentonianos, dientes dispuestos en parches o forma de almohadillas, cónicos, incisivos o villiformes³⁹. Los bagres son uno de los grupos más ricos y diversos del grupo de los peces. Las bases de datos muestran más de 2855 especies y aunque la mayoría tienen un tamaño entre 5 y 20 cm, existen especies de solo 10 mm, u organismos de 5 metros. La mayoría son omnívoros, aunque algunos tienen dietas especializadas. Por lo general, los bagres tienen una espina defensiva, con la que pueden causar grandes daños. Tienen hábitos nocturnos y dependen principalmente de sus barbas sensitivas y unos órganos olfativos desarrollados; se caracterizan por habitar cavernas, acuíferos y profundos canales de los ríos. Debido a su distribución cosmopolita, han sido de gran interés para los ecologistas y biólogos evolutivos, además de tener un gran valor económico, para el consumo humano, como mascota o recreacional (pesca)⁴⁰.

³⁸ CARDER, ALMA MATER; CORTOLIMA, CVC. CRQ. *Agenda para el desarrollo sostenible de la ecorregión eje cafetero-colombia*, 2007, vol. 2019.

³⁹ GALVIS, Germán; MOJICA, José Iván; CAMARGO, Mauricio. *Peces del Catatumbo*. Asociación Cravo Norte, Ministerio Del Medio Ambiente, 1997, p 118.

⁴⁰ LUNDBERG, J.G.; FRIEL, J.P. Siluriformes, catfishes. Disponible en: <<http://tolweb.org/Siluriformes/15065/2003.01.20>> 2003.

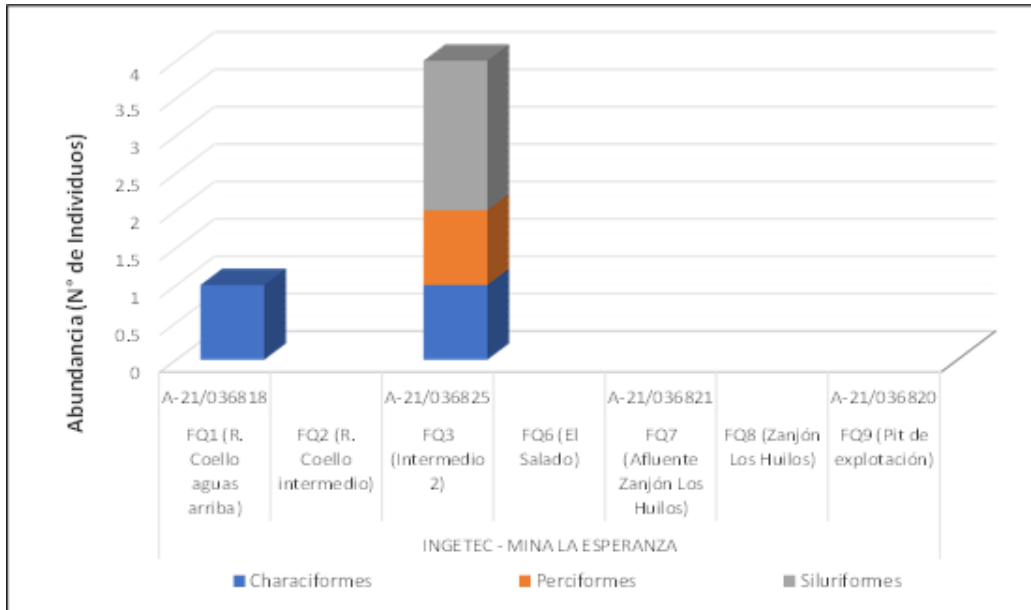


Figura 120. Abundancia de ictiofauna en los puntos de muestreo en temporada húmeda.
Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

Los Perciformes por su parte, presentaron una densidad total de un individuo, reportado para el punto FQ3 R. Coello (Intermedio 2). Estuvieron representados por la familia Cichlidae y la especie *Andinoacara latifrons*. Es un grupo variable y es el mayor de todos los órdenes con cerca de 7800 especies, convirtiéndose en el grupo más diverso de los vertebrados en el mundo. Los miembros de este grupo presentan escamas ctenoides, ausencia de aleta adiposa, dos aletas dorsales con radios espinosos en la primera y al inicio de la segunda dorsal; aletas pélvicas de posición torácica o yugular, con un radio espinoso, mientras que la anal puede llevar de uno a tres de estos radios; el maxilar está excluido del borde de la boca; son fisoclistos y no presentan osteocitos en los huesos de los adultos. Además, son peces de hábitos diurnos que viven en diferentes sectores de la columna de agua o asociados al fondo, a troncos o a vegetación sumergida y no forman cardúmenes⁴¹.

⁴¹ MOYLE, Peter B.; LEIDY, Robert A. Loss of biodiversity in aquatic ecosystems: evidence from fish faunas. En Conservation biology. Springer, Boston, MA, 1992. p. 127-169.

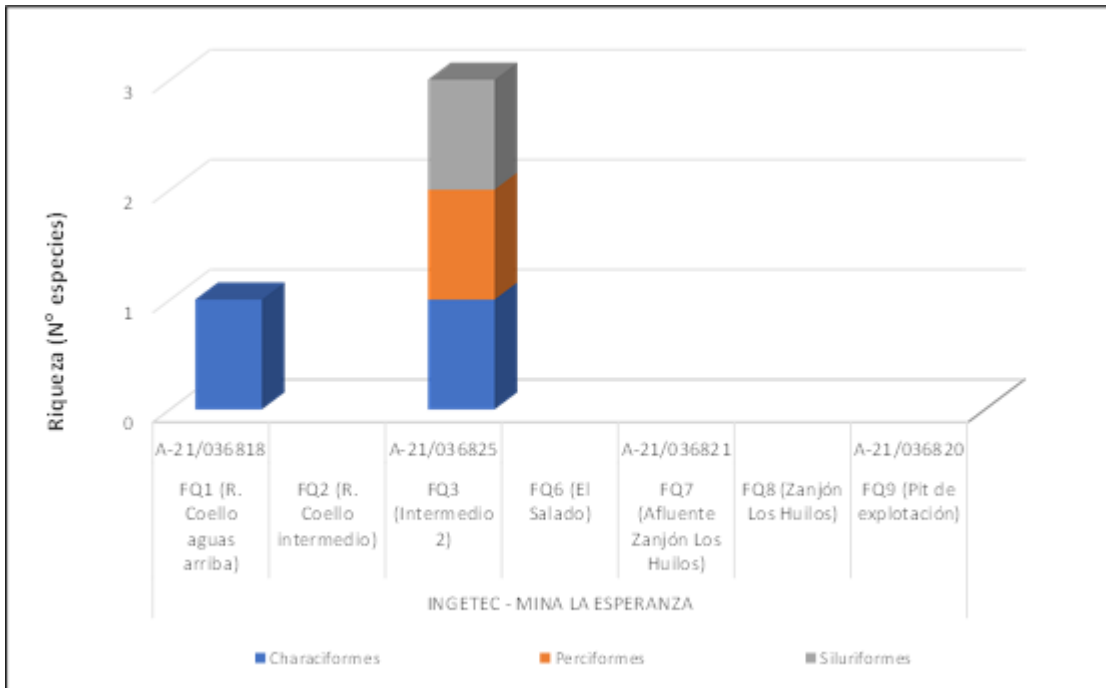


Figura 121. Riqueza de ictiofauna en los puntos de muestreo en temporada húmeda.

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

Con respecto a la abundancia relativa (Figura 122), los Characiformes conforman el 40% del total. Los Siluriformes también contaron con la misma representación del 40%, mientras que los Perciformes fueron los menos abundantes de la comunidad, reuniendo apenas el 20% del total.

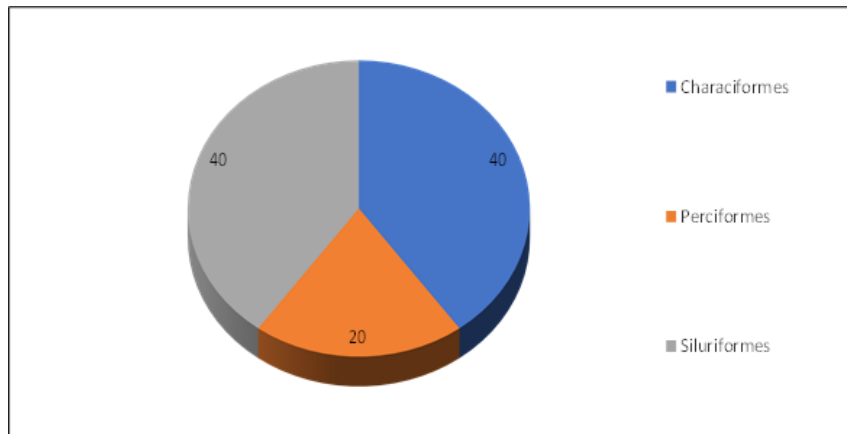


Figura 122. Abundancia relativa de ictiofauna en los puntos de muestreo en temporada húmeda.

Fuente: AGQ Prodycon Colombia S.A.S.

En la Tabla 135, se muestran los índices ecológicos para la comunidad de fauna íctica. Debido a que los índices necesitan al menos tres especies para ser calculados, en el punto FQ1 (R. Coello aguas arriba) no fueron calculados. El

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 5.2. MEDIO BIÓTICO

índice de Shannon Wiener, mostró que el punto FQ3 R. Coello (Intermedio 2), presentó un índice de 1,5 bit/individuo, lo que indica según la escala propuesta por Roldan y Ramírez en el 2008, un punto con diversidad media y por lo tanto un punto de contaminación media. Con respecto al índice de Pielou, mostró que la comunidad se comportó de manera uniforme y al ser mayor que Simpson, demuestra que no existe dominancia marcada.

Tabla 135. Resumen de resultados de ictiofauna e índices ecológicos en los cuerpos lénticos del área de influencia en temporada húmeda.

PHY LUM	CLAS E	ORDE N	FAMILI A	TAXA	INGETEC - MINA LA ESPERANZA							
					FQ1 (R. Coello)	FQ2 (R. Coello)	FQ3 R. Coello	FQ6 (El Salado)	FQ7 (Afluente)	FQ8 (Zanjón Los Huilos)	FQ9 (Pit de explotación)	
					A-21/036818	A-21/036823	A-21/036825	A-21/036819	A-21/036821	A-21/036822	A-21/036820	
Ch or da ta	Actino pterygi i	Chara ciform es	Characidae	Creagrutus affinis	1							
			Characidae	Gephyrocharax melanocheir			1					
		Percif orme s	Cichlidae	Andinoacara latifrons			1					
		Silurif ormes	Trichomyct eridae	Trichomycterus retropinnis			2					
Índices ecológicos		Abundancia # de Individuos		1	--	4	--	--	--	--	--	
		Riqueza (S)		1	--	3	--	--	--	--	--	
		Uniformidad (J')		--	--	0.95	--	--	--	--	--	
		Diversidad bits/individuo (H')		--	--	1.50	--	--	--	--	--	
		Predomin io (A)		--	--	0.38	--	--	--	--	--	

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.4. Ecosistemas Estratégicos, Sensibles y/o Áreas Protegidas.

Los ecosistemas estratégicos son de vital importancia ya que ofrecen bienes y servicios ambientales considerados como básicos para el desarrollo humano sostenible en el país, según lo dispuesto por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible⁴². En la Figura 123 se presenta una clasificación de las áreas y ecosistemas estratégicos reconocidos en el país.

⁴² MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Ecosistemas estratégicos. [Sitios Web]. Bogotá D.C.: MADS. [Consulta: 1 Junio 2020]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=408:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemáticos-10>

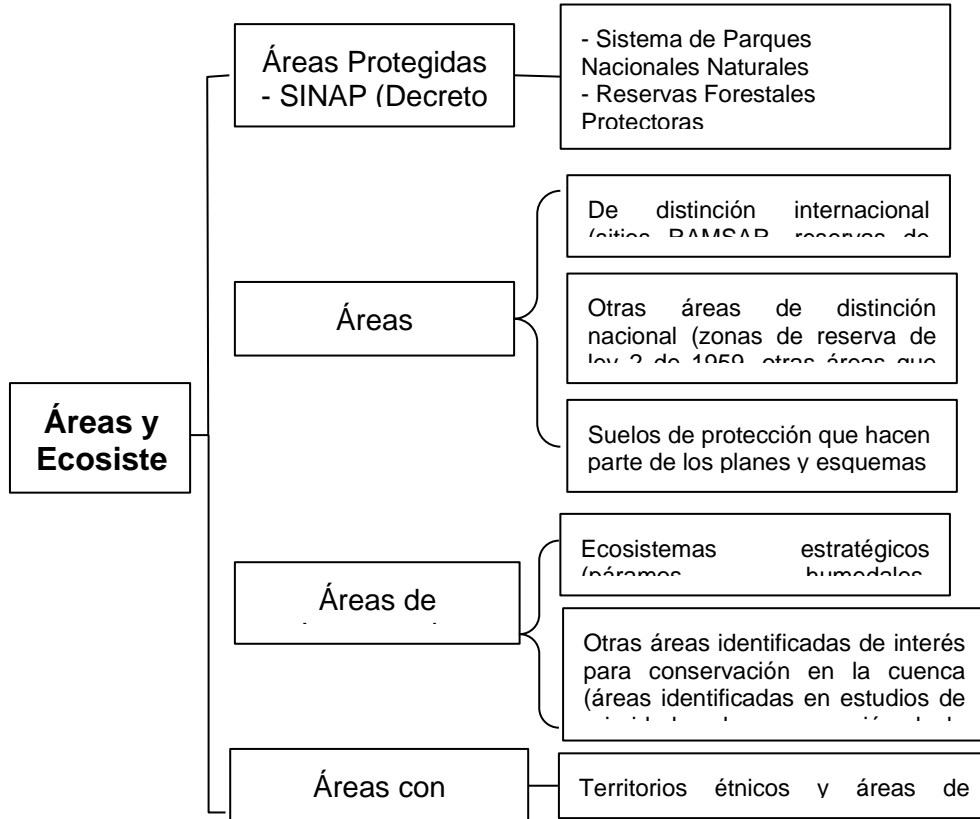


Figura 123. Clasificación de áreas y ecosistemas estratégicos.

Fuente: Lineamientos generales para la definición de áreas y ecosistemas estratégicos en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (2015).

Estos ecosistemas fueron evaluados de forma parcial dentro de los estudios realizados en el 2004 y 2005 en el título 6823, donde se realiza un análisis sobre el uso del suelo a nivel municipal dentro de lo determinado por el esquema de ordenamiento municipal del año 2001, el cual no ha sido actualizado hasta la fecha. En el caso de los estudios realizados en el año 2016 y 2017, no se realizó una evaluación de estos ecosistemas.

5.2.2.4.1. Áreas protegidas.

Según la Figura 27 esta clasificación hace referencia a las áreas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), las cuales presentan un ordenamiento jurídico, lo que las convierte en determinantes ambientales dentro de la normatividad ambiental de Colombia. En el caso del presente proyecto, estas áreas RUNAP (Registro Único de Áreas Protegidas) no presentan ningún tipo de cruce con zonas de intervención o área de influencia como se indica en la Figura 125.

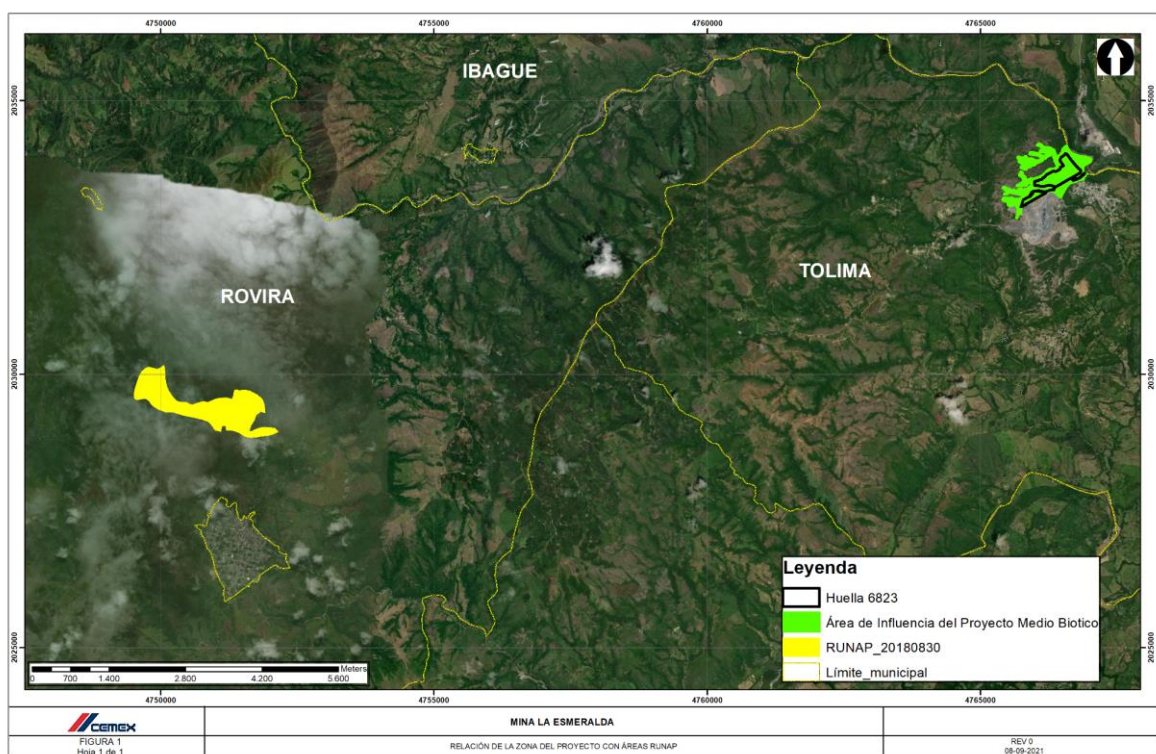


Figura 124. Zona del proyecto en relación al área RUNAP más cercana.
Fuente: Tomada y adaptada. RUNAP (2020).

Las áreas más cercanas que se muestran en la figura anterior lo constituyen la Reserva Natural de la Sociedad Civil Charco Azul y la Reserva Forestal Protectora Regional San Cristóbal Alto de la Motanuela⁴³, que se encuentran respectivamente a 12 y 14 km lineales del área de influencia biótica del proyecto.

5.2.2.4.2. Otros instrumentos de ordenación.

Estos instrumentos se encuentran dentro de dos tipos de la clasificación presentada en la Figura 126 y se indican a continuación:

- Área complementarias para la conservación:
 - El área del proyecto como su área de influencia no se cruza con sitios RAMSAR, Reservas de la biosfera, AICAS o patrimonios de la humanidad.
 - El área de influencia del proyecto no se encuentra cerca de ningún área establecida como de reserva de la Ley 2 de 1959.
 - En el AIB se encuentran áreas que corresponden a dos POMCAS, en el sector oriental el POMCA río Coello y en el sector sur occidental el POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena, tal como se presenta en la Figura 125 y Tabla 136.

⁴³ Parques Nacionales Naturales de Colombia. 2020. Registro Único Nacional de Áreas Protegidas – RUNAP.

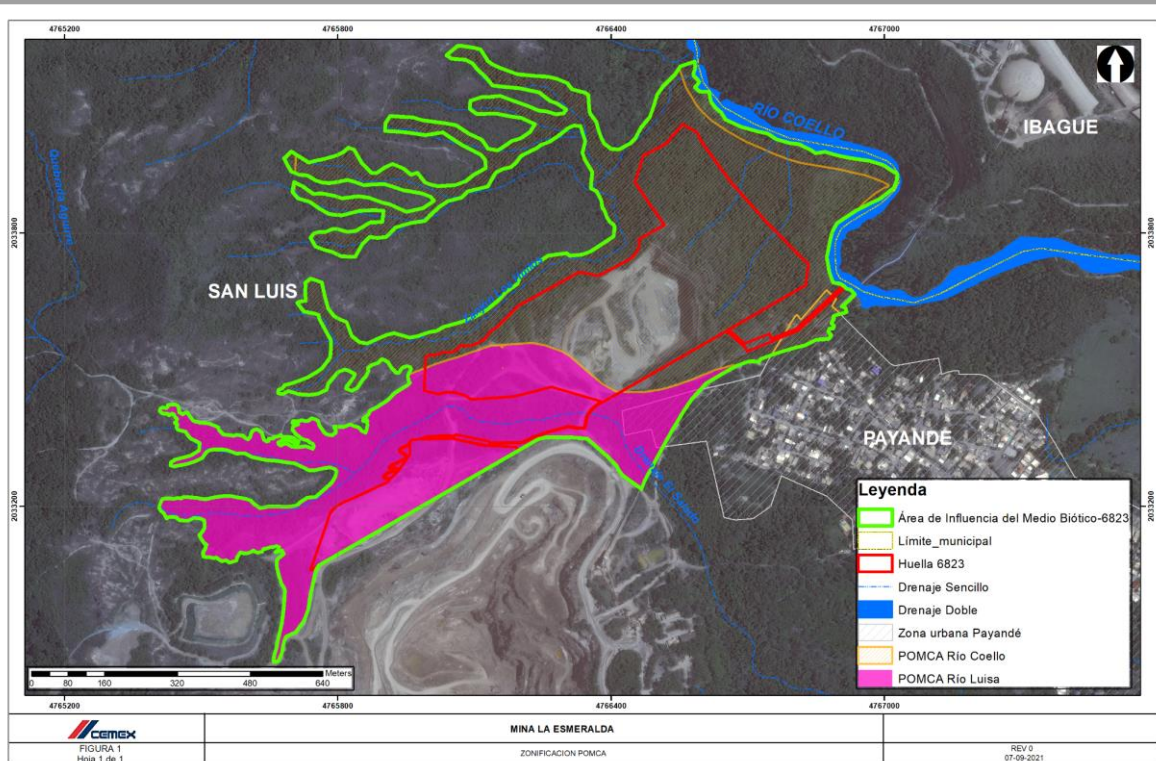


Figura 125. Distribución de POMCAS dentro del área de influencia biótica y área de intervención
Fuente: CORTOLIMA. POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena (2014) y POMCA río Coello (2017).

Tabla 136. Proporción de cada uno de los POMCAS dentro del área de influencia biótica y la huella del proyecto

POMCA	Área de influencia biótica	
	Área (ha)	Porcentaje (%)
Río Coello	44,7391	64,3100
Río Luisa y otros directos al Magdalena	24,8288	35,6900
Total	69,5679	100,0000

Fuente: Tomado y adaptado de CORTOLIMA. POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena (2014) y POMCA río Coello (2017)

Dentro de otras áreas identificadas de interés para la conservación de las cuencas en el POMCA del río Coello⁴⁴, se identifican como ecosistemas estratégicos el Parque Los Nevados, su zona amortiguadora, mientras que dentro del municipio de San Luis se ubica la laguna de río viejo como las zonas de concentración de fauna, equilibrio ecológico, áreas de nacimientos de quebradas y ríos, áreas de investigación, áreas de belleza escénica y paisajística de importancia arqueológica, lo cual indica una baja escala de detalle en la determinación de estas categorías al presentar una generalidad en estos. Asimismo, se debe tener en cuenta que el mayor detalle en los estudios ambientales realizados nos permiten identificar una zona principalmente degradada, que a nivel de coberturas de la tierra no cumple

⁴⁴ Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA. 2017. Análisis situacional inicial de la subzona hidrográfica del río Coello. Ibagué, Tolima.

con ninguno de estos criterios para hacer parte de los ecosistemas de importancia determinados en el POMCA del río Coello.

En el caso del POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena⁴⁵, se destaca el bosque seco tropical como áreas con especie endémicas y en peligro de extinción, aunque se debe tener en cuenta que esto hace referencia a la zona de vida y no a la identificación de formaciones vegetales desarrolladas (bosques), por lo cual no se indica la presencia de un bosque sino la potencialidad para restaurar uno bajo las condiciones ambientales apropiadas. En el caso del proyecto, este se encuentra en la zona de vida de bosque seco tropical, el cual en la actualidad ha sido altamente degradado y transformado por actividades pecuarias y mineras.

El EOT del municipio de San Luis⁴⁶ identifica como áreas de especial significación ambiental diferentes zonas dentro del municipio, que se ven reflejadas en el “Estudio de impacto ambiental (EIA) y el plan de manejo ambiental (PMA) en respuesta al oficio No. 1263 de CORTOLIMA” del año 2005, donde se presenta la Figura 126 tomada del EOT del municipio de San Luis.

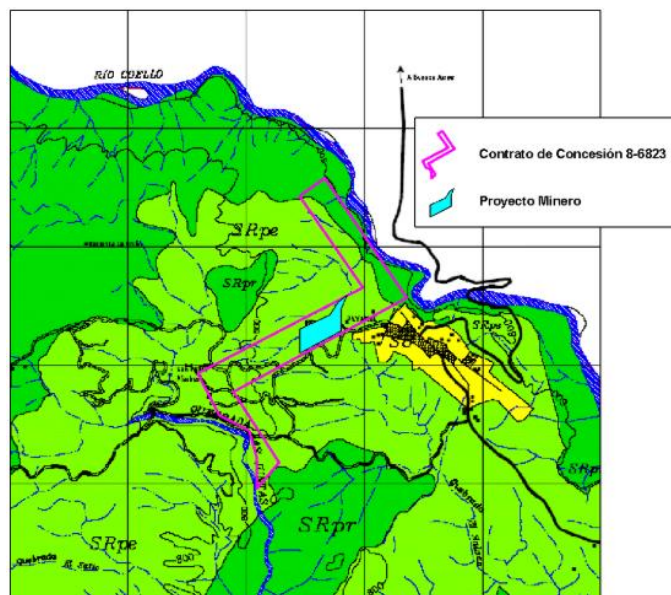


Figura 126. Clasificación del suelo dentro del EOT del municipio de San Luis (2001).
Fuente: Alcaldía municipal de San Luis. Esquema de ordenamiento territorial (2001).

En este se indica que la zona “SRpe” es un suelo rural de producción económica mientras que “SRpr” es un suelo rural de producción sin especificación, en donde las actividades productoras son las agropecuarias y mineras siendo en todos los casos con un uso condicionado, por lo cual no habría conflicto con los suelos de protección. Aunque se debe tener en cuenta que en el POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena se recomienda por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, realizar estudios más detallados y con profesionales más aptos con el fin de detallar información dentro del municipio.

Es importante destacar que en el área cercana a la zona de explotación como al área de expansión urbana del corregimiento de Payandé, de Área Urbano Espacial y Área por Definir su Uso, hacen referencia a los asentamientos

⁴⁵ Corporación de Cuencas del Tolima CORCUENCAS. 2014. Formulación POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. Ibagué, Tolima.

⁴⁶ ALCALDÍA DE SAN LUIS. 2001. Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT). Componente Rural. Grupo Interdisciplinario EOT. San Luis.

humanos como al área entre la mina y la zona de corregimiento urbano, donde se deben implementar acciones de acuerdo y planificación detallada.

La zonificación ambiental del río Coello es la que presenta una mayor extensión dentro del área de influencia del proyecto y se basa en varios criterios, determinados por categorías de ordenación que se pueden diferenciar en la Tabla 137.

Tabla 137. Categorías de zonificación en el área de influencia biótica.

POMCA RÍO COELLO		
Zonificación	Área (ha)	Porcentaje (%)
Sistema forestal productor	0,0851	0,1903
Centro poblado	0,8691	1,9426
Faja forestal protectora	1,7774	3,9728
Amenaza alta volcánica	42,0075	93,8943
Total	44,7391	100,0000

Fuente: Tomada y adaptada. CORTOLIMA. POMCA río Coello (2017).

Tres de estas categorías pertenecen a áreas de importancia ambiental (Sistema forestal protector y Faja forestal protectora) y áreas urbanas municipales (Centro poblado). Aunque no se presentan condiciones de uso para estas categorías, se indican los lineamientos para la actualización de los manejos de los esquemas de ordenamiento territorial en su jurisdicción. Actualmente, dentro del EOT del municipio de San Luis se considera en estas áreas el uso condicionado para minería a cielo abierto. Adicionalmente, la cuarta categoría de ordenación pertenece a la unidad de Amenaza alta volcánica, donde se restringe su uso de actividades productivas, sin embargo esta no representa un área de importancia para la conservación o restauración ecológica.

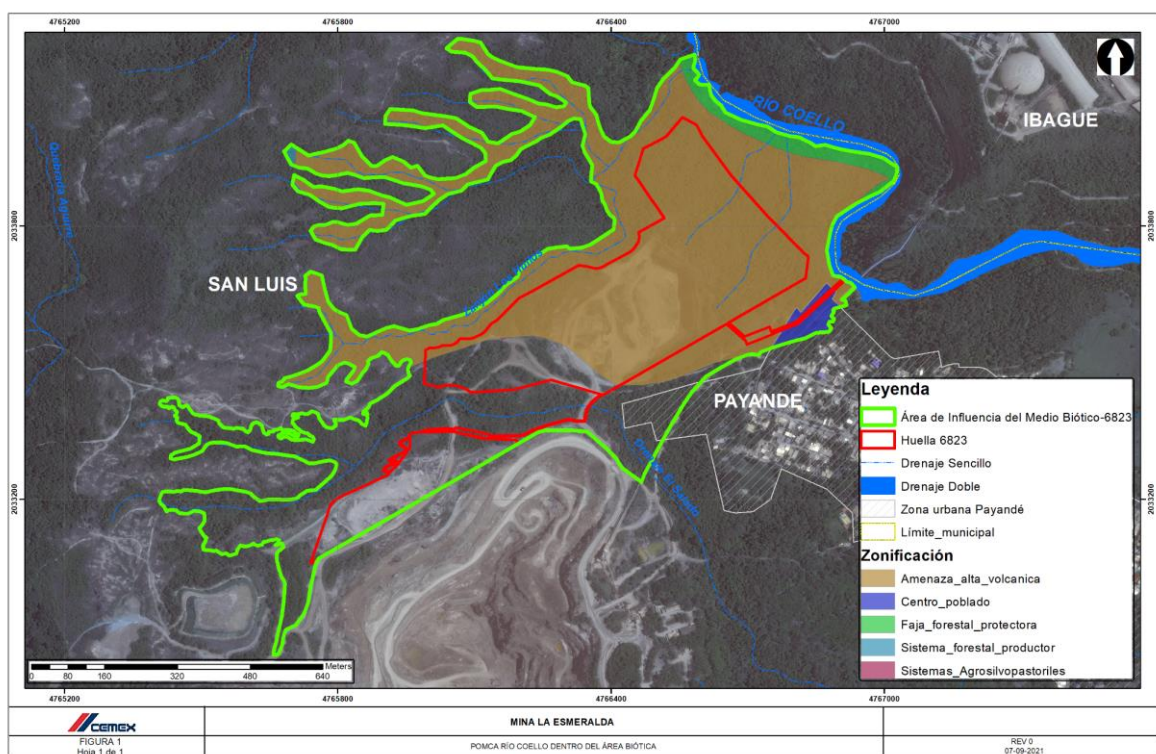


Figura 127. Distribución geográfica de la zonificación en la jurisdicción del POMCA del río Coello.

Fuente: CORTOLIMA. POMCA río Coello (2017).

En el caso del POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena su extensión es menor, la cual cubre un menor porcentaje del área de influencia, y una menor área de la zona de intervención para el título 6823. Sus categorías están listadas en la Tabla 138.

Tabla 138. Categorías de zonificación en el área de influencia biótica.

POMCA RÍO LUISA Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA		
Zonificación	Área (ha)	Porcentaje (%)
Cultivos_transitorios_intensivos	0,0077	0,0311
Pastoreo extensivo	0,5618	2,2628
Cultivos_permanentes_semi_intensivos	1,773687	7,1437
Restauración ecológica	2,2779	9,1743
Sistemas forestales protectores	2,7706	11,1590
Sistemas agrosilvopastoriles	4,9413	19,9017
Vegetación natural	12,4957	50,3275
Total	24,8288	100,0000

Fuente: Tomada y adaptada. CORTOLIMA. POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena (2014).

Las zonas de conservación y protección ambiental (Vegetación natural, Sistemas forestales protectores y Restauración ecológica), se encuentran en mayor proporción respecto a las categorías de uso múltiple (el resto de las unidades). No se presentan condiciones de uso para estas categorías, pero se indican lineamientos para la actualización de los manejos de los esquemas de ordenamiento territorial en su jurisdicción. Actualmente dentro del EOT del municipio de San Luis, se considera en estas áreas el uso condicionado para minería a cielo abierto.

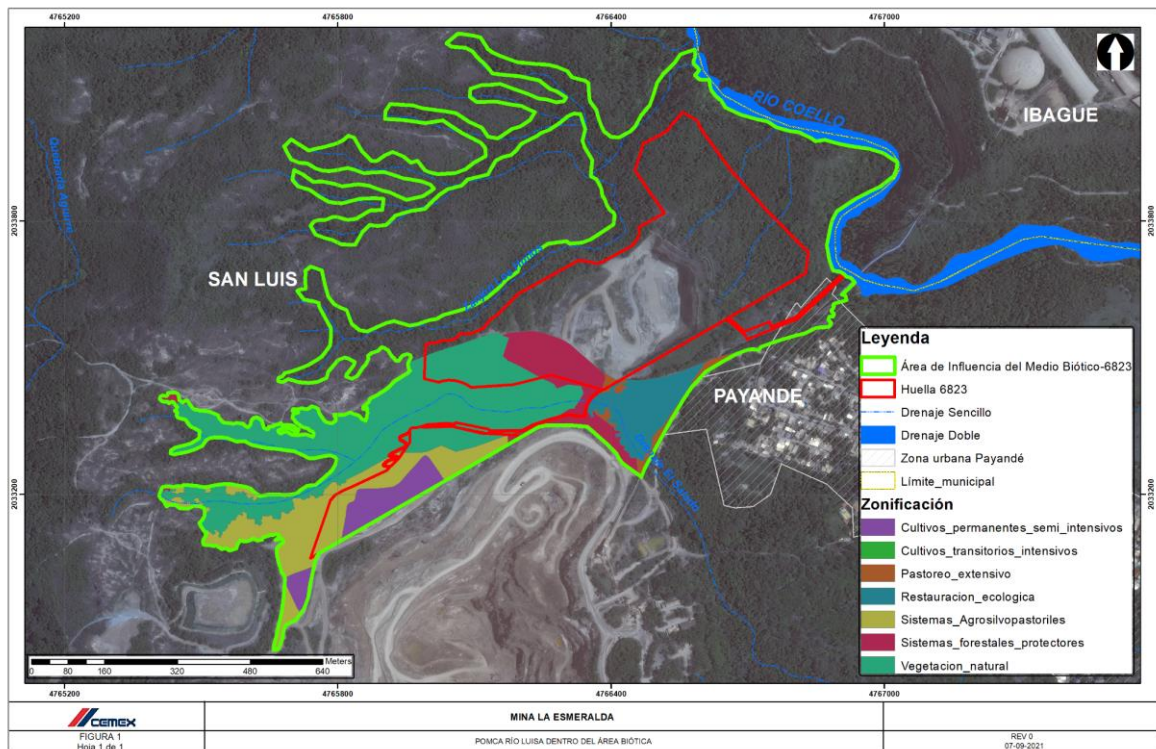


Figura 128. Distribución geográfica de zonificación del POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena en el área de influencia biótica.

Fuente: Tomada y adaptada. CORTOLIMA. POMCA río Luisa y otros Directos al Magdalena. (2014)

Es importante tener en cuenta que en el caso de este POMCA no se consideran las acciones de intervención y transformación del territorio, ya que en áreas de títulos mineros se considera el uso de cultivos de diferente clase dentro de la zonificación ambiental propuesta como lineamiento para el ordenamiento municipal.

Asimismo, dentro del área de intervención se encuentran las unidades listadas en la Tabla 139 para el título minero 6423 por jurisdicción del POMCA (río Coello y río Luisa).

Tabla 139. Unidades de zonificación dentro del área de intervención del proyecto.

POMCA	Zonificación	Área (ha)
Río Coello	Amenaza alta volcánica	17,5930
Total Río Coello		17,5930
Río Luisa y otros directos al Magdalena	Restauración ecológica	0,000518
	Pastoreo extensivo	0,058873
	Cultivos permanentes semi intensivos	1,419719
	Sistemas forestales protectores	1,643325
	Sistemas agrosilvopastoriles	1,85097
	Vegetación natural	2,642753
Total Río Luisa y otros directos al Magdalena		7,616158
Suma total		25,2091

Fuente: Tomada y adaptada. CORTOLIMA. POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena (2014), y POMCA río Coello (2017).

Estas áreas son las que verdaderamente presentan una intervención y dependen del uso de suelo destinado según el ordenamiento de cada instrumento de cuencas. Teniendo esto en cuenta 3,3295 ha se encuentran en la categoría de uso múltiple (13,2077% del total), mientras que el resto se encuentra en zonas de restauración, las cuales no presentan un uso determinado, ni excluye actividades productivas al indicar sólo directrices para los planes de ordenamiento municipal, y las zonas de Amenaza alta volcánica se excluyen dado que no representa un área de importancia para la conservación o restauración ecológica.

El esquema de ordenamiento territorial del municipio de San Luis⁴⁷ se encuentra desactualizado en relación a los planes de ordenamiento y manejo de las cuencas (POMCA) del río Coello⁴⁸ y río Luisa y otros directos al Magdalena⁴⁹, ya que no presentan una concordancia entre sus categorías de manejo, viéndose reflejado en las áreas de intervención del proyecto donde las categorías de las dos no presentan los mismos lineamientos. Se indica lo dispuesto por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible⁵⁰, donde las autoridades ambientales competentes (CORTOLIMA) deben constatar que la actualización de este instrumento de ordenamiento territorial (EOT), cumpla con los determinantes ambientales propuestos (zonificación ambiental y gestión del riesgo) en los POMCAS mencionados.

⁴⁷ ALCALDÍA DE SAN LUIS. 2001. Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT). Componente Rural. Grupo Interdisciplinario EOT. San Luis.

⁴⁸ Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA. 2017. Análisis situacional inicial de la subzona hidrográfica del río Coello. Ibagué, Tolima.

⁴⁹ Corporación de Cuencas del Tolima CORCUENCAS. 2014. Formulación POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena. Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica. Ibagué, Tolima.

⁵⁰ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. ORIENTACIONES A LAS AUTORIDADES AMBIENTALES PARA LA DEFINICIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS DETERMINANTES AMBIENTALES Y SU INCORPORACIÓN EN LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL Y DISTRITAL. Bogotá D.C.: MADS, 2016. 29 p.

Por lo tanto, aunque el esquema de ordenamiento territorial se debe actualizar de acuerdo a los determinantes ambientales. Estos únicamente son lineamientos que deben ser seguidos, dando autonomía a las autoridades ambientales para su uso del suelos, considerando que los plan de ordenamiento y manejo de cuencas (Coello y Luisa) se realizan a una escala 1:25.000, mientras que los esquemas de ordenamiento territorial como los estudios ambientales pueden llegar a un detalle mucho más alto (1:10.000 o 1:5.000), al concentrarse en una menor área.

En el caso de las rondas hídricas y nacimientos dentro del área de influencia biótica, se hace referencia a la normativa nacional (Decreto 2245 del 29 de diciembre del 2017, que se encuentra compilado en el Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo sostenible, Decreto 1449 de 1977), donde se contempla un área específica de protección y conservación que corresponde a una faja no inferior a 30 m de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua y en los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 m a la redonda, medidos a partir de su periferia (ver Figura 129).

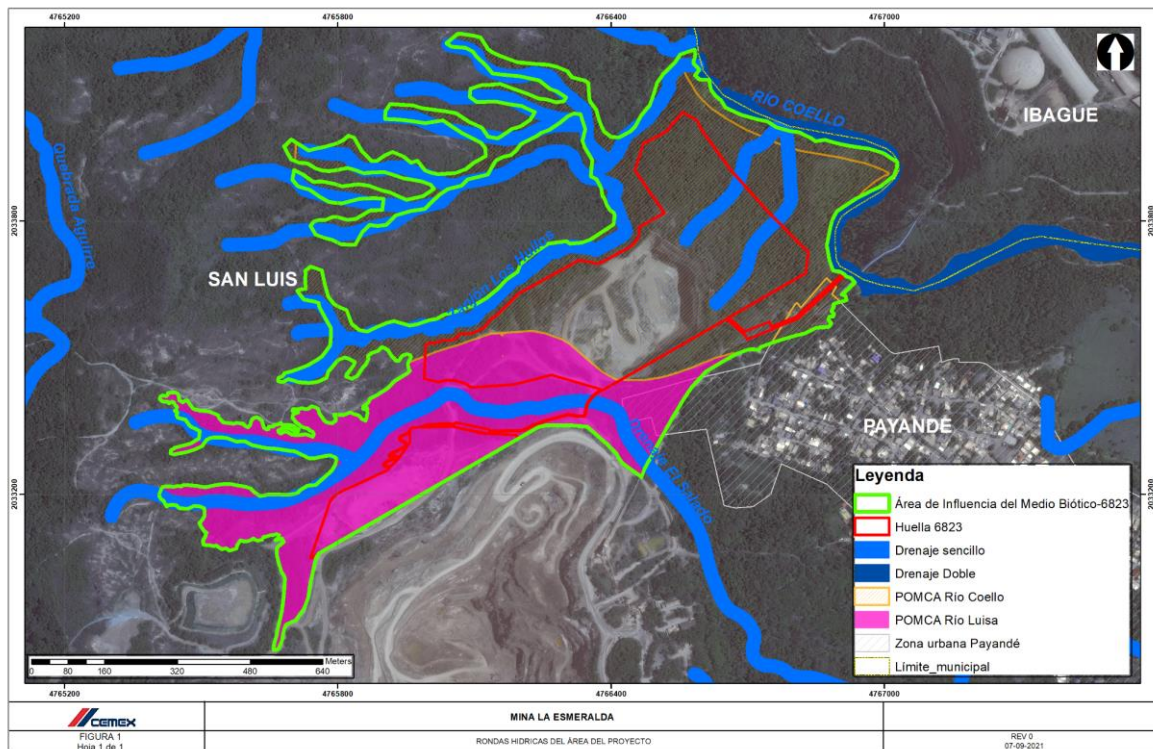


Figura 129. Rondas hídricas presentes dentro del área de influencia biótica y la huella del proyecto.
Fuente: Tomada y Adaptada. CORTOLIMA. POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena (2014), y POMCA río Coello (2017).

En el caso de los POMCAS estas zonas se incluyen como categorías de manejo, ya que tanto dentro del POMCA río Coello como del POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena, estas son recogidas dentro de la “Faja forestal protectora”, presentando en el primero un cruce mínimo con el área de intervención, mientras que en el segundo no presenta ningún tipo de sobreposición con el área de intervención como su área de influencia (Figura 127, Figura 128).

Se debe tener en cuenta que estos cruces con las categorías de protección difieren a lo presentado en la Figura 129, ya que en esta se ubican las rondas construidas a partir de los 30 m estipulados anteriormente para todos los drenajes

identificados en el estudio del título 4205 del año 2017. Donde claramente se observa una diferencia al presentar un mayor detalle este último. Los cruces se presentan en la Tabla 140 y se visualizan en la Figura 129.

Tabla 140. Distribución de rondas (30 m) dentro de la zona del proyecto.

Categorías	Áreas de influencia biótica	Huella
	Área (ha)	Área (ha)
Rondas hídricas	16,2741	0,8606

Fuente: Tomada y adaptada. Modificación plan de manejo ambiental título 4205 (2016).

Estos cruces con el área de intervención del proyecto son mínimos por lo cual, no se considera una afectación de importancia sobre esta categorías siendo en algunos casos producto de las diferencias de escala

5.2.2.4.3. *Ecosistemas estratégicos.*

Estos ecosistemas se encuentran dentro de la clasificación de áreas de importancia ambiental en la Figura 123 y son considerados dentro de estos los páramos, humedales, nacimientos, zonas de recarga de acuíferos y el bosque seco tropical. En el caso del área de influencia y el área de intervención del proyecto, no existe ningún cruce con este tipo de zonas, donde la única categoría que se podría considerar cercana es un parche de bosque seco tropical a una distancia de casi tres km lineales (Figura 130).

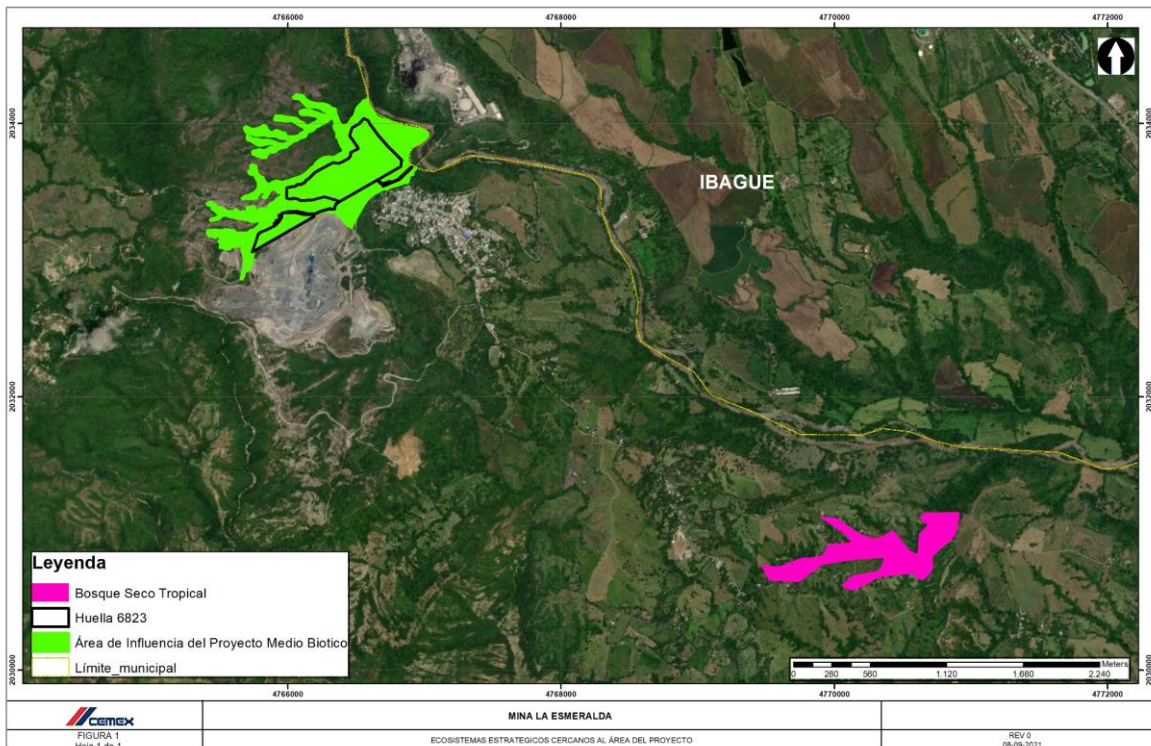


Figura 130. Ecosistemas estratégicos cercanos al área de influencia biótica.

Fuente: Tomada y adaptada. SIAC (2014, 2016).

Esto concuerda con lo mencionado por el POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena (2014), donde se indica que la zona en la que se encuentra el área de influencia biótica es una zona de recarga local de intermedia a baja. De este modo, las zonas de recarga regional se encuentran asociadas a mayores alturas, suelos más permeables y precipitaciones mayores como las que se pueden encontrar en el páramo Los Nevados ubicado a más de 30 kilómetros lineales del área de influencia del proyecto hacia el costado occidental, donde se observa a mayor escala una disminución gradual de estos valores conforme se llegan a zonas más bajas como se puede ver en la Figura 131.

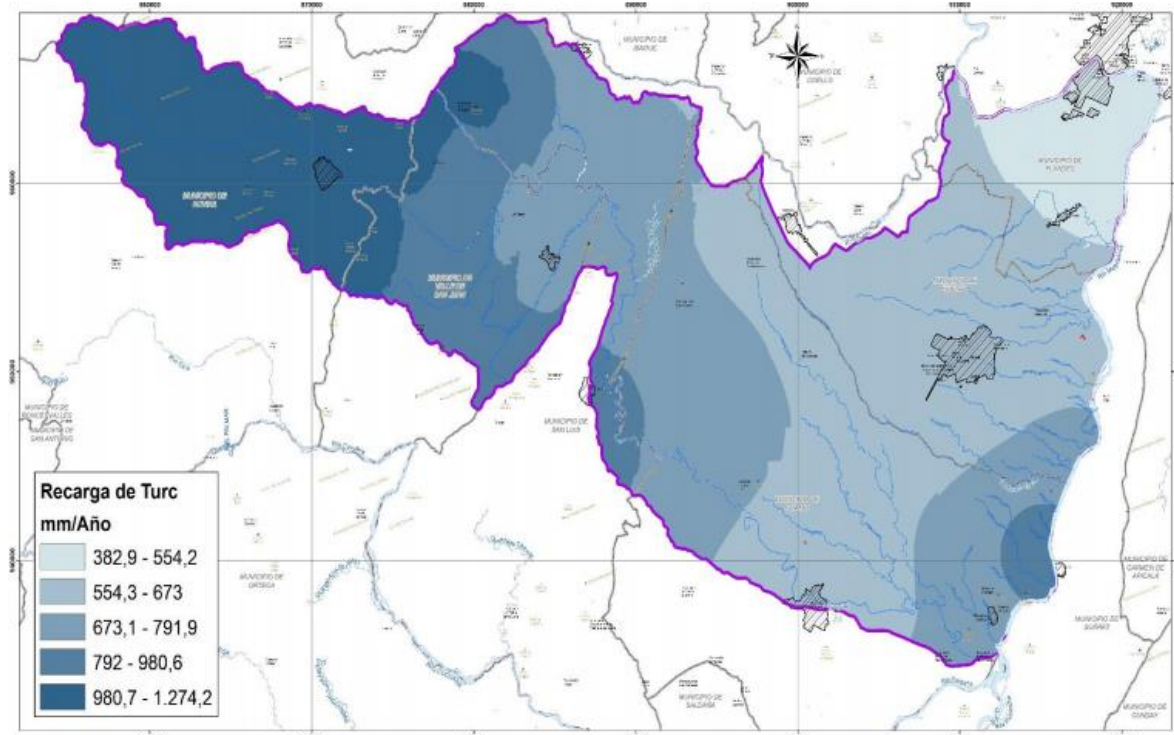


Figura 131. Recargas según Turc donde las zonas de mayor valor se encuentran en el costado izquierdo (cercano a la zona de páramos) y las de menor valor en el costado derecho. En la zona centro norteoccidental se encuentra el área del proyecto, en un sector de baja disponibilidad de agua.

Fuente: CORTOLIMA. POMCA río Luisa y otros directos al Magdalena (2014).

Adicionalmente, en la Figura 132 se indica la localización del área de interés del proyecto y vemos que esta se encuentra sobre una zona de baja importancia hidrogeológica dada su ubicación en un sector de escasa recarga de acuíferos y escasa disponibilidad hídrica. Se observa que la recarga en el área tiene valores entre 0 mm/año a 225 mm/año, donde las zonas de mayor recarga se concentran en el centro y noroeste del área de estudio, siendo aún escasa. Se considera importante realizar estudios más detallados como los presentados por el estudio actual de modificación (Título 6823) para determinar el movimiento de aguas de forma certera.

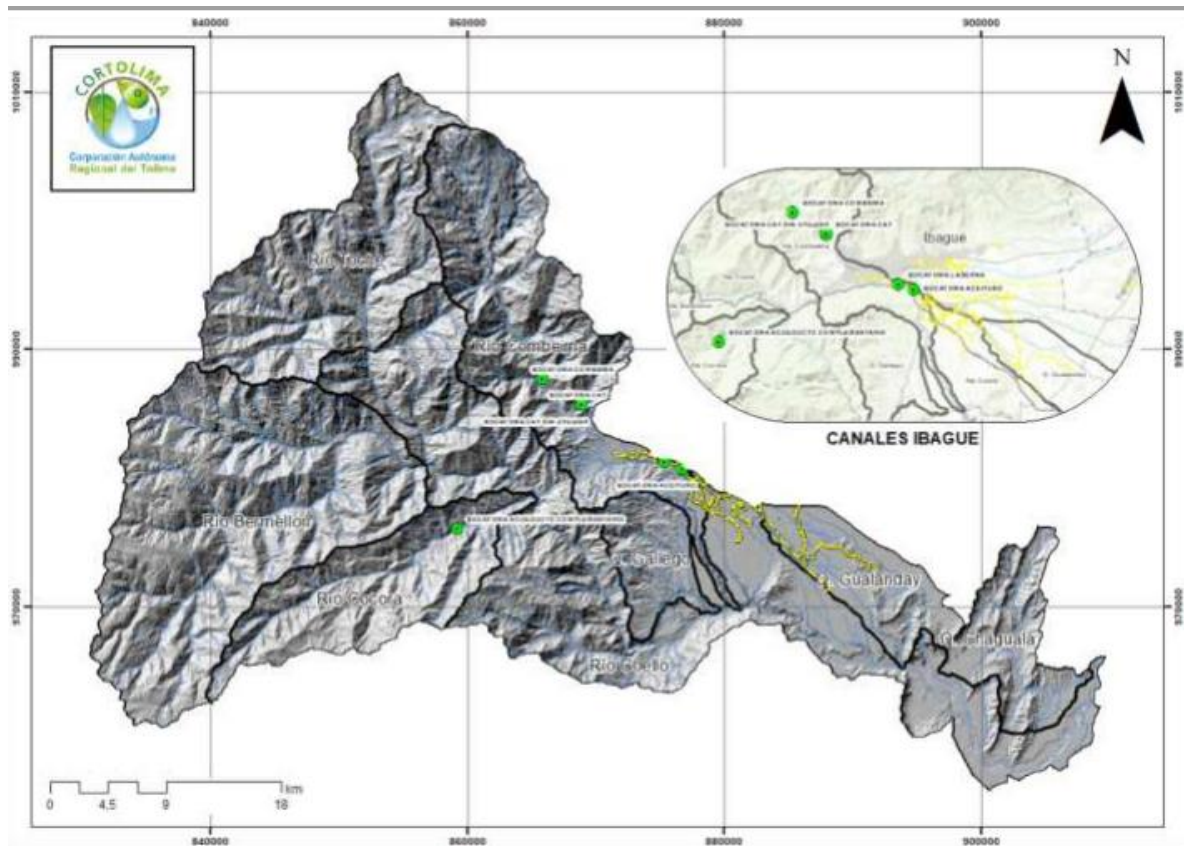


Figura 133. Inventario de infraestructuras hidráulicas del POMCA río Coello.
Fuente: CORTOLIMA. POMCA río Coello (2017).

Dentro del estudio realizado sobre el título 4205 se identificó en el área del área de estudio una zona de recarga asociada a la infiltración de precipitaciones en dos zonas diferenciadas, los cuales son producidos por los depósitos cuaternarios aluviales, las arenas puzolánicas y del Abanico de Ibagué con un flujo intergranular de tipo libre cuyo comportamiento se asume independiente con las rocas sedimentarias detríticas de la Formación Honda, las cuales poseen un potencial tipo confinado. La tendencia de la línea de flujo asociada a los depósitos recientes es NNE con punto de descarga hacia el valle aluvial del río Coello. La formación Honda constituye un acuífero diferente de tipo confinado, heterogéneo, anisótropo dadas sus variaciones laterales de litofacies. Su distribución se muestra en la Figura 134.

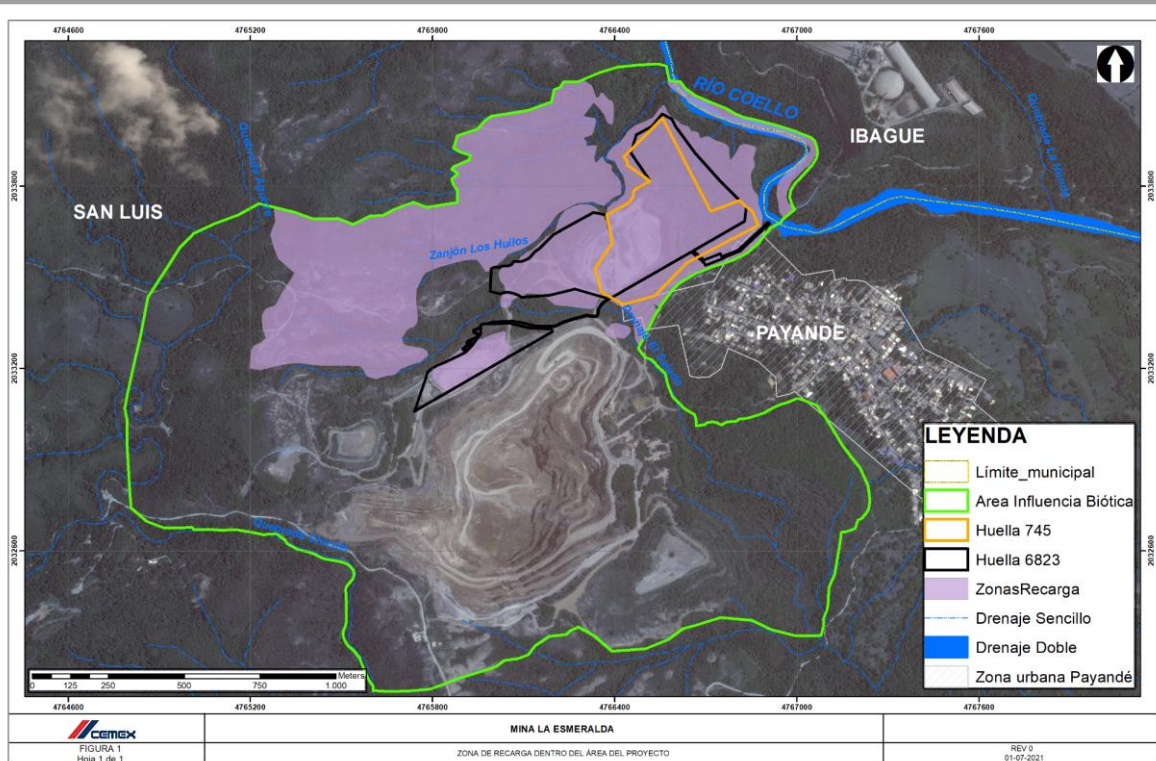


Figura 134. Zonas de recarga dentro del área de estudio

Fuente: Tomada y adaptada. INGETEC & CEMEX. Modificación del plan de manejo ambiental título minero 4205 (2016).

En el mismo estudio sobre el título 4205 no se identifican nacimientos dentro del área de influencia biótica, por lo cual, no se considera una relación con este tipo de elemento en la presente categoría.

5.2.2.4.4. Prioridades de conservación PNN.

Estas zonas se encuentran dentro de las áreas de importancia ambiental que se ubican en la Figura 134 y representan las áreas prioritarias de conservación del CONPES 3680⁵¹ y las áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad establecidas por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt⁵². Estas no presentan ningún tipo de sobreposición con el área de influencia biótica ni con el área de intervención del proyecto, como puede observarse en la Figura 135.

⁵¹ Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2010). Prioridades de Conservación Nacional. Bogotá, D.C.

⁵² Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2008). Portafolio de áreas prioritarias para conservación de la biodiversidad, escala 1:250.000. Bogotá, D.C.

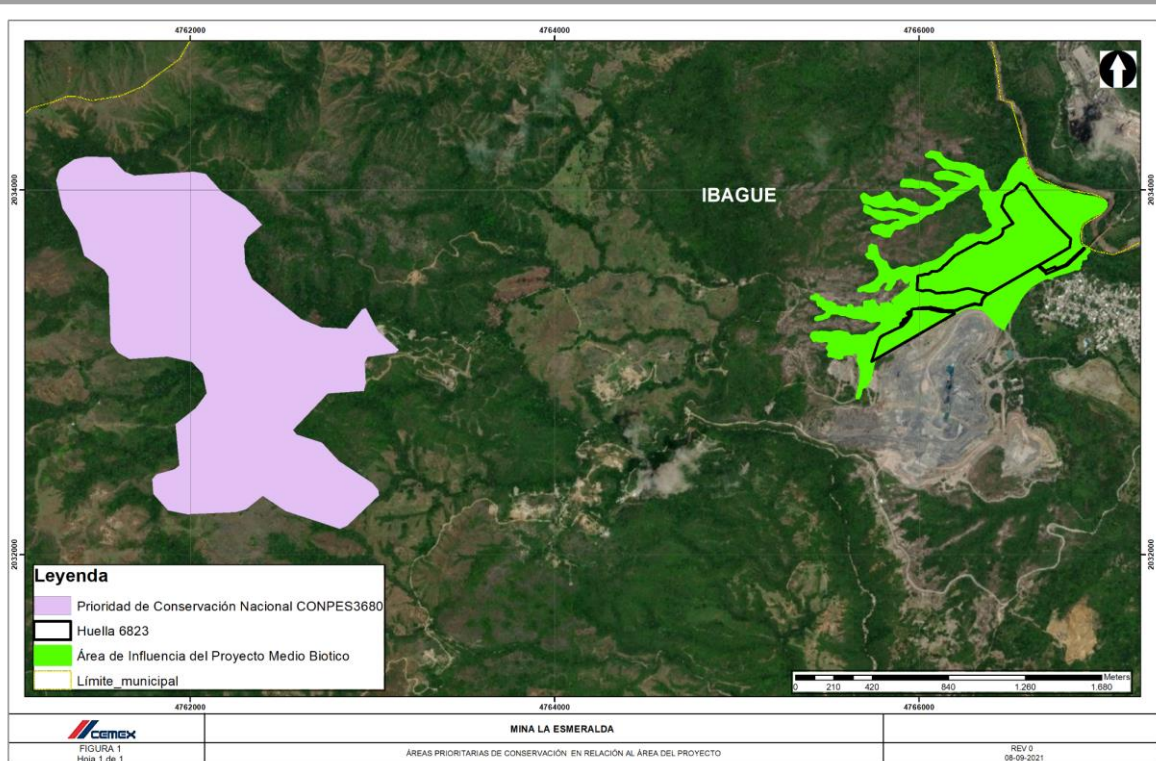


Figura 135. Áreas prioritarias de conservación en relación a la zona del proyecto, CONPES 3680 (NorAndina Valle Magdalena Orobionomas bajos de los Andes). Fuente: Tomada y adaptada. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Prioridades de Conservación Nacional (2010).

El área más cercana se encuentra a más de 2 km lineales del área de influencia biótica y pertenece a las áreas CONPES 3680 (NorAndina Valle Magdalena Orobionomas bajos de los Andes), clasificadas como de alta insuficiencia y de prioridad urgente. Aunque es de vital importancia reconocer que estas presentan por medio del Decreto 1374 del 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible un ordenamiento temporal en lo denominado como reservas de recursos naturales.

Por último, no se consideran las áreas con reglamentación especial mencionadas dentro de la Figura 135, debido a que sus áreas se encuentran ubicadas a una distancia considerable de la zona del proyecto, por lo cual no presentan afectación.

Anexos

- Anexo 1. Base de datos caracterización Flora CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.001
- Anexo 2. Gran biomas, biomas, ecosistemas, coberturas CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.002
- Anexo 3. Localización de parcelas y censo CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.003
- Anexo 4. Tamaño de la muestra CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.004
- Anexo 5. Calculo de Error por Muestreo Estratificado (Bioma Chaparral) CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.005
- Anexo 6. Calculo de Error por Muestreo Estratificado (Bioma Tolima grande) CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.006
- Anexo 7. Curvas de Acumulación CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.007
- Anexo 8. Especies de flora con alguna categoría de amenaza, veda o endemismo. CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.008
- Anexo 9. Perfiles de vegetación CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.009
- Anexo 10. Certificados de identificación de especies CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.010
- Anexo 11. Cálculo por cobertura del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.011
- Anexo 12. Cálculo por cobertura del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.012
- Anexo 13. Certificado de determinación taxonómica flora no vascular en veda CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.013
- Anexo 14. Certificado de determinación taxonómica flora vascular en veda CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.014
- Anexo 15. Base de datos flora en veda CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.015
- Anexo 16. Catálogo fotográfico de flora en veda CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.016
- Anexo 17. Matrices curvas de acumulación de especies CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.017
- Anexo 18. Anexo anfibios en el contexto regional del Proyecto Mina La Esmeralda -Título 6823- CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.018
- Anexo 19. Anexo anfibios registrados -Título 6823- CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.019
- Anexo 20. Anexo reptiles en el contexto regional del Proyecto Mina La Esmeralda -Título 6823- CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.020
- Anexo 21. Anexo reptiles registrados -Título 6823- CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.021
- Anexo 22. Anexo. Aves en el contexto regional del proyecto mina la Esmeralda -Título 6823- CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.022
- Anexo 23. Anexo. Aves en el AIB del proyecto mina la Esmeralda -Título 6823- CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.023
- Anexo. Mamíferos en el contexto regional del Proyecto Mina La Esmeralda -Título 6823- CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.024
- Anexo 24. Anexo. Mamíferos registrados en el AIB del Proyecto Mina La Esmeralda -Título 6823- CAP5.2-CMBI-LAES6823-AN#5.2.025
- Anexo 25. Anexo. Cadena de custodia solicitud de análisis Proyecto Mina la Esmeralda CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.026
- Anexo 26. Anexo. Reporte de análisis toxicología en peces muestra FQM006287 CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.027
- Anexo 27. Anexo. Reporte de análisis toxicología en peces muestra FQM006290 CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.028
- Anexo 28. Anexo Resolución permiso de colecta CAP5.2-CMBI-LES6823-AN#5.2.029