SOCIEDAD AEROPUERTO DEL CAFÉ



ZODME CAUCE SUR PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO AEROPUERTO DEL CAFÉ

INFORME DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS QUEBRADA PITAYA

PALESTINA, CALDAS

Revisión 0.0

Junio de 2023

(Página en blanco intencionalmente)

CONTENIDO

Pág.

1 INTRODUCCIÓN 5
2 OBJETIVO 6
1. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS 7
1.1. Área de estudio 7
1.2. Ubicación de los puntos de muestreo 7
1.3. Método de muestreo 8
1.1.1. Comunidad de macroinvertebrados bentónicos 9
1.1.2. Comunidad perifítica 10
1.1.3. Comunidad de Ictiofauna (peces) 10
1.4. Fase de laboratorio 10
1.1.4. Macroinvertebrados bentónicos acuáticos 10
1.1.5. Perifiton 11
1.1.6. Fauna íctica 11
1.2. Fase de procesamiento de información 11
1.2.1. Medición de la diversidad 11
1.2.2. Bioindicación y análisis de la calidad biótica 12
2. ANÁLISIS DE RESULTADOS 13
2.1. Perifiton 13
2.1.1. La composición riqueza y densidad de especies 13
2.1.2. Diversidad 17
2.2. Macroinvertebrados acuáticos 18
2.2.1. Riqueza y densidad de especies 18
2.2.2. Gremios tróficos 23
2.2.3. Diversidad 25
2.3. Fauna íctica 26
2.3.1. Riqueza y densidad de especies 26
2.3.2. Diversidad 27
2.4. Bioindicación 27
2.4.1. Índices de bioindicación BMWP y ASTP 27
CONCLUSIONES 29
Perifiton 29
Macroinvertebrados acuáticos 29
Peces 29
BMWP 29
BIBLIOGRAFÍA 30
ANEXOS 31
- Anexo 1. Formatos de campo 31
- Anexo 2. Reportes de análisis de laboratorio externo 31
- Anexo 3. Registro fotográfico 31
- Anexo 4. Resoluciones de acreditación de laboratorios 31

LISTADO DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Ubicación e información de puntos de monitoreo – Aeropuerto del Café 8
Tabla 2. Descripción puntos de muestreo 8
Tabla 3. Significancia de los valores de ASTP y BMWP 12
Tabla 4. Composición de la comunidad perifítica , quebrada Pitaya 14
Tabla 5. Comunidad de macroinvertebrados acuáticos registrados en la Q Pitaya 20
Tabla 6. Gremios tróficos para la comunidad de macroinvertebrados- Q Pitaya 24
Tabla 7. Registró íctico para las tres estaciones muestreadas – Q. Pitaya 27
Tabla 8. Diagnóstico de bioindicación según resultados de macroinvertebrados acuáticos 28

LISTADO DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1. Densidad de la comunidad perifítica por estación – Q. Pitaya 13
Gráfico 2. Riqueza de especies del perifiton, por estación – Q. Pitaya 15
Gráfico 3. Riqueza de especies del perifiton, por órdenes sistemáticos, por estación – Q. Pitaya 15
Gráfico 4. Riqueza de especies del perifiton, por familias sistemáticas, por estación – Q. Pitaya 16
Gráfico 5. Índices de diversidad de la comunidad perifítica - Q Pitaya 17
Gráfico 6. Índices de equidad y dominancia de la comunidad perifítica - Q Pitaya 18
Gráfico 7. Densidad de macroinvertebrados por estación- Q Pitaya 19
Gráfico 8. Riqueza de especies de macroinvertebrados, por estación- Q Pitaya 19
Gráfico 9. Riqueza de especies de macroinvertebrados, por órdenes sistemáticos, por estación- Q Pitaya 21
Gráfico 10. Riqueza de macroinvertebrados, por familias sistemáticas, por estación- Q Pitaya 21
Gráfico 11. Estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados, por estación- Q Pitaya 24
Gráfico 12. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos - Q Pitaya 25
Gráfico 13. Índices de equidad y dominancia de macroinvertebrados- Q Pitaya 26

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 1. Muestreo comunidades hidrobiológicas – Q. Pitaya 9
Fotografía 2. Imágenes de algunas especies del perifiton – Q. Pitaya 16
Fotografía 3. Imágenes de algunas especies de macroinvertebrados - Q Pitaya 22
Fotografía 4. Registró fotográfico de *Trichomycterus* cf *striatus* - Q Pitaya 27

1 INTRODUCCIÓN

Los ríos son sistemas naturales multifuncionales que poseen múltiples redes de drenaje con un elevado grado heterogeneidad ambiental. Esta alta complejidad se debe a diversos agentes interactuantes como el clima, geomorfología, precipitación y sistemas de aguas superficiales y subterráneas. Estos sistemas son elementos reguladores de tipo ecológico, paisajístico y territorial, siendo claves en la dinámica ambiental.

Evidentemente, Colombia posee un potencial hídrico tres veces mayor al promedio de los países suramericanos y seis veces mayor que la oferta hídrica específica promedio mundial, sin embargo, presenta serios problemas en la disponibilidad de agua de calidad en muchas regiones; en especial, aquellas zonas más pobladas. Sin duda, la ubicación geográfica de Colombia ha contribuido a que su territorio cuente con una riqueza hídrica importante, la presencia de las tres cordilleras a su vez ha generado que las riberas de sus ríos, y diferentes fuentes hídricas sean lugares para el asentamiento de poblaciones humanas. Estos asentamientos traen consigo consecuencias e impactos ambientales, que manejado inadecuadamente pueden generar daños al ambiente. Esto se debe principalmente, a la contaminación, deforestación, erosión, pérdida de capacidad de retención y regulación del recurso hídrico, alterando drásticamente la biodiversidad y los ecosistemas que regulan directa e indirectamente la oferta hídrica (Gualdrón, 2016).

La biodiversidad acuática desempeña una función esencial en los medios de vida del ser humano sin importar la actividad o el nivel socioeconómico; sin embargo, está amenazada, por distintos tipos de acciones humanas, incluidos la llegada de sedimentos, los aportes de aguas residuales y desechos sólidos, varios métodos no sustentables de pesca, así como la introducción de especies exóticas. Finalmente, las aguas son el destino final de la incontrolada contaminación. El agua y la biodiversidad asociada a los ecosistemas continentales son recursos esenciales para el desarrollo nacional por lo que es pertinente desarrollar estrategias y programas para su conservación y uso sostenible (Herrera, 2020).

Según Moreno (2001), analizar la diversidad es muy conveniente debido a la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, haciendo necesario contar con información de la diversidad de las comunidades para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente con el fin de facilitar el diseño de estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local y regional en ecosistemas naturales y modificados. No obstante, la integración de la aplicación de indicadores biológicos, junto con análisis microbiológicos y fisicoquímicos, en lo referente a la evaluación de la calidad de agua, se convierte en una alternativa altamente efectiva en la búsqueda de un mayor control y buen uso de esta (Jaramillo, 1995).

Por todo lo anterior, frente a la ejecución de cualquier proyecto que requiera el uso de los recursos naturales y específicamente el uso de los ecosistemas acuáticos, en pro de la conservación de todas las comunidades que albergan este tipo de ecosistemas para su adecuado funcionamiento, es fundamental crear estrategias de manejo y conservación que permitan el desarrollo natural de las mismas, evitando el deterioro e incluso la pérdida total de estos sistemas.

Con el fin de dar cumplimiento a la normatividad ambiental y para garantizar la ejecución del Proyecto AEROCAFÉ-FASE I, la Asociación Aeropuerto del Café, solicitó ante la autoridad ambiental la modificación de la Licencia Ambiental con el propósito de modificar el Zodme Cauce sur, quebrada Pitaya en jurisdicción del municipio de Palestina (Caldas)

Con la información recopilada en campo y los resultados de los análisis se desarrolla el presente informe que se encuentra estructurado de la siguiente manera: objetivos, metodología utilizada para los muestreos, resultados y análisis para las muestras de comunidades de macroinvertebrados acuáticos en aguas superficiales, conclusiones; finalmente, bibliografía y anexos.

2 OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado actual de la calidad del agua en los cauces asociados a la zona de disposición de material (Zodme Cauce Sur) requeridos para el proyecto Aeropuerto del Café, en el municipio de Palestina, Caldas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evidenciar la calidad del agua a través de la caracterización de las comunidades acuáticas de la quebrada Pitaya asociada al zodme Cauce Sur del proyecto en Palestina (Caldas), como línea base.
- Establecer los valores de bioindicación para las comunidades hidrobiológica en la quebrada Pitaya

1. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

1.1. ÁREA DE ESTUDIO

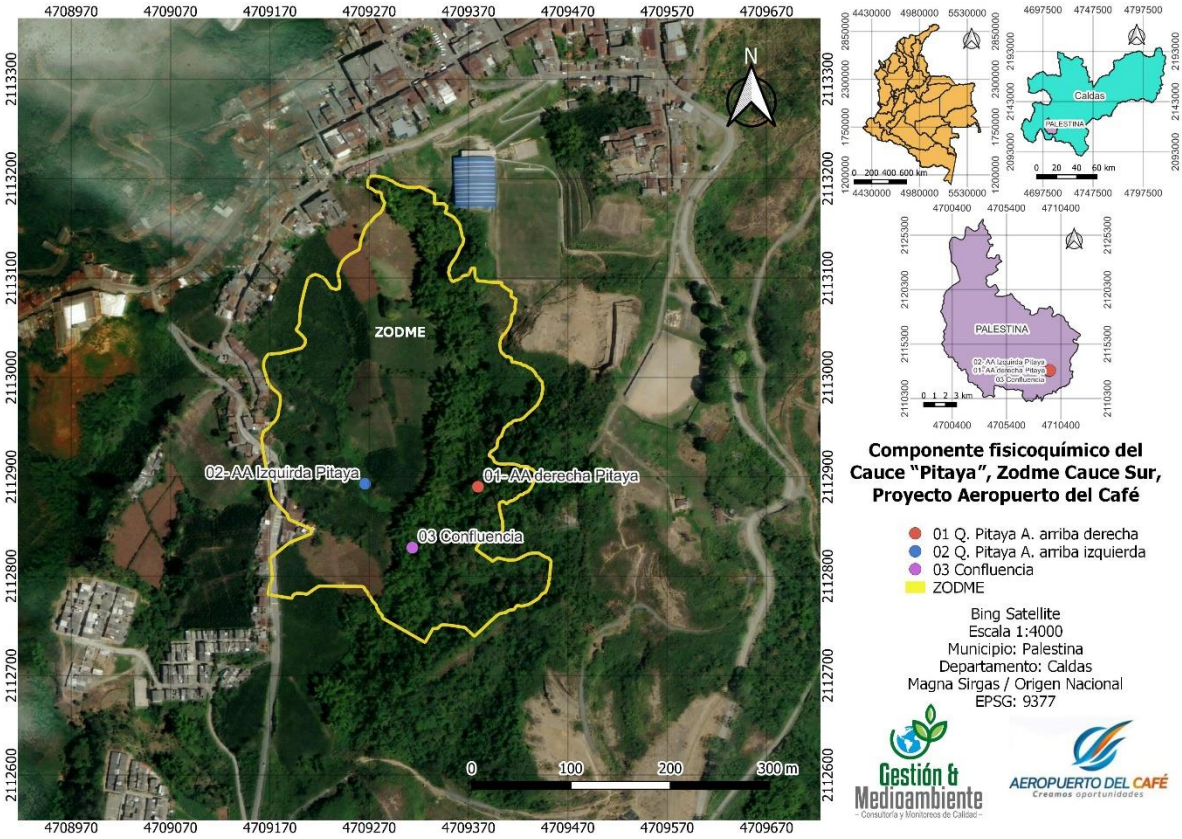
Aeropuerto Internacional del Café es un proyecto de infraestructura aeroportuaria en Palestina, Caldas El proyecto está dividido en tres etapas. En la primera se contempla la construcción de una pista de 1.400 metros de longitud, incluyendo las primeras etapas de plataformas, edificios administrativos, zonas de embarque y desembarque, salas de espera, zonas de bodegaje, hangares y plataformas de estacionamiento de aviones. La segunda etapa será para alcanzar 2600 metros, que lo colocará como el mayor aeropuerto de la región Cafetera. Finalmente, el terminal aéreo tendrá una tercera etapa aún por desarrollar en fase tres, para extender su pista hasta unos 3800 metros de longitud.

El Aeropuerto Internacional del Café, ubicado a 4 Km de la Doble Calzada Manizales-Pereira-Armenia y a 10 km de la vía Pacífico III, jurisdicción del municipio de Palestina en la región centro sur del departamento de Caldas, a una altitud media de 1630 m.s.n.m., presenta una temperatura promedio de 26°C.

1.2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Las actividades de muestreo se efectuaron el día 14 de junio de 2023 en 3 puntos de la quebrada Pitaya, en tres puntos: 2 aguas arriba y 1 aguas abajo de la confluencia (box Colvert). En la Figura 1 se muestra la ubicación general de los puntos de muestreo de agua superficial y en la tabla 2 se describen los puntos.

Figura 1. Localización general de los puntos de muestreo



Fuente: Trabajo de campo Gestión & Medioambiente SAS, 2023

1.3. MÉTODO DE MUESTREO

Los códigos y puntos de muestreo se presentan en la Tabla 1 y los resultados de laboratorio se presentan en el Informe de ensayo 0416 (Anexo 3). A continuación, se presentan las metodologías empleadas para la caracterización hidrobiológica para el proyecto.

Los muestreos se hicieron en horario diurno, en presencia de luz solar, entre las 6:00 a.m. y las 4:00 p.m. aproximadamente, para lo cual se hizo un recorrido por los cuerpos de agua a muestrear, se georreferenciaron cada punto, se hizo registro fotográfico y se realizó esquemas de los sitios, donde se identificaron: el tipo de vegetación que lo rodea, las condiciones climatológicas y de luminosidad, las actividades antrópicas y la existencia de posibles fuentes.

Tabla 1. Ubicación e información de puntos de monitoreo – Aeropuerto del Café

Código de campo	Nombre del cuerpo de agua	Coordenadas Origen nacional		Cod. Lab.	B	P	pS
		Latitud	Longitud	eQual			
2369-01-HB	Quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1)	4709265.829	2112890.655	EQ-4283	•	•	-
2369-02-HB	Quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2)	4709265.839	2112893.121	EQ-4284	•	•	-
2369-03-HB	Quebrada Pitaya aguas abajo confluente	4709313.340	2112828.710	EQ-4285	•	•	•

Fuente: eQual consultoría y servicios ambientales S.A.S, junio 2023
*B: bentos, P:perifiton, pS: peces

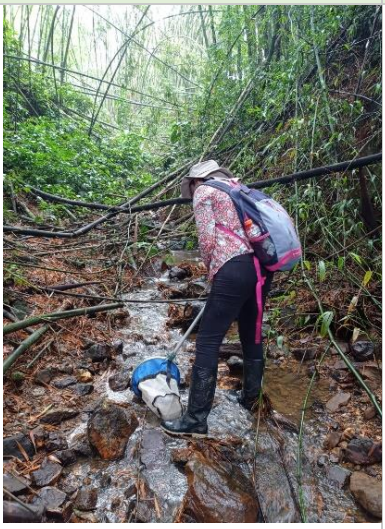
Tabla 2. Descripción puntos de muestreo – Q. Pitaya

Cuerpo de agua muestreado		Descripción
Nombre	Fotografía	
01 Aguas arriba (afluente 1)		Cuerpo de agua superficial con una profundidad menor a 20 cm y un ancho aproximado de 1 metro. Presenta poca turbulencia, el color es traslúcido y no se percibe olor. Como sustrato presenta arenas, grava y rocas. Con vegetación arbórea y guaduales. Se presenta un periodo de pocas lluvias en las últimas 24 horas, no se evidencian signos de contaminación.
02 Aguas arriba (afluente 2)		Escorrentía o fuente de agua superficial con una profundidad menor a 10 cm y un ancho aproximado de 0,3 metros. Presenta poca turbulencia, el color es traslúcido y no se percibe olor. Como sustrato presenta arenas, grava y rocas. Con vegetación arbórea y cultivos de café. Se presenta un periodo de pocas lluvias en las últimas 24 horas y no se evidencian signos de contaminación.

Cuerpo de agua muestreado		Descripción
Nombre	Fotografía	
02 Aguas abajo Confluencia		Cuerpo de agua superficial canalizado mediante un box coulvert, con una profundidad menor a 5 cm y un ancho aproximado de entre 0,5 y 0,7 metros. Presenta poca turbulencia, el color es traslúcido y no se percibe olor. Algunos sustratos presentan coloración naranja que pueden indicar contenido de hierro. Se presenta un periodo de pocas lluvias en las últimas 24 horas y no se evidencian signos de contaminación. En este punto confluyen los afluentes 1 y 2 de la quebrada Pitaya en un box culvert.

Fuente: Trabajo de campo Gestión & Medioambiente SAS, 2023

Fotografía 1. Muestreo comunidades hidrobiológicas – Q. Pitaya

Macroinvertebrados acuáticos	Perifiton	Peces
		 

Fuente: Trabajo de campo de Gestión & Medioambiente SAS, junio de 2023

1.1.1. Comunidad de macroinvertebrados bentónicos

El muestreo de macroinvertebrados se realizó siguiendo la propuesta de Palma González & Arana-Mestre (2014), donde se utilizó una red tipo D (triangular) que por su forma es ideal para el muestreo de fondos acuáticos que permitan la colecta de pequeños organismos bénticos, estructura semicircular de 30 cm de diámetro y 30 cm de profundidad y cuenta con una malla entramado de mono, filamentos de poliéster, con abertura de ojo de malla de 300 micras de abertura.

En cada sitio de muestreo se selecciona un transecto teniendo en cuenta el tipo de sustrato apto para el establecimiento de macroinvertebrados. El muestreo se realiza en 100 m lineales en cada uno de los sitios empleando 2 técnicas: una red D (muestreo en las orillas) y red surber ((en 3 sitios de la corriente) por un lapso de 30 minutos. Cada sustrato colectado es revisado mediante la utilización de pinzas y una bandeja

donde se separan los macroinvertebrados. El material colectado en campo será colocado en recipientes plásticos y preservado en alcohol al 70% para su posterior identificación en el laboratorio

El material colectado como muestra compuesta fue almacenado en un recipiente plástico boca ancha, preservado con alcohol al 70% y almacenado para su transporte después de ser etiquetado con los datos del punto de muestreo.

1.1.2. Comunidad perifítica

Con el fin de obtener muestras representativas de la comunidad perifítica, como primera medida durante el reconocimiento y asignación de los cuerpos se reconocieron aquellos sustratos donde existía una mayor probabilidad de colonización de microalgas; sustratos tales como: rocas, troncos y hojarasca sumergidos preferiblemente por un periodo de tiempo de varios días o semanas en donde fuera posible visualizarse una biopelícula que evidenciaba la presencia de algas perifíticas.

Los muestreos de perifiton se realizaron siguiendo la propuesta de Rimarachín-Ching (2014) los cuales se llevaron a cabo utilizando un cuadrante, al cual se le ha calculado previamente el área de 8 cm^2 el cual fue utilizado 30 veces al azar en cada punto de muestreo, obteniendo un área total de 240 cm^2 de raspado por estación, se toma una muestra de agua del mismo sitio para llenar el frasco ámbar de 140 ml a la mitad.

1.1.3. Comunidad de Ictiofauna (peces)

Se utilizó una atarraya con ½ pulgada de ojo de malla, con la cual se hicieron alrededor de 10 lances en cada punto de muestreo, este método resulta apropiado en zonas con espejo de agua más grande; además, permite la captura de ejemplares desde tamaños muy pequeños hasta tamaños grandes. Por otro lado, en algunos puntos que presentaban las condiciones adecuadas, se dispuso de anzuelos durante 40 minutos, aproximadamente.

Se capturaron algunos ejemplares; sin embargo, la mayoría fueron liberados en vista de que no había incertidumbre taxonómica. A estos ejemplares se les tomó datos asociados a los sitios de muestreo y se les hizo registró fotográfico, con el fin de apoyar la determinación taxonómica.

Se utilizó formalina al 10% para fijar las muestras conservadas y etanol al 95%, los peces fueron depositados en frascos plásticos y en bolsas plásticas de sello hermético con la correspondiente etiqueta de campo.

1.4. FASE DE LABORATORIO

El análisis de las muestras fue realizado por e-Qual Consultoría y Servicios Ambientales SAS, empresa que cuenta con un laboratorio acreditado ante el IDEAM bajo la Norma 17025:2017, por la Resolución 0445 del 5 abril de 2022 (Anexo 5).

1.1.4. Macroinvertebrados bentónicos acuáticos

En el laboratorio, para cada muestra los organismos fueron aislados del sustrato remanente mediante el uso de tamices y posterior revisión con estereomicroscopio. Para el conteo fue revisada la totalidad de la muestra y los resultados se presentaron como número de organismos. Los organismos identificados fueron preservados en alcohol al 70% y guardados en frascos de vidrio debidamente rotulados. Para la determinación taxonómica se empleó un estereomicroscopio convencional y las claves de Lopretto & Tell (1995), Merrit & Cummis (1984), Fernández & Domínguez (2002), Aristizábal-García (2002), Aristizábal-García (2017), entre otras. Los organismos fueron llevados a nivel de géneros y morfoespecies, con excepción de la familia Chironomidae que fue trabajado a nivel de subfamilia y morfoespecies según la caracterización de Ospina *et al*., (1998). Finalmente, se hizo el conteo del número de ejemplares/especie con lo cual se construyó la base de datos para el análisis de la comunidad, estos datos fueron extrapolados a la densidad de individuos por metro cuadrado.

1.1.5. Perifiton

En la fase laboratorio, todas las muestras del perifiton fueron observadas detalladamente con un microscopio invertido. La revisión de la muestra se hizo por medio de una cámara Sedgwick-rafter de 1ml, utilizando el método de conteo y barrido. El análisis cuantitativo se produce por medio de la relación entre el área raspada, el volumen de la muestra, el número de individuos contados por especie y el volumen total observado, así como el área del campo del microscopio. Para la identificación de las algas al nivel genérico, se utilizaron los trabajos de Bicudo & Bicudo (1970); Bourrelly (1972; 1981), Parra et al. (1982 -83) y Lopretto & Tell (1995), entre otros. Los datos para el perifiton fueron expresados como células/cm^2.

1.1.6. Fauna íctica

Para la identificación de los especímenes *ex situ*, se dispuso de literatura especializada (artículos, listas de especies, guías) que permitieron su determinación. Además, se utilizaron claves taxonómicas y descripciones originales de las especies, las cuales constituyen un medio efectivo. Por otro lado, con el apoyo de un estereoscopio marca *Carl Zeiss Jean* se realizó la determinación de los ejemplares.

Para el análisis de datos se elaboró una tabla con información correspondiente al listado de especies halladas, con su respectiva clasificación taxonómica; se realizaron gráficas de abundancia relativa, abundancia por familia y categoría trófica, además, se incluyeron tablas con datos cualitativos sobre el estado de conservación de las especies y el uso y procedencia de estas.

1.2. FASE DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

1.2.1. Medición de la diversidad

Para la medición de la diversidad α, los índices se calcularon utilizando las siguientes ecuaciones, tomadas de Magurran (1989):

Índice de Shannon – Wienner:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de equidad de Pielou:

$$J = \frac{H'}{H_{máx}}$$

Dónde: H´ = Índice de Shannon – Wienner
$H_{máx}$ = lnS.

Índice de Simpson:

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

Dónde: p_i = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. A medida que λ se incrementa, la diversidad decrece. La diversidad puede entonces calcularse como 1-λ o bien 1/λ.

1.2.2. Bioindicación y análisis de la calidad biótica

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señala algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora.

En el presente caso se utilizó el método BMWP/Col. Este método consiste en asignar un valor de bioindicación a cada una de las familias taxonómicas de macroinvertebrados, los cuales para Colombia han sido previamente establecidos por Roldán-Pérez (2003). La sumatoria de los valores arroja el valor del índice BMWP.

Adicionalmente se obtiene el ASPT, como el valor medio de los puntajes obtenidos por la muestra. Un valor bajo de ASPT, asociado a un valor bajo de BMWP, indicará condiciones graves de contaminación. La interpretación de los resultados se realiza según la Tabla 3.

Tabla 3. Significancia de los valores de ASTP y BMWP

Clase	Calidad	BMWP/Col	ASTP/Col	Significado	Color
I	Buena	>100	>8	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61-100	6-<8	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	4-<6	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	2-<4	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 16	<2	Aguas fuertemente contaminadas.	

Fuente: Tomado de Roldán-Pérez (2003)

Este análisis se complementó con algunos datos sobre las morfoespecies acerca de su ecología y adaptación a condiciones ambientales.

2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de las comunidades muestreadas se presentan en el reporte de laboratorio No. 0416 que se presenta en el Anexo 3.

2.1. PERIFITON

Las microalgas del perifiton o algas bénticas son organismos que viven adheridos a superficies rocosas, vegetales o inclusive algunas estructuras artificiales como puentes, tanques etc., sumergidos dentro del cuerpo de agua. Estas algas en particular tienen un papel importante en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, pues son productores primarios y por tanto los cambios en su composición y abundancia son indicadores de la calidad del agua (Roldán. 1992).

La composición del perifiton está determinada principalmente por las características del sustrato y el estado trófico. Cuando un cuerpo de agua tiene gran contenido de nutrientes, como nitrógeno, fósforo o ambos, algunas algas como las cianofíceas y clorofíceas tienden a aumentar en densidad y este fenómeno puede contribuir al deterioro de la calidad fisicoquímica y a la pérdida de diversidad de otras comunidades como la íctica (Margalef, 1983).

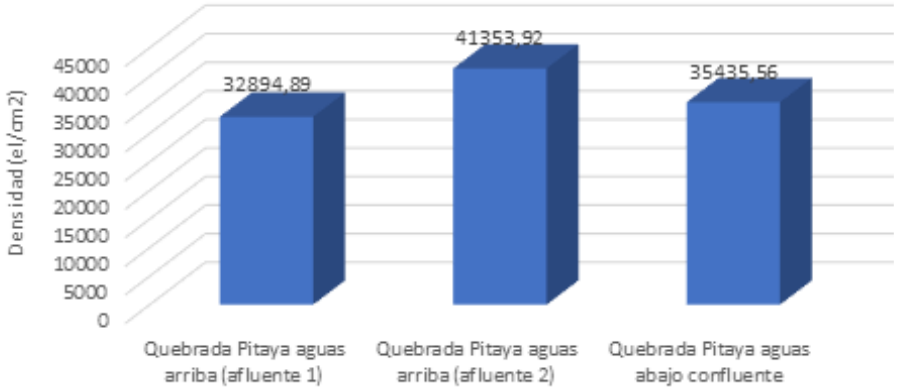
2.1.1. La composición riqueza y densidad de especies

Se colectaron 26 especies de la comunidad del perifiton distribuidas en 13 familias, agrupadas en ocho ordenes, tres clases y dos divisiones (Bacillariophyta y Cyanobacteria), como se puede observar en la Tabla 4. La especie con mayor densidad teniendo en cuenta los tres puntos de agua caracterizados fue una cianobacteria: *Pseudanabaena* sp. 1 con 34.478,14 cel/cm^2 , quien también dominó al interior de la estación quebrada Pitaya aguas abajo confluente, esta especie puede colonizar rápidamente diferentes tipos de hábitats; alcanzando densidades muy altas, de varias a miles de células por centímetro cuadrado, encontrándose en el sustrato tricomas solitarios o en finos tapetes, ya que presenta una morfología filamentosa que le ayuda a recubrir distintas superficies y fijarse.

Se registraron seis especies con valores bajos de densidad que oscilaron entre 0,60 a 5,40 cel/cm^2: *Frustulia* sp. 1, cf. *Cymbopleura* sp., *Pinnularia* sp. 2, *Navicula* sp. 5, *Pinnularia* sp. 3 y *Eunotia* sp. 2 las cuales se registraron en una estación cada una.

La estación que presentó la mayor densidad fue quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) con 41 353,92 cel/cm^2 (Gráfico 1), donde dominó la especie *Nostoc* sp. 1 con 25.684,96 cel/cm^2 que equivale al 62,1 %, seguido de quebrada Pitaya aguas abajo confluente que tuvo 35 435,56 cel/cm^2 sobresaliendo *Pseudanabaena* sp. 1 en un 97,3 %; por último, la estación quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) tuvo 32 894,89 cel/cm^2, al igual que la anterior especie dominó en un 84,5%.

Gráfico 1. Densidad de la comunidad perifítica por estación – Q. Pitaya



Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

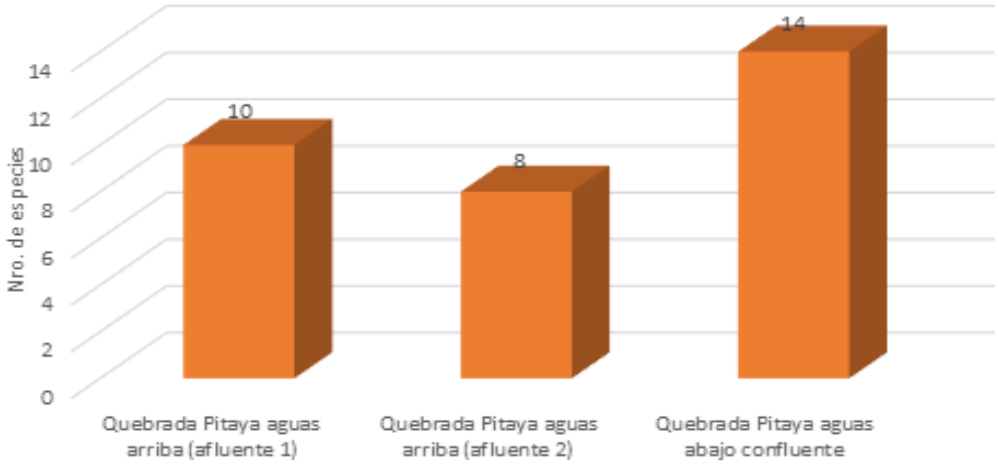
Tabla 4. Composición de la comunidad perifítica , quebrada Pitaya

División	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	quebrada Pitaya aguas abajo confluente	quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1)	quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2)
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Hantzschia* sp. 1			37,94
				Nitzschia sp. 1	158,52		
		Cymbellales	Cymbellaceae	cf. *Cymbopleura* sp.	0,63		
			Gomphonemataceae	*Gomphonema* sp. 1		1.396,83	
				Gomphonema sp. 2		63,49	
				Gomphonema sp. 3	317,04		37,94
		Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia* sp. 1	158,52	571,43	
				Eunotia sp. 2		5,40	
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Frustulia* sp. 1		0,60	
				Frustulia sp. 2		63,49	
			Diadesmidaceae	*Humidophila* sp. 1			4.249,21
				Luticola sp1.			75,88
			Naviculaceae	*Navicula* sp. 1	1,26	1.777,78	
				Navicula sp. 2	79,26		
				Navicula sp. 3	79,26		
				Navicula sp. 4	79,26		
				Navicula sp. 5	1,26		
				Naviculaceae sp. 1		63,49	
			Pinnulariaceae	*Pinnularia* sp. 1	79,26		
				Pinnularia sp. 2	0,63		
				Pinnularia sp. 3	1,89		
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Orthoseiraceae	*Orthoseira* sp1.	0,63		189,70
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	*Nostoc* sp. 1			25.684,96
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp. 1		1.142,86	
		Synechococcales	Leptolyngbyaceae	*Leptolyngbya* sp. 1			4021,57
			Pseudanabaenaceae	*Pseudanabaena* sp. 1	34.478,14	27.809,52	7056,72
Total					**35.435,56**	**32.894,89**	**41.353,92**

Fuente**:** eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

La estación con mayor diversidad fue quebrada Pitaya aguas abajo confluente, seguida de quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) con 14 y 10 especies, respectivamente. La estación quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) tuvo la riqueza más baja con ocho especies (Gráfico 2).

Gráfico 2. Riqueza de especies del perifiton, por estación – Q. Pitaya

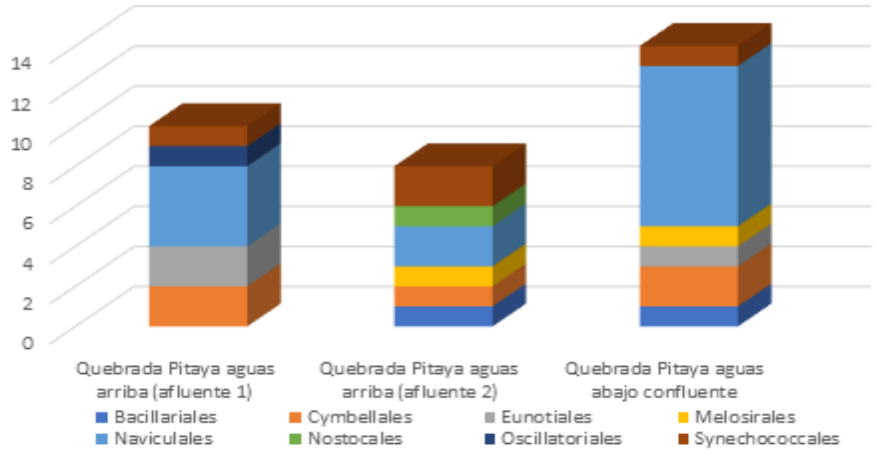


Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

En el Gráfico 3 se presenta la riqueza de especies por órdenes para las tres estaciones, donde se observa que las 26 especies colectadas se agrupan en ocho órdenes, la mayor cantidad de órdenes se presentó en quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) y quebrada Pitaya aguas abajo confluente cada uno con seis especies, seguido de la estación quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) que tuvo cinco órdenes.

El orden Naviculales fue el de mayor riqueza en toda la caracterización, con 13 especies, mientras que Melosirales, Nostocales y Oscillatoriales registraron un solo taxón. Dentro de las tres estaciones los órdenes Naviculales, Synechococcales y Cymbellales fueron las más frecuentes, a diferencia de Nostocales y Oscillatoriales que sólo se reportaron en una estación, quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) y quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1), respectivamente.

Gráfico 3. Riqueza de especies del perifiton, por órdenes sistemáticos, por estación – Q. Pitaya



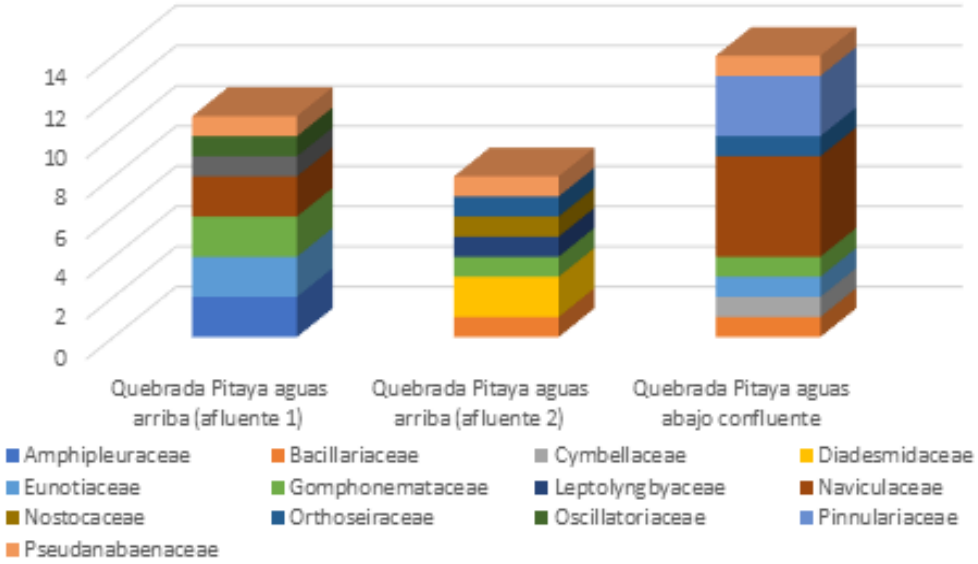
Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

Los organismos colectados se distribuyen en 13 familias (Gráfico 4), se registra la mayor riqueza en la familia Naviculaceae con seis especies, seguida de Gomphonemataceae y Pinnulariaceae con tres cada una,

Eunotiaceae, Amphipleuraceae, Diadesmidaceae y Bacillariaceae registraron dos y las seis familias restantes solo estuvieron representadas por una especie.

La quebrada Pitaya aguas abajo confluente fue la estación con mayor número de familias registrando ocho; donde Naviculaceae tuvo la mayor riqueza con cinco especies. De otra parte, quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) también se destacó con siete familias y quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) con seis.

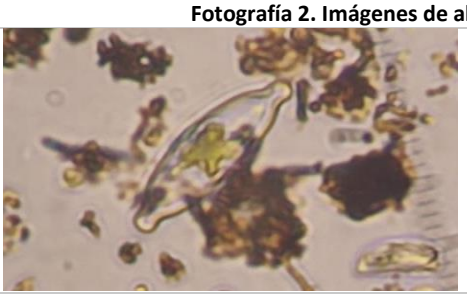
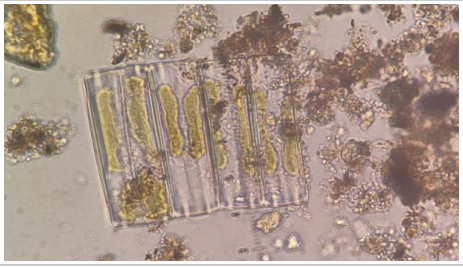
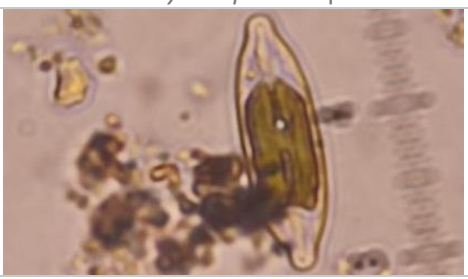
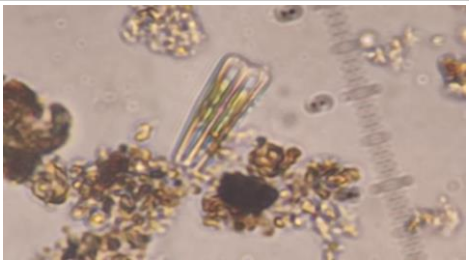
Gráfico 4. Riqueza de especies del perifiton, por familias sistemáticas, por estación – Q. Pitaya

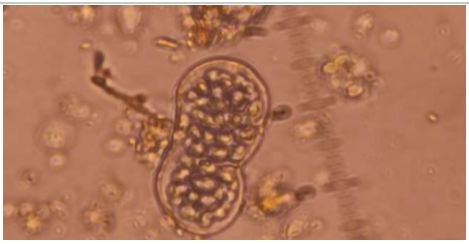


Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

Se destaca la presencia de las familias Gomphonemataceae y Pseudanabaenaceae en las tres estaciones muestreadas, mientras que Amphipleuraceae, Cymbellaceae, Diadesmidaceae, Leptolyngbyaceae, Nostocaceae, Oscillatoriaceae y Pinnulariaceae fueron las más raras, reportadas en una estación. En la Fotografía 2 se presentan algunas de las especies registradas para la comunidad de perifiton.

Fotografía 2. Imágenes de algunas especies del perifiton – Q. Pitaya

	
cf. *Cymbopleura* sp.	*Eunotia* sp. 2
	
Frustulia sp. 1	*Gomphonema* sp. 1

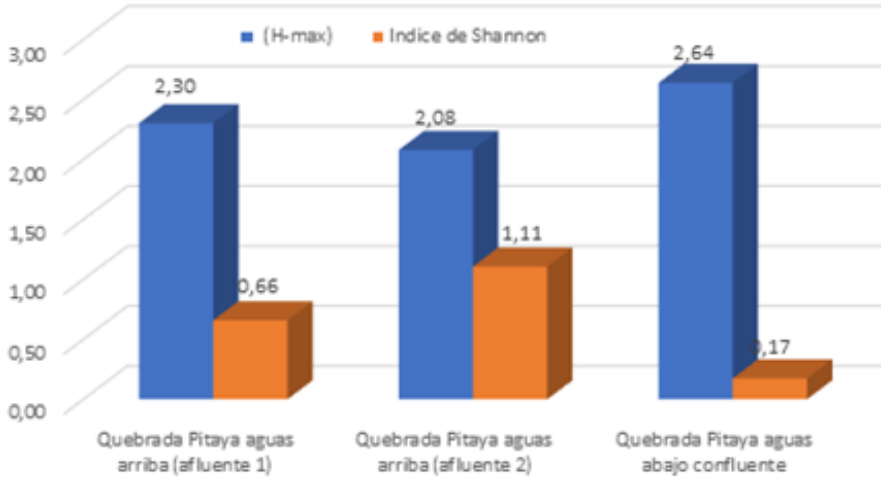
	
Nostoc sp. 1	*Orthoseira* sp. 1
	
Pinnularia sp. 2	*Pseudanabaena* sp. 1

Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

2.1.2. Diversidad

Los índices de diversidad para la comunidad perifítica se presentan en el Gráfico 5, donde se observa que en general el índice de Shannon tiene valores bajos de diversidad para las tres estaciones cuya variación se encuentra entre 0,17 a 1,11, y además una gran diferencia al contrastar con el H´max que mostró valores de 2,08 a 2,64, estos resultados exponen una diferencia de densidades considerable entre las especies registradas, donde *Pseudanabaena sp. 1,* que se registró en las tres estaciones sobresalió respecto al resto de las morfoespecies en densidad.

Gráfico 5. Índices de diversidad de la comunidad perifítica - Q Pitaya

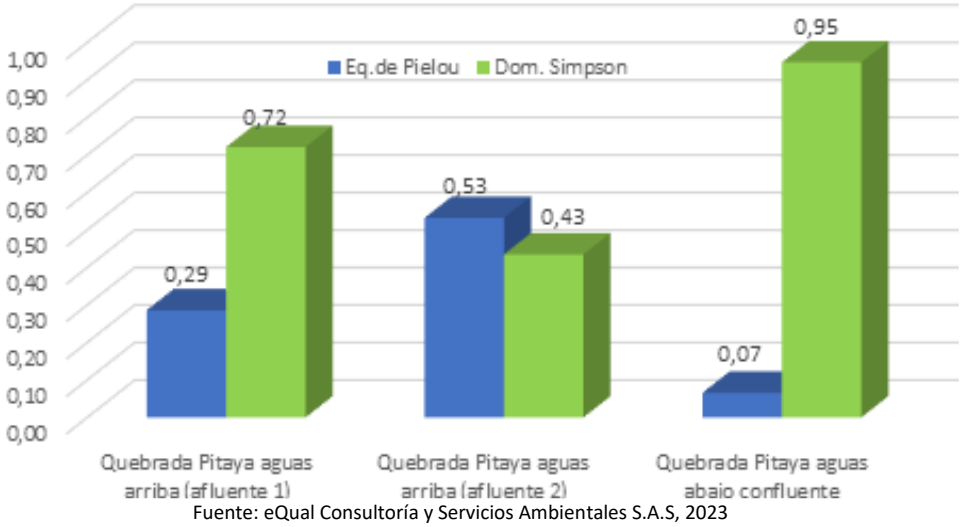


Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

Los índices de Equidad de Pielou y Dominancia de Simpson se presentan en el Gráfico 6, la estación quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) muestra valores medios de equidad y dominancia sobresaliendo la equidad con 0,53, pues, aunque hubo una especie (*Nostoc* sp. 1) con una alta densidad, las otras siete registradas tuvieron un aporte similar en densidad, mostrando que esta estación tiende a estar equilibrada.

Las estaciones quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) y aguas abajo confluencia, tuvieron una dominancia alta con valores mayores a 0,72, y una equidad con valores menores a 0,29, ya que *Pseudanabaena* sp. 1 representó la mayor densidad en ambas estaciones con 84,5 y 97,3% de la comunidad.

Gráfico 6. Índices de equidad y dominancia de la comunidad perifítica - Q Pitaya



Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

2.2. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

El conocimiento de las características y abundancia de los organismos bentónicos en un sistema acuático es fundamental para relacionarlos con las condiciones del medio. El grupo más grande de los macroinvertebrados acuáticos en aguas continentales son los insectos, los cuales son valiosos indicadores, considerados los más diversos en contraste con los peces e insectos terrestres.

De todos los organismos que se encuentran dentro de un sistema acuático, los macroinvertebrados bentónicos ofrecen ventajas para ser usados como indicadores de contaminación ya que: (1) se encuentran en casi todos los ecosistemas acuáticos, por lo que favorecen los estudios comparativos; (2) su naturaleza sedentaria, permite un análisis espacial efectivo de los efectos de las perturbaciones; (3) presenta ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras que pueden ser realizados con equipos simples; (4) la taxonomía de muchos grupos es ampliamente conocida y (5) existen numerosos métodos para el análisis de datos, como índices bióticos y de diversidad (Roldán, 1990).

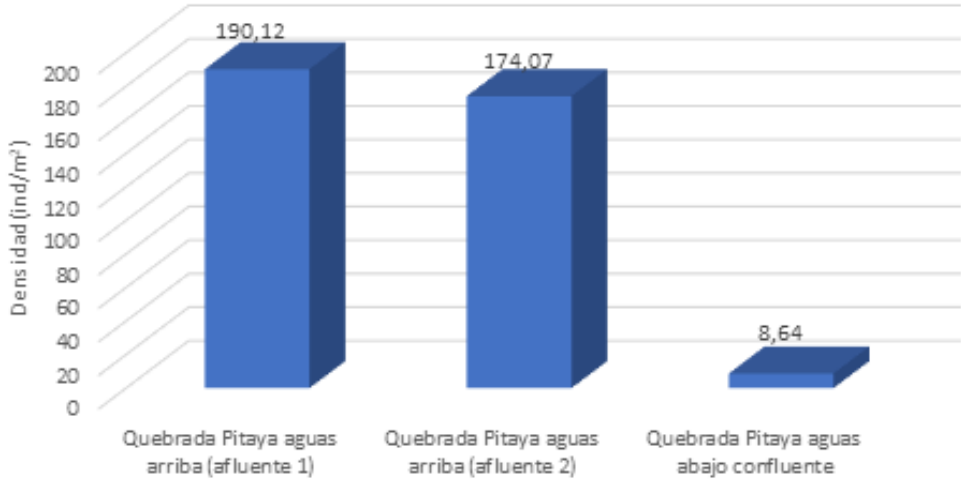
2.2.1. Riqueza y densidad de especies

Se colectaron representantes de 33 morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos bentónicos en las tres estaciones muestreadas. Estas morfoespecies se agruparon en 23 familias pertenecientes a 12 órdenes, de seis clases sistemáticas (Clitellata, Collembola, Euchelicerata, Insecta, Malacostraca y Rhabditophora). Cabe resaltar, que, de las 33 morfoespecies, cuatro se encuentra determinadas a nivel de orden, 14 a nivel de familia y dos a subfamilia, ya que, en ocasiones se trata de ejemplares muy inmaduros y, a falta de claves sistemáticas para ciertos grupos en Colombia o a nivel regional que permitan un nivel más específico de identificación.

Las morfoespecies que presentaron la mayor densidad en las tres estaciones caracterizadas fueron: subf. Orthocladiinae sp., *Heterelmis* sp. y. Lumbriculidae sp. con 43,21 ind/m^2, 35,80 ind/m^2 y 33,33 ind/m^2, respectivamente, como se puede observar en la Tabla 5. Las morfoespecies con la menor proporción con 1,23 ind/m^2 fueron: Trombidiformes sp. 1, cf. *Neoelmis* sp., cf Dolichopodidae sp., Dolichopodidae sp.2, Tipulidae sp., *Farrodes* sp., *Austrotinodes* sp., *Leptonema* sp. e Hydroptilidae sp.

La estación quebrada Pitaya aguas arriba 1 mostró la mayor densidad con 190,12 ind/m^2, donde se destacó la morfoespecie *Chimarra* sp. que alcanzó 39,51 ind/m^2 (21% de la densidad total). La quebrada Pitaya aguas arriba 2 tuvo una densidad de 174,07 ind/m^2 y la estación quebrada Pitaya aguas abajo, presentó la menor densidad con 8,64 ind/m^2 (Gráfico 7).

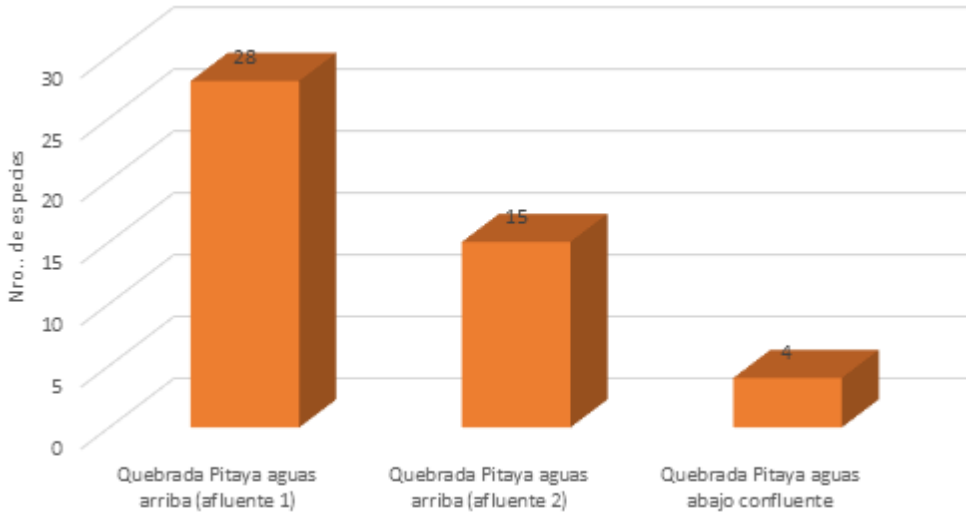
Gráfico 7. Densidad de macroinvertebrados por estación- Q Pitaya



Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

La estación con mayor diversidad fue quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) con 28 morfoespecies, seguido de quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) que tuvo 15. La estación quebrada Pitaya aguas abajo confluente tuvo la riqueza más baja con cuatro morfoespecies.

Gráfico 8. Riqueza de especies de macroinvertebrados, por estación- Q Pitaya



Fuente: e-Qual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

Tabla 5. Comunidad de macroinvertebrados acuáticos registrados en la Q Pitaya

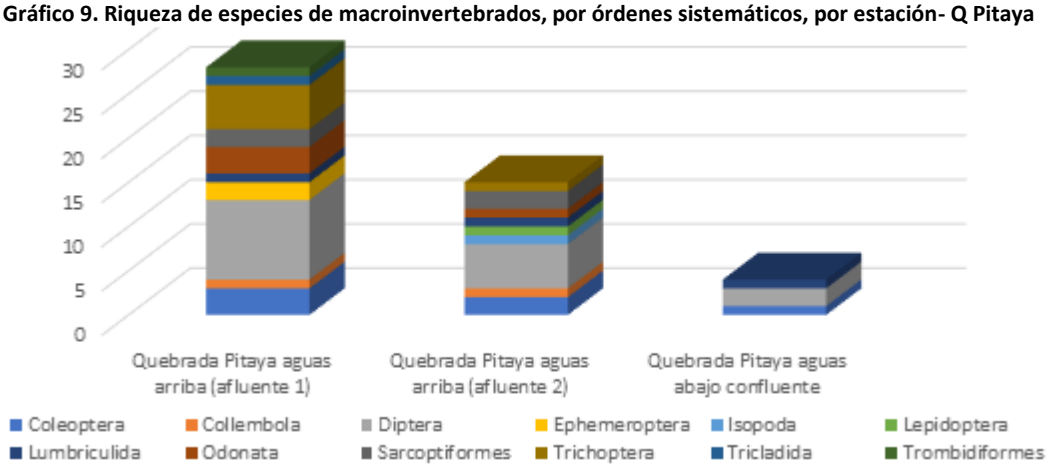
Phyllum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	quebrada Pitaya aguas arriba 1	quebrada Pitaya aguas arriba 2	quebrada Pitaya aguas abajo
Annelida	Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculidae sp.	4,94	25,93	2,47
Arthropoda	Collembola	Collembola	Entomobryidae	Entomobryidae sp.	1,23	11,11	
	Euchelicerata	Sarcoptiformes	Sarcoptiformes N.D.	Sarcoptiformes sp. 1	1,23	22,22	
				Sarcoptiformes sp. 2	2,47	7,41	
		Trombidiformes	Trombidiformes N.D.	Trombidiformes sp. 1	1,23		
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	cf. *Neoelmis* sp.	1,23		
				Elmidae sp.		3,70	
				Heterelmis sp.	4,94	29,63	1,23
				Neoelmis sp.	11,11		
		Diptera	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae sp. 1		7,41	
				Probezzia sp.	7,41		
			Chironomidae	subf. Chironominae sp.		7,41	1,23
				subf. Orthocladiinae sp.	32,10	7,41	3,70
			Dolichopodidae	cf Dolichopodidae sp.	1,23		
				Dolichopodidae sp.1	2,47	7,41	
				Dolichopodidae sp.2	1,23		
			Simuliidae	*Simulium* sp.	7,41		
			Stratiomyidae	Stratiomyidae sp.	6,17		
			Tipulidae	*Molophilus* sp.	17,28	3,70	
				Tipulidae sp.	1,23		
		Ephemeroptera	Leptohyphidae	*Tricorythodes* sp.	3,70		
			Leptophlebiidae	*Farrodes* sp.	1,23		
		Lepidoptera	Noctuidae	Noctuidae sp.		3,70	
		Odonata	Coenagrionidae	*Argia* sp.	1,23	7,41	
			Gomphidae	Gomphidae sp.	11,11		
			Libellulidae	Libellulidae sp.	14,81		
		Trichoptera	Ecnomidae	*Austrotinodes* sp.	1,23		
			Hydropsychidae	*Leptonema* sp.	1,23		
				Smicridea sp.	7,41		
			Hydroptilidae	Hydroptilidae sp.	1,23		
			Philopotamidae	*Chimarra* sp.	39,51	3,70	
	Malacostraca	Isopoda	Isopoda N.D.	Isopoda sp.		25,93	
Platyhelminthes	Rhabditophora	Tricladida	Planariidae	Planariidae sp.	2,47		
Total					**190,12**	**174,07**	**8,64**

Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

En el Gráfico 9 se presenta la riqueza de especies por estaciones de muestreo. Las 33 morfoespecies colectadas se agrupan en 12 órdenes, donde la mayor cantidad de órdenes se presentó en quebrada Pitaya aguas arriba 1 con 10; en contraste con quebrada Pitay a aguas abajo que presentó cuatro órdenes.

El orden Díptera fue el de mayor riqueza en todas las tres estaciones muestreadas, con 11 morfoespecies, lo siguió Trichoptera con cinco, Coleoptera tuvo cuatro, Odonata con tres, y Sarcoptiformes y Ephemeroptera reportan dos cada uno. Dentro de las estaciones Díptera también fue el más representativo con nueve morfoespecies para la estación quebrada Pitaya aguas arriba 1 y cinco en la quebrada Pitaya aguas arriba 2. Los órdenes Tricladida, Trombidiformes, Ephemeroptera, Isopoda y Lepidoptera sólo se reportaron una estación.

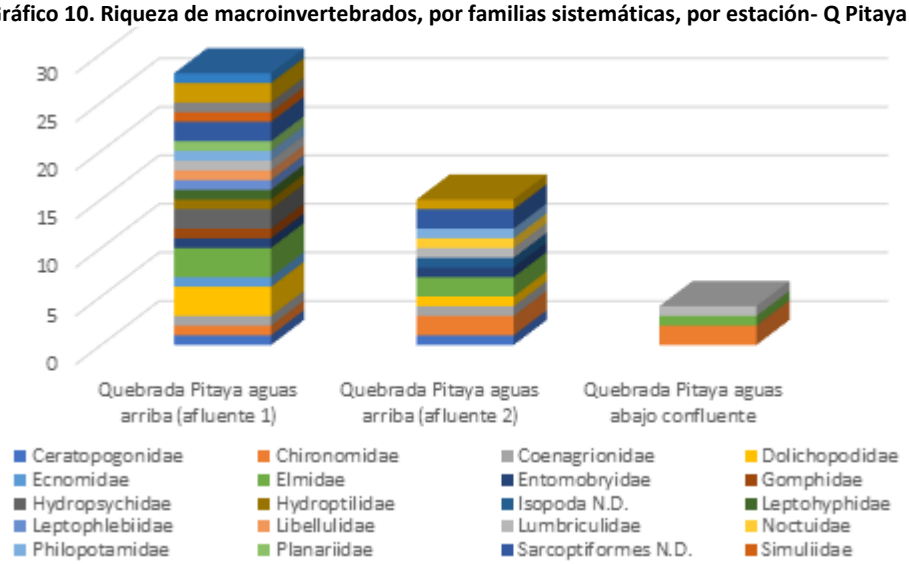
Gráfico 9. Riqueza de especies de macroinvertebrados, por órdenes sistemáticos, por estación- Q Pitaya



Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

Los organismos colectados se distribuyen en 23 familias sistemáticas. En el Gráfico 10 se presentan las riquezas por familias para cada estación. La familia con mayor riqueza específica fue Elmidae con cuatro morfoespecies, seguida de Dolichopodidae que tuvo tres morfoespecies y las 21 familias restantes solo estuvieron representadas por uno a dos taxa.

Gráfico 10. Riqueza de macroinvertebrados, por familias sistemáticas, por estación- Q Pitaya



Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

La quebrada Pitaya aguas arriba 1 fue la estación con mayor número de familias, agrupando 21 de estas; así mismo Dolichopodidae y Elmidae mostraron la mayor riqueza con tres morfoespecies. La quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2), también se destacó con 12 familias, sobresaliendo Chironomidae, Elmidae y Sarcoptiformes N.D. con dos morfoespecies. La quebrada Pitaya aguas abajo confluente tuvo la riqueza más baja con tres familias, donde se centró la mayor riqueza en Chironomidae. En la Fotografía 3 se presentan algunas de las especies registradas para la comunidad de macroinvertebrados.

Fotografía 3. Imágenes de algunas especies de macroinvertebrados - Q Pitaya

	
Argia sp.	*Austrotinodes* sp.
	
Ceratopogonidae sp.	cf. *Neoelmis* sp.
	
Chimarra sp.	Elmidae sp.

	
Gomphidae sp.	*Leptonema* sp.
	
Neoelmis sp.	Sarcoptiformes sp. 1
	
Tricorythodes sp.	*Probezzia* sp.

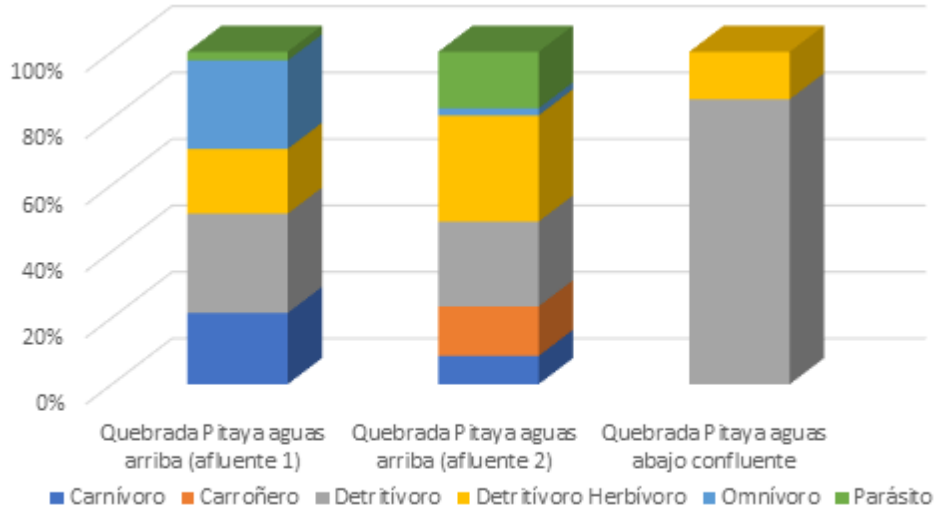
Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

2.2.2. Gremios tróficos

En la Tabla 6 se presentan los gremios tróficos por familias para los macroinvertebrados acuáticos registrados, mientras que en el Gráfico 11 se presenta la estructura trófica por estación, en porcentaje de individuos. Allí se aprecia que, en general, las cadenas tróficas se encuentran en equilibrio, ya que se aprecia que dominaron los detritívoros-herbívoros que se alimentan principalmente de desechos y materia orgánica, algunas algas y residuos; estos estuvieron presentes en los tres puntos de muestreo con el mayor porcentaje de 54,3%, seguido los carnívoros omnívoros y carroñeros que presentaron un porcentaje 36,4 %. El porcentaje más bajo fue para los parásitos con 9,3%.

La dominancia de detritívoros favorece a la comunidad de macroinvertebrados, ya que muestra que se tiene suficiente oferta alimenticia para que esta prospere, lo que evidencia un adecuado flujo de energía y nutrientes dentro del ecosistema y la comunidad.

Gráfico 11. Estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados, por estación- Q Pitaya



Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

Tabla 6. Gremios tróficos para la comunidad de macroinvertebrados- Q Pitaya

Familia	Gremios tróficos
Ceratopogonidae	Los adultos, no acuáticos, son hematófagos o en menor proporción, nectarívoros. Las larvas de las especies acuáticas suelen alimentarse de detritos o perifiton.
Chironomidae	Las larvas son fundamentalmente detritívoras, alimentándose de materia orgánica particulada.
Coenagrionidae, Gomphidae, Libellulidae	Comprende especies carnívoras muy voraces, que se alimentan de insectos acuáticos y aún pequeños vertebrados como renacuajos y alevinos de peces. En algunas ocasiones se convierten en un problema en los piscicultivos.
Dolichopodidae	Algunas especies presentan larvas depredadoras de invertebrados acuáticos.
Noctuidae	Son insectos herbívoros, la elección de la planta huésped la hacen los adultos y está influenciada por la calidad de la planta .
Elmidae	Los adultos y las larvas de élmidos en general exploran los mismos hábitats y obtienen comida raspando la superficie de las rocas, fragmentos de madera, raíces y hojas (Ottoboni et al., 2011), se alimentan de diatomeas, partículas pequeñas de material vegetal muerto (como madera en descomposición), detritos y perifiton (Lesage, 1976), por lo que se los clasifica como detritívoros, herbívoros. Debido a que son poco móviles, no nadan; algunas especies presentan adultos micrópteros (con alas pequeñas) y las que vuelan lo hacen una sola vez en su vida.
Entomobryidae	Estos organismos son panfitófagos y se pueden alimentar de materia orgánica en descomposición, como troncos, excremento y cadáveres de otros animales; sin embargo, la mayoría ingiere polen, algas, esporas y micelios de hongos, por lo que son considerados detritívoros y tienen importancia en los procesos de degradación.
Hydropsychidae, Hydroptilidae	Se alimentan de diatomeas, algas y partículas de detritus de muy variado tamaño, así como de pequeños invertebrados acuáticos capturados en la red.
Isopoda N.D.	La mayoría son carroñeros y se alimentan también de material vegetal muerto, mientras que otras especies se alimentan de partículas de materia orgánica suspendida en el agua, que filtran con apéndices especializados.
Leptohyphidae	Se caracterizan por ser raspadoras-recolectoras y se alimentan básicamente de algas y detritos que se encuentran en los cuerpos de agua.

Familia	Gremios tróficos
Leptophlebiidae	Dentro de este grupo el género Thraulodes ha sido clasificado como detritívoro-recolector, detritívoro-filtrador y detritívoro-raspador
Lumbriculidae	Estos organismos son fundamentalmente detritívoros y obtienen su alimentación de la materia orgánica en descomposición que ingieren.
Philopotamidae, Ecnomidae	Las larvas son depredadoras, aunque algunas especies se alimentan de algas y detritos.
Planariidae	Las planarias son carnívoras o necrófagas. La mayoría son carnívoras; comen crustáceos pequeños, gusanos, insectos y caracoles.
Sarcoptiformes N.D.	Son especies parasíticas que se alimentan de los fluidos de sus presas, principalmente hemolinfa de artrópodos.
Simuliidae	Los Simuliidae presentan larvas que poseen un abanico cefálico, con larvas filtradoras de partículas que pueden corresponder tanto a materia orgánica en suspensión como a organismos del plancton. Las hembras adultas son hematófagas de mamíferos y presentan interés sanitario, los machos se alimentan de néctar de las flores.
Stratiomyidae	Las lavas de esta familia se alimentan de desechos o pueden ser depredadoras.
Tipulidae	Las larvas de la mayoría de las especies se alimentan de detritos de materia orgánica particulada fina, aunque unas pocas pueden ser carnívoras, alimentándose de larvas de mosquitos.

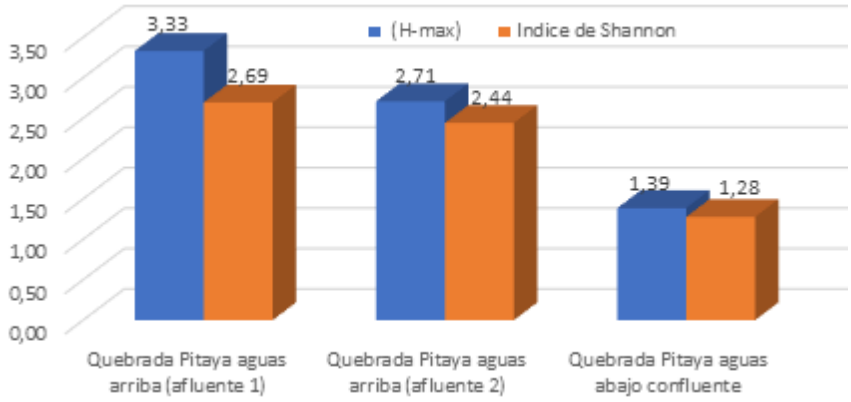
Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

2.2.3. Diversidad

Los índices de diversidad de Shannon y H´max para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos se presentan en el Gráfico 12. En general estos índices muestras una diversidad media para las estaciones quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) y quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2), y una diversidad baja para la estación quebrada Pitaya aguas abajo confluente, estos resultados además fueron cercano al máximo teórico, mostrando que las morfoespecies en la comunidad tienen un aporte de densidad similar.

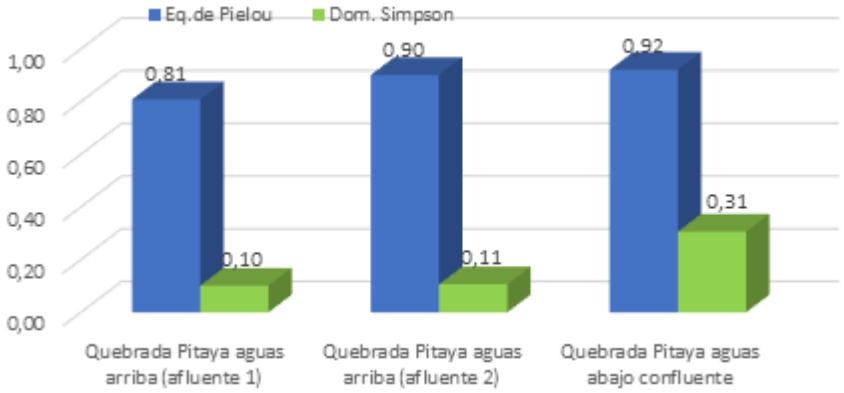
Los índices de Equidad de Pielou y Dominancia de Simpson se presentan en el Gráfico 13; mostrando valores de equidad que oscilaron entre 0,81 a 0,92 y valores de dominancia bajos de 0,10 a 0,31, lo que evidencia que la comunidad al interior de las tres estaciones se encuentra en equilibrio.

Gráfico 12. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos - Q Pitaya



Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2022

Gráfico 13. Índices de equidad y dominancia de macroinvertebrados- Q Pitaya



Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2022.

2.3. FAUNA ÍCTICA

Los peces son el grupo más diverso entre los vertebrados (Nelson, 1994 en Mojica *et al,* 2002), han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países desde hace tiempo, sin embargo, muchas especies de agua dulce se encuentran amenazadas por las actividades humanas (Mojica *et al.*, 2002).

Las comunidades de peces son consideradas como un vector de comunicación útil para sensibilizar al público y a las autoridades sobre la necesidad de preservar la calidad de ríos y lagos (Cowx & Collares Pereira 2002 en Aguilar, 2005). Por ello su caracterización resulta muy importante porque éstas son reconocidas como una buena herramienta de ayuda para la toma de decisiones en materia ambiental y como índices de la calidad del medio acuático, capaces de indicar diversos niveles de degradación y de definir el éxito de restauración de estos ecosistemas (Paller *et al., op cit*).

2.3.1. Riqueza y densidad de especies

Para las dos estaciones quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) y quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) no se realizaron capturas efectivas.

Se registró un individuo de la especie *Trichomycterus* cf. *striatus* (Trichomycteridae) en la estación quebrada Pitaya aguas abajo confluente (tabla7). Esta especie tiene aleta caudal redondeada, el color del cuerpo es amarillento a marrón, tal como se puede observar en la Fotografía 3. Se caracteriza por bandas longitudinales oscuras bien definidas a lo largo del cuerpo hasta la aleta caudal. La aleta caudal es amarilla y el resto de las aletas no tienen coloración, desnudo de escamas y placas. Dientes en las dos mandíbulas, presenta dos pares de barbillas maxilares, barbillas nasales y no presenta barbillas en el mentón, ojos en posición dorsal, pequeños y sin borde libre.

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; se ha encontrado en aguas de buena calidad, así como en aguas muy contaminadas, tales como en la desembocadura del río Cali al río Cauca; no se conoce nada acerca de su reproducción. Se alimenta principalmente de depredadora de insectos acuáticos, en especial de chironómidos (Ortega-Lara *et al.,* 1999, 2000, 2002).

Tabla 7. Registró íctico para las tres estaciones muestreadas – Q. Pitaya

Orden	Familia	Especie	Quebrada Pitaya		
			Aguas arriba (afluente 1)	Aguas arriba (afluente 2)	Aguas abajo confluente
Siluriformes	Trichomycteridae	*Trichomycterusus cf. stritatus*	0	0	1
Total			**0**	**0**	**1**

Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

Fotografía 4. Registró fotográfico de *Trichomycterus* cf *striatus* - Q Pitaya



Trichomycterus cf *striatus*

Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

2.3.2. Diversidad

No se presentan índices de diversidad, equidad y dominancia, ya que solo se registró una especie para la estación quebrada Pitaya aguas abajo confluente.

2.4. BIOINDICACIÓN

2.4.1. Índices de bioindicación BMWP y ASTP

Las adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales que presentan los organismos determinan los rangos de tolerancia. Estos rangos varían y, por lo tanto, frente a una determinada alteración, se encuentran especies o grupos de especies sensibles, que tienen rangos muy estrechos de tolerancia y no soportan cambios, y otros tolerantes que logran subsistir bajo esos cambios e inclusive pueden llegar a aprovechar la ausencia de otros competidores para colonizar de manera más eficiente un hábitat o ecosistema (Alba-Tercedor, 1996).

Es muy importante resaltar que la calidad biótica de las aguas no corresponde a la calidad fisicoquímica de las mismas. La calidad fisicoquímica está relacionada con la medición de parámetros como oxígeno disuelto, DBO5, DQO, nutrientes, perfil de sólidos (disueltos, suspendidos y totales), contaminantes de muy diverso orden, etc., y dicha calidad se determina en función de los usos que se pretenda dar a estas aguas, es decir, desde el punto de vista de los intereses del hombre, mientras que la calidad biótica se mide, por medio de los organismos presentes en la misma, la capacidad del agua para albergar poblaciones de distintos grupos de

seres vivos y el grado de equilibrio entre dichas poblaciones. Sin embargo, el uso de los bioindicadores, junto con los resultados de las variables fisicoquímicas, puede ser una herramienta valiosa al analizar la calidad bajo la perspectiva biótica y de usos del recurso. biótica de aguas (muy crítica a crítica) según los resultados de los índices BMWP y ASTP, para los demás cuerpos de agua, la calidad de las aguas tiende a ser mejor a la luz del BMWP que del índice ASTP, debido a una alta riqueza que afecta positivamente el BMWP.

En la Tabla 8 se presentan los valores de BMWP y ASTP para las tres estaciones muestreadas, donde se puede observar que quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) presenta una calidad de agua buena, mientras que las estaciones quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) y quebrada Pitaya aguas abajo confluente, no mostraron valores tan favorables, con calidades de agua dudosa y muy crítica, respectivamente, sin embargo, hay que tener en cuenta que este índice es muy sensible a la riqueza de familias que se presenten en la muestra, lo que no sucede con el índice ASTP, por esa razón se presentan diferencias. Bajo este diagnóstico, la quebrada Pitaya aguas abajo confluente, pasa de tener un valor muy crítico a crítico, ya que de las tres familias registradas, Elmidae tiene un valor que indica aguas de buena calidad, lo cual muestra una mejoría en el valor.

La quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) presentó una situación similar, pero menos favorable pasando de calidad buena a calidad aceptable, ya que a pesar que las familias Entomobryidae, Gomphidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Planariidae y Simuliidae presentaron altos valores de bioindicación, se registraron 15 familias con valores bajos que dominaron, por lo cual al calcular el ASTP el diagnóstico muestra aguas de calidad menor respecto al BMWP.

Para quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2), no se observa diferencia entre los dos diagnósticos.

Tabla 8. Diagnóstico de bioindicación según resultados de macroinvertebrados acuáticos

Estación	BMWP	Significado	ASTP	Significado
Quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1)	127	Buena	6	Aceptable
Quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2)	58	Dudosa	5	Dudosa
Quebrada Pitaya aguas abajo confluente	10	Muy crítica	3	Crítica

Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2023

CONCLUSIONES

PERIFITON

Se colectaron 26 especies de la comunidad del perifiton distribuidas en 13 familias, agrupadas en ocho ordenes, tres clases y dos divisiones (Bacillariophyta y Cyanobacteria), donde se evidencia que dominó la especie *Pseudanabaena* sp. 1 en las tres estaciones, a pesar de que fue más diversa la división Bacillariophyta con 22 especies.

El éxito y crecimiento de las cianobacterias en especial de *Pseudanabaena* sp. 1, que fue la que dominó en los tres cuerpos de agua , se debe a sus mecanismos de captación de luz, además de presentar una alta eficiencia en el consumo de nutrientes, ya que son capaces de crecer en ambientes oligotróficos y eutróficos y adherirse a los sustratos, lo cual favorece su establecimiento y proporciona recursos para que se establezcan otras comunidades, como es la de macroinvertebrados acuáticos.

MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Se registraron 33 morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos bentónicos en las tres estaciones muestreadas. Estas morfoespecies se agruparon en 6 clases sistemáticas (Clitellata, Collembola, Euchelicerata, Insecta, Malacostraca y Rhabditophora), 12 órdenes, y 23 familias de las cuales Philopotamidae, Chironomidae y Elmidae poseen la mayor densidad de individuos sobre área.

En cuanto a la abundancia se tiene que en los tres cuerpos de agua dominaron los dípteros y coleópteros. Estos organismos en particular son abundantes y diversos en distintos ecosistemas acuáticos y suelen encontrarse en terrenos inundables y a lo largo de los márgenes de ríos o arroyos con sombra parcial y abundante vegetación que en últimas se puede traducir en altas concentraciones de materia orgánica en descomposición.

PECES

La riqueza de esta comunidad fue muy baja, registrando una especie *Trichomycterus* cf *striatus* (Trichomycteridae) con un individuo para la estación quebrada Pitaya aguas abajo confluente. Esta especie se encuentra por lo general en ríos y quebradas que presentan buena calidad, así como en aguas menos favorables, presentando una alta adaptabilidad.

BMWP

Se destaca la presencia de familias con valores altos de bioindicación y asociadas a condiciones más estrictas en las estaciones quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 1) con las familias Entomobryidae, Gomphidae, Philopotamidae, Planariidae y Simuliidae y en la quebrada Pitaya aguas arriba (afluente 2) con familias Entomobryidae y Philopotamidae, mientras que, en la estación quebrada Pitaya aguas abajo confluente solo se registraron tres familias, de las cuales dos presentan muy baja calidad (Chironomidae y Lumbriculidae).

En general, teniendo en cuenta los resultados de bioindicación, más las densidades de las comunidades estudiadas, se puede evidenciar que los puntos del cuerpo de agua tienden a un proceso de eutroficación, teniendo una alta presencia de algas, en especial de Cianobacterias.

BIBLIOGRAFÍA

Aristizábal-García, H. 2002. Los hemípteros de la película superficial del agua en Colombia. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Bogotá, Colombia. 239 pp.

Aristizábal-García, H., 2017. Hemítpteros acuáticos y semiacuáticos del Neotrópico, eQual Consultoría y servicios ambientales. Conservación Internacional, Colombia. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Bogotá, Colombia.

Calvin, J. S.f. Vida entre dos aguas. Región de Murcia digital. Consultado 2016-05-27 en: http://www.regmurcia.com/servlet/s.Sl?sit=c,365,m,2624&r=ReP-12445-DETALLE_REPORTAJESPADRE

CONAGUA. (2015). Monitoreo de Calidad del Agua. México: Subdirección General Técnica Gerencia de Calidad del Agua.

De la Lanza G, Hernandez S, Carvajal L. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Edi Plaza y Valdés. Mexico. 639 pp.

De Marco, Silvia. 2011. Reserva natural del Puerto Mar de La Plata, un oasis urbano de vida silvestre. Universidad Fasta. Argentina.

Domínguez E. & H. R. Fernández (eds.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656 pp.

IDEAM. 2007. Índices de calidad del agua. Informe final Contrato 111/2007. Bogotá, D.C.

Lopretto, CE & G Tell. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ed. Sur, Tomo I, II y III. La Plata, Argentina.

Magurran, E., 1989. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedra, Barcelona, España.

Merritt R. & Cummins K. 2008. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 4ta Edición. Kendall Hunt Publishing Company. USA.

Ospina, R., R. Wolfgang & J.l. Ruiz. 1999. Guía para la identificación genérica de larvas de quironomidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. I Subfamilia orthocladiinae. Págs. 363-383.

Pla, Laura. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. INCI [online]. Vol.31, n.8 [citado 2014-08-29], pp. 583-590. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442006000800008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844.

Person, J. L. 1989. Environmental Science Investigations. J.M. LeBel Enterprises, Ltd., Ronkonkoma, NY. 131 pp.

Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. 1º edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colección Ciencia y Tecnología U de A. 529 pp. Medellín, Colombia.

Roldán, G. 2003. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Col. Ed Universidad de Antioquia. 170pp. Medellín, Colombia.

CORPORISARALDA & INGCORMAP LTDA (Ingeniería y Consultoría Rojas, Martínez, Acuña, Pérez). (2011). Mapa de Riesgo por Incendios Forestales en el Departamento del Risaralda.

CHOVANEC, A., HOFER, R., & SCHIEMER, F. (2003). Fish as Bioindicators. En B. Markert, A. Breure, H. Zechmeister, B. Markert, A. Breure, & H. Zechmeister (Edits.), Bioindicators and Biomonitors Principles, Concepts and Applications (Vol. 6, págs. 639-676). Elsevier.

GOBERNACIÓN DEL RISARALDA & UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (2012). Plan Estratégico Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación –PERCTI. Departamento del Risaralda. Fase de Contextualización.

GUZMÁN-FINOL., (2013). El río Risaralda. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la República, centro de estudios regionales (CEER)-Cartagena.

HINTON, D & LAURÉN, D.J. (1990) Integrative histopatological approaches to detecting effects of environmental stressor on fishes. Am. Fish. Soc. Symp. 8: 51. 54.

JOST, L. (2006). Entropy and diversity. Oikos. 113:363-375.

KAUFMAN, L. 1992. Catastrophic change in species-rich freshwater ecosystems. BioScience 42: 846-858.

LOWE-MCCONNELL RH. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 382.

ANEXOS

Anexo 1. Formatos de campo

Anexo 2. Reportes de análisis de laboratorio externo

Anexo 3. Registro fotográfico

Anexo 4. Resoluciones de acreditación de laboratorios

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO 2369-BHB

Cliente	**AEROPUERTO DEL CAFÉ**	Dirección	Carrera 22 Nro. 18-09, piso 2
Contacto	Paulo César Mejía	Correo electrónico	paulocesarmv@hotmail.com
Proyecto:	Proyecto construcción Aeropuerto del Café	Identificación:	2369
Matriz	Comunidades hidrobiológicas	Plan de muestreo nro	2369-FT-223-HC-01
Lugar de monitoreo o muestreo	quebrada Pitaya, Zodme Cauce Sur, del área de influencia del proyecto de construcción Aeropuerto del Café en el municipio de Palestina, Caldas		
Fecha de monitoreo	2023/06/14	Fuentes	1 quebrada, 3 puntos
Descripción	• Caracterización de ecosistemas acuáticos de las fuentes superficiales en el área de influencia del proyecto de construcción Aeropuerto del Café.		
Fecha de recepción de muestras	2023/06/15	Fecha de análisis	2023/06/17
Responsable del muestreo y análisis in situ	Gestión & Medioambiente SAS NIT 900.492.960-0 Carrera 28D 71-12 Palermo. Manizales Caldas (6)8903777)	Laboratorio subcontratado	eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S NIT 900232427-1

Gestion & Medioambiente Monitoreos de Calidad Nit. 900.492.960-0

César Augusto Castañeda
Director técnico

Gestion & Medioambiente Monitoreos de Calidad Nit. 900.492.960-0

Diana Lucía Castrillón Monroy
Directora de Calidad

Nota 1: los resultados que se relacionan en este informe sólo están relacionados con las muestras ensayadas, en los tiempos indicados