

INFORME DE MONITOREO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LOS CAUCES EXISTENTES EN LOS ZODMES VILLA PRAGA, LA BRETAÑA Y LA MARIA PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO AEROPUERTO DEL CAFÉ – ETAPA I

PALESTINA, CALDAS

Revisión 2.0

Febrero de 2022

Sociedad acreditada por el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005 según Resolución 0791 de 17/05/2013

(Página en blanco intencionalmente)

CONTENIDO

Pág.

1 INTRODUCCIÓN 5

2 OBJETIVO 7

1. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS 8

1.1. Área de estudio 8

1.2. Ubicación de los puntos de muestreo 8

1.3. Método de muestreo 9

1.4. Fase de laboratorio 10

1.5. Fase de procesamiento de información 11

2. ANÁLISIS DE RESULTADOS 13

2.1. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS 13

2.1 Bioindicación 22

CONCLUSIONES 24

BIBLIOGRAFÍA 25

ANEXOS 26

LISTADO DE TABLAS

Pág.

Tabla 2.1. Macroinvertebrados en las fuentes –Aeropuerto del Café 14

Tabla 2.2. Gremios tróficos para la comunidad de macroinvertebrados 20

Tabla 2.3. Diagnóstico de bioindicación de acuerdo con los resultados de macroinvertebrados acuáticos 23

LISTADO DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 2.1. Densidad de macroinvertebrados por estación 13

Gráfico 2.2. Riqueza de especies de macroinvertebrados, por estación 15

Gráfico 2.3. Riqueza de especies de macroinvertebrados, por órdenes sistemáticos, por estación 16

Gráfico 2.4. Riqueza de macroinvertebrados, por familias sistemáticas, por estación 16

Gráfico 2.5. Estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados, por estación 19

Gráfico 2.6. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos 21

Gráfico 2.7. Índices de equidad y dominancia de macroinvertebrados 22

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 1. 1. Muestreo comunidades hidrobiológicas – Zodmes - Aeropuerto del Café 9

Fotografía 2.1. Imágenes de algunas especies de macroinvertebrados – Aeropuerto del Café 17

LISTADO DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1. Localización general de los puntos de muestreo de agua – Aeropuerto del Café 8

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 riveras 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).

Por cierto, 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 la misma (Jaramillo, 1995).

Factores como luz, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, densidad, corrientes, disponibilidad de nutrientes y producción primaria entre otros-, actúan como filtro, permitien que solo algunas especies, las que tengan mayor capacidad de supervivencia y reproducción, estén presentes en cierta ubicación (Carissimo et al., 2013).

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 Villa Praga, e incorporar los Zodmes La Maria 1, 2, 3 y 4 y los Zodmes la Bretaña Norte, Norte 1, Norte 2, Norte 7, 7-1 y 6A radicando la documentación de cada zodme y los permisos de uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables.

Se pretende incluir cada uno de los Zodmes en el marco de la Licencia Ambiental aprobada el 2 de junio de 2017 mediante Resolución Nro 2017- 1831 para la Etapa I del proyecto y a su vez enmarcar cada uno de los Zodmes dentro del Área de Influencia Directa del proyecto, con el fin de que cada uno de los documentos que hacen parte de la licencia, hicieran parte integral del manejo de cada uno de los puntos de disposición radicados, para lo anterio, la autoridad ambiental solicita ajustar la documentación que permita obtener la modificación e inclusión en la licencia de los Zodme Villa Praga, Zodmes La María y la Bretaña.

Por lo anterior, se requería una campaña de caracterización realizada por Gestión & Medioambiente SAS, siguiendo la propuesta metodológica para comunidades hidrobiológicas establecido por el "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater de la APHA-AWWA-WPCF" ed. 23, otras guías recopiladas en el procedimiento interno PR-211, Muestreo de hidrobiológicos, y con lo establecido en la Resolución Nro. N° 02421 del 30 de diciembre de 2021, por la cual se otorgó permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica a la empresa GEOCOL CONSULTORES SA con fines de elaboración de estudios ambientales (Anexo 4).

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

Caracterizar y definir una línea base con análisis técnico de macroinvertebrados bentónicos en los cauces asociados a los sitios de disposición de material (Zodme Villa Praga, La Maria y la Bretaña) 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 de macroinvertebrados bentónicos de las aguas superficiales asociadas a los zodmes del proyecto en Palestina (Caldas), como línea base.

- Establecer los valores de bioindicación para esta comunidad hidrobiológica en los cauces asociados a los Zodmes.

1. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

1.1. ÁREA DE ESTUDIO

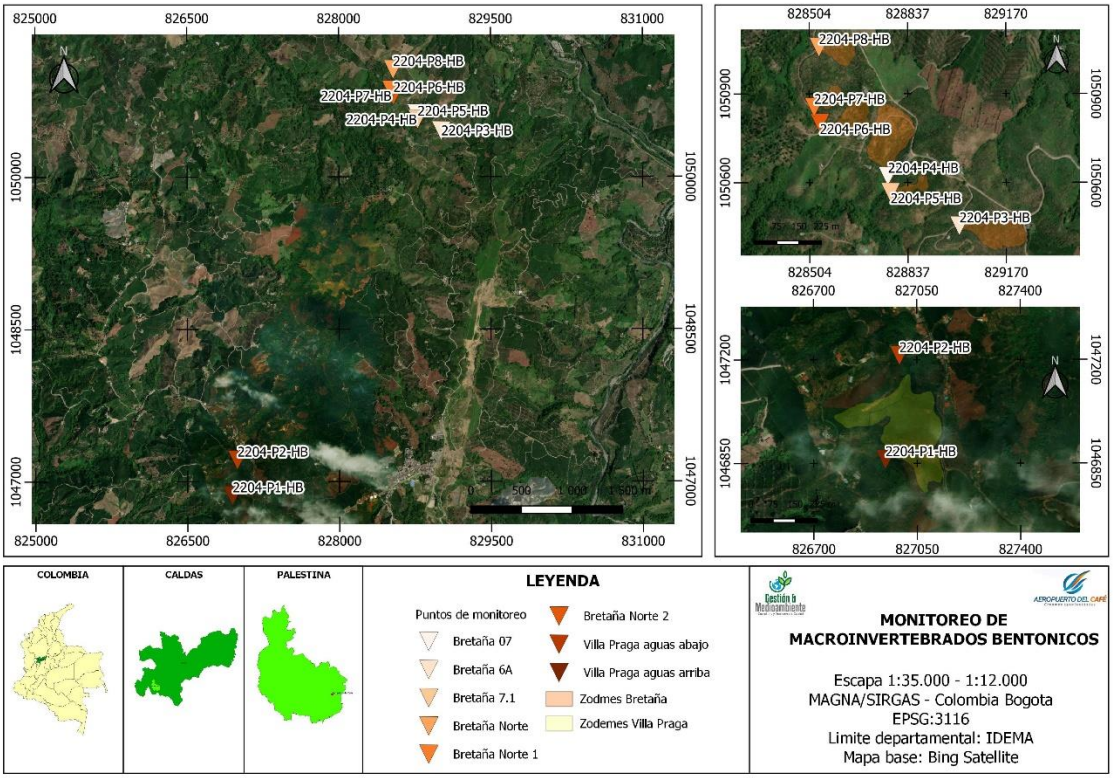
Aeropuerto Internacional del Café es un proyecto de infraestructura aeroportuaria en Palestina, Caldas El proyecto está dividido en tres etapas. En la primera se contempla la construcción de una pista de 1.400 metros de longitud, incluyendo las primeras etapas de plataformas, edificios administrativos, 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 8 de febrero de 2022 en 8 estaciones en la quebradas Paloma (aguas arriba y aguas abajo) y y los drenajes 6A, Bretaña 07, Bretaña7.1, Bretaña Norte, Bretaña Norte 1, Bretaña Norte 2. La época en la que se realizaron los muestreos, correspondió al período de pocas lluvias. Los puntos de muestreo fueron georreferenciados por personal de Gestión & Medioambiente SAS y se pueden observar su distribución en la zona de influencia en la Figura 1.1.

Figura 1.1. Localización general de los puntos de muestreo de agua – Aeropuerto del Café



Fuente: Google earth – Trabajo de campo Gestión & Medioambiente SAS, febrero de 2022

1.3. MÉTODO DE MUESTREO

A continuación, se presentan las metodologías empleadas para la caracterización hidrobiológica de comunidades bentónicas de los cauces existentes en los zodmes Villa Praga, La Bretaña y La María para la modificación de la licencia ambiental del proyecto Aeropuerto del Café – etapa I. Los códigos y puntos de muestreo se presentan en la Tabla 1.1. Los resultados de laboratorio se presentan en el Informe de ensayo 335 de febrero de 2022.

Los muestreos se hicieron en horario diurno, en presencia de luz solar, entre las 7:00 a.m. y las 5:00 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 de contaminación; además se registraron características de profundidad, ancho y caudal de la corriente.

Tabla 1.1. Ubicación e información de puntos de monitoreo – Aeropuerto del Café

Código de campo	Nombre - Aerocafe	Coordenadas Origen nacional		Cod. laboratorio
		Latitud	Longitud	eQual
2204-P1-HB	Quebrada Paloma aguas arriba	2113084.119	4707604.732	EQ-3561
2204-P2-HB	Quebrada Paloma aguas abajo	2113435.006	4707653.400	EQ-3563
2204-P3-HB	Drenaje Bretaña 6A	2116670.747	4709678.886	EQ-3559
2204-P4-HB	Drenaje Bretaña 07	2116839.186	4709437.320	EQ-3560
2204-P5-HB	Drenaje Bretaña 7.1	2116784.730	4709445.863	EQ-3562
2204-P6-HB	Drenaje Bretaña Norte 2	2117019.082	4709207.447	EQ-3558
2204-P7-HB	Drenaje Bretaña Norte 1	2117072.694	4709188.364	EQ-3557
2204-P8-HB	Drenaje Bretaña Norte (sin caudal, sin muestra)	2117274.933	4709205.374	-

Fuente: eQual consultoría y servicios ambientales S.A.S, febrero 2022
*B: bentos

Fotografía 1. 1. Muestreo comunidades hidrobiológicas – Zodmes - Aeropuerto del Café


P1


P2


P3



P4



P5



P6



P7

Fuente: Trabajo de campo de Gestión & Medioambiente SAS, febrero de 2022

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 Surber de diámetro de ojo de malla de 500 µm, marco cuadrado de 30 cm. En cada punto de monitoreo se definió una zona para realizar el muestreo; se realizaron 10 barridos con la red en diferentes hábitats y sustratos; en cada uno de los barridos la red fue puesta sobre el sustrato con la abertura en dirección contraria a la corriente, para así barrer el fondo desplazando los sedimentos dentro del cono. El material colectado fue depositado en frascos plásticos de boca ancha, fijadas con alcohol al 70%. Una vez colectadas las muestras, se rotularon y almacenaron en una nevera de icopor y se realizó su respectivo registro, cumpliendo con los requisitos expuestos en las planillas 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 0114 de 2020 (anexo 4, la cual es modifcatoria de la resolución N° 556 de febrero de 2017) la cual cuenta con prorroga de la vigencia de la acreditación al acogerse a los términos de la resolución 0651 de 2020.).

En el laboratorio, para cada muestra los organismos fueron aislados del sustrato remanente mediante el uso 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.

En el análisis de resultados se incluirán los datos de macroinvertebrados del bentos y asociados a macrófitas, ya que se trata de la misma comunidad, solo que debido a las características de los cuerpos de agua las muestras son tomadas en los sustratos disponibles en cada uno de ellos.

1.5. FASE DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

1.5.1. 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.

1.5.2. 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 aquella 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 1.2:

Tabla 1.2. 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

2.1. 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.

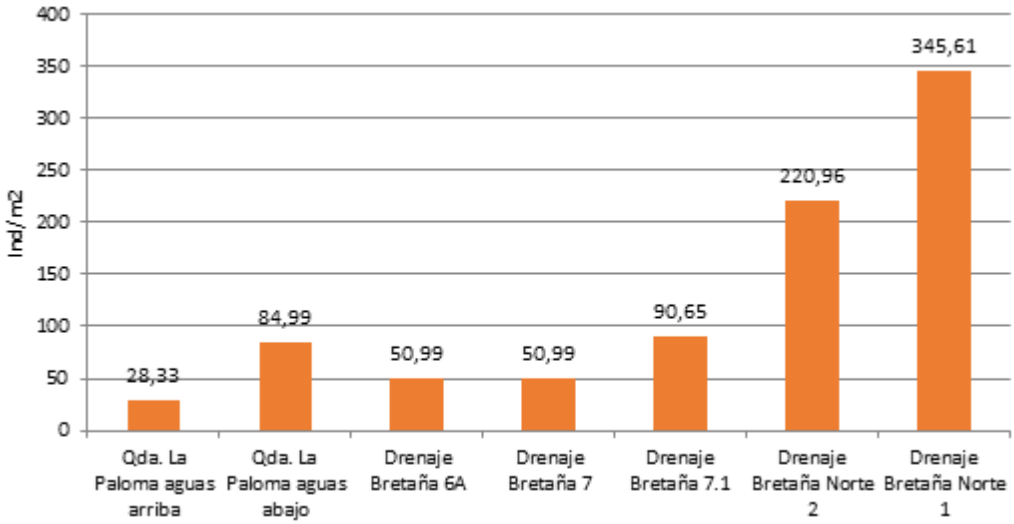
De todos los organismos que se encuentran dentro de un sistema acuático, los macroinvertebrados bentónicos ofrecen ventajas para ser usados como indicadores de contaminación ya que 1) se encuentran en casi todos los ecosistemas acuáticos, por lo que favorecen los estudios comparativos; 2) su naturaleza 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).

La alta diversidad taxonómica, tipos de alimentación y ciclos de vida hacen que la comunidad de macroinvertebrados sea una buena indicadora de la calidad ecológica de los cuerpos de agua, ya que ofrece un amplio espectro de respuestas a las diferentes perturbaciones ambientales. Además, la relativamente escasa capacidad de desplazamiento de los mismos permite un el análisis espacial de la contaminación, que unido a los largos ciclos de vida de algunos grupos permiten también el análisis temporal de las perturbaciones (Rosenberg y Resh, 1993 citados en Camargo, 2005).

2.1.1. Riqueza y densidad de especies

Se colectaron organismos pertenecientes a 25 especies de macroinvertebrados acuáticos. En la Tabla 2.1 y Reporte de Laboratorio 335 que se presenta en el Anexo 3, se observan los resultados de la caracterización de esta comunidad. Las densidades poblacionales por estaciones, oscilaron entre 50,09 ind/m^2, para el Drenaje Bretaña 6A y Drenaje Bretaña 7 y 345,61 ind/m^2 para el Drenaje Bretaña Norte 1 (Gráfico 2.1).

Gráfico 2.1. Densidad de macroinvertebrados por estación -Aropuerto del Café



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

Tabla 2.1. Macroinvertebrados en las fuentes hídricas–Aeropuerto del Café

Orden	Familia	Morfoespecie	Qda. La Paloma Ag. arriba	Qda. La Paloma ag. abajo	Drenaje Bretaña 6A	Drenaje Bretaña 7	Drenaje Bretaña 7.1	Drenaje Bretaña Norte 2	Drenaje Bretaña Norte 1
Enchytraeida	Enchytraeidae	Enchytraeidae sp.							5,67
Lumbriculida	Lumbriculidae	Lumbriculidae sp.		5,67					
Araneae	Pisauridae	Pisauridae sp.							5,67
Collembola	Entomobryidae	Entomobryidae sp.					5,67		11,33
	Poduromorpha N.D.	subo. Poduromorpha sp.					5,67		
Coleoptera	Elmidae	*Heterelmis* sp.							56,66
Diptera	Chironomidae	subf. Chironominae sp. 1	11,33	5,67			5,67		
		subf. Chironominae sp. 2		5,67					
		subf. Orthocladiinae sp. 1	5,67		11,33		11,33		5,67
		subf. Orthocladiinae sp. 2		28,33	5,67		17,00	5,67	11,33
		subf. Tanypodinae sp.			5,67		5,67		
	Diptera N.D.	Diptera sp.					5,67		
	Dolichopodidae	Dolichopodidae sp.						5,67	
	Simuliidae	*Simulium* sp.		17,00	5,67				
	Syrphidae	Syrphidae sp.					5,67		
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	*Farrodes* sp.	5,67						
Hemiptera	Gerridae	Gerridae sp.	5,67						
	Mesoveliidae	*Mesovelia* sp.							11,33
	Veliidae	*Rhagovelia cauca*			11,33				
Odonata	Coenagrionidae	*Argia* sp.					5,67		
	Libellulidae	*Brechmorhoga* sp.					11,33		
Trichoptera	Hydropsychidae	*Leptonema* sp.					5,67		
		Smicridea sp.		22,66			5,67		
Isopoda	Isopoda N.D.	Isopoda sp.			5,67				
Neotaenioglossa	Thiaridae	*Melanoides* sp.						209,63	237,96
Tricladida	Planariidae	Planariidae sp.			5,67	50,99			
Total			**28,33**	**84,99**	**50,99**	**50,99**	**90,65**	**220,96**	**345,61**

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

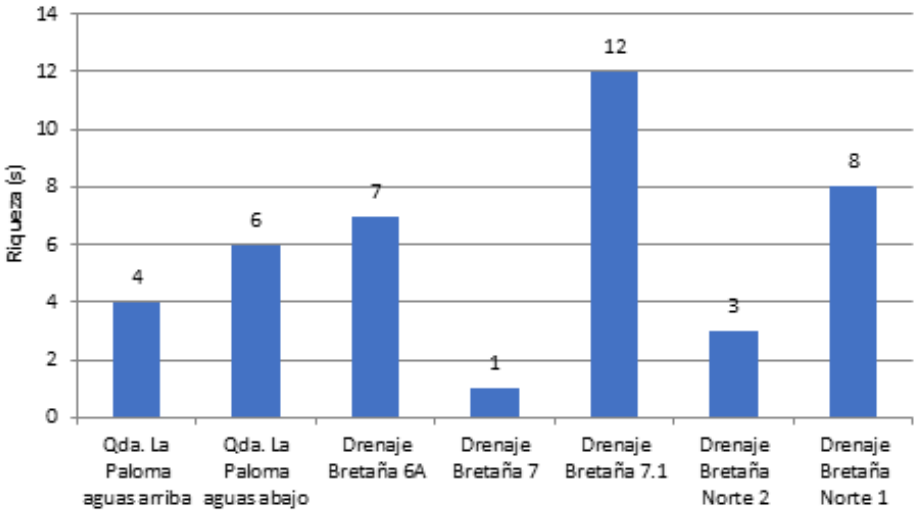
La morfoespecie con mayor densidad teniendo en cuenta todos los cuerpos de agua caracterizados fue un gasteropodo: *Melanoides* sp., perteneciente a la familia Thiaridae, caracoles operculados de agua dulce. Una especie de este genero; *Melanoides tuberculata*, puede colonizar rápidamente diferentes tipos de hábitats naturales; alcanzando densidades muy altas, de varios miles de individuos por metro cuadrado y tolera un amplio espectro de condiciones ambientales, por lo tanto, es importante monitorear cómo están variando las poblaciones de este individuo reportado en el proyecto. *Melanoides* se registró en Drenaje Bretaña Norte 2 con 209,63 ind/m^2 y 237,96 ind/m^2.

Se registraron trece morfoespecies con el valor más bajo de densidad 5,67: Enchytraeidae sp., Lumbriculidae sp., Pisauridae sp., subo. Poduromorpha sp., subf. Chironominae sp. 2, Diptera sp., Dolichopodidae sp., Syrphidae sp., *Farrodes* sp., Gerridae sp., *Argia* sp., *Leptonema* sp. e Isopoda sp. y se reportaron de manera única por estación.

Las especies con mayor frecuencia entre estaciones fueron subf. Orthocladiinae sp. 2, registrada en cinco de las siete, y subf. Orthocladiinae sp. 1, en cuatro (Gráfico 2.2).

La estación con mayor diversidad fue Drenaje Bretaña 7.1 con 12, y lo siguio el Drenaje Bretaña Norte 1 con 8. La estación Drenaje Bretaña 7 tuvo la riqueza más baja con una sola especie, Planariidae sp., que son gusanos platyhelminthos, son somunes en agua dulce e incluso existen especies terrestres sobre piedras, suelo o plantas en zonas húmedas, muchas de sus especies son parásitas. Los de la clase Rhabditophora, como los registrados en este estudio, como las planarias, presentan cefalización con ganglios concentrados en un cerebro en uno de los extremos del cuerpo.

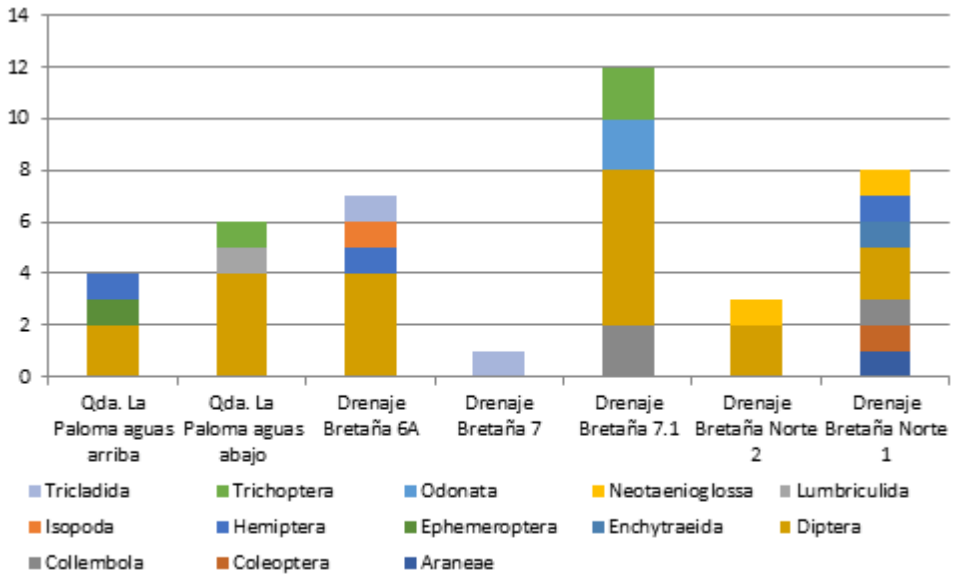
Gráfico 2.2. Riqueza de especies de macroinvertebrados, por estación



Fuente: e-Qual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2022

Las 26 morfoespecies colectadas se agrupan en 15 órdenes sistemáticos. En el Gráfico 2.3 se presenta, por estaciones de muestreo, la riqueza de especies por órdenes sistemáticos. La mayor cantidad de órdenes se presentó en Drenaje Bretaña 6A y Drenaje Bretaña 7.1 cada uno con cuatro; en contraste, el Drenaje Bretaña 7 sólo tuvo un orden. El orden Díptera fue el de mayor riqueza en toda la caracterización, con 9 morfoespecies, lo siguió Hemíptera, con tres, y Odonata, Collembola y Trichoptera, con dos. Dentro de las estaciones Díptera también fue el más representativo con seis morfoespecies para la estación Drenaje Bretaña 7.1 y cuatro en la quebrada La Paloma aguas abajo y Drenaje Bretaña 6A. El orden Ephemeroptera sólo se reportó en la Qda. La Paloma aguas arriba; Isopoda, en Drenaje Bretaña 6ª; Odonata, en Drenaje Bretaña 7.1, y Araneae y Coleoptera, en Drenaje Bretaña Norte 1.

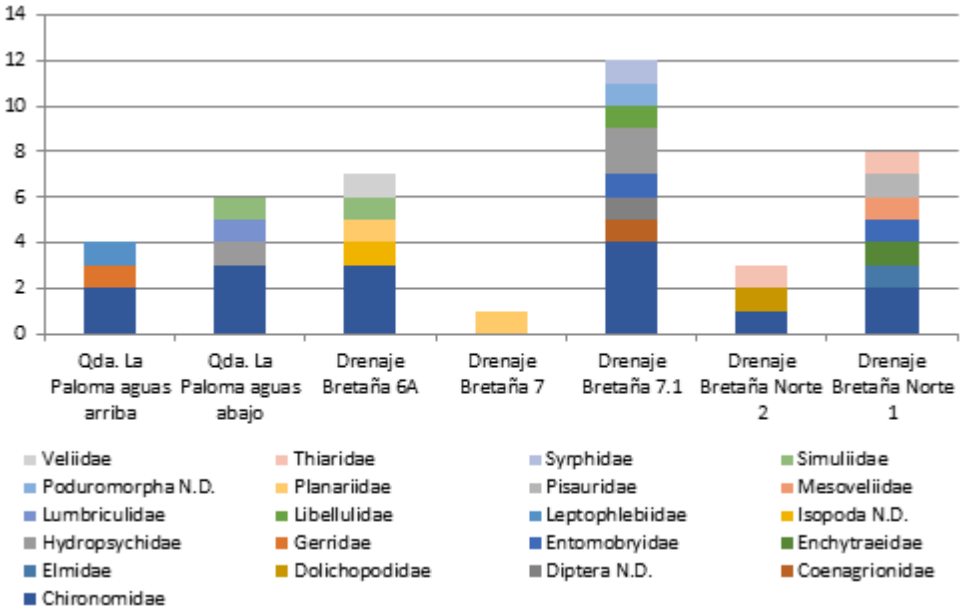
Gráfico 2.3. Riqueza de especies de macroinvertebrados, por órdenes sistemáticos, por estación



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

Los organismos colectados se distribuyen en 21 familias sistemáticas. En el Gráfico 2.4 se presentan las riquezas por familias para cada estación. La familia con mayor riqueza específica fue Chironomidae con cinco, Hydropsychidae tuvo dos morfoespecies y las restantes solo estuvieron representadas por una.

Gráfico 2.4. Riqueza de macroinvertebrados, por familias sistemáticas, por estación



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

El Drenaje Bretaña 7.1 fue la estacion con mayor número de familias con representantes de ocho de ellas; así mismo Chironomidae tuvo la mayor riqueza con cuatro morfoespecies. El Drenaje Bretaña Norte 1, tambien se destaco con siete familias, Drenaje Bretaña 6A con cinco y Qda. La Paloma aguas abajo con cuatro. Las demas estaciones tuvieron entre tres y una morfoespecie.

En la fotografía 2.1 se presentan algunas de las especies registradas para la comunidad de macroinvertebrados.

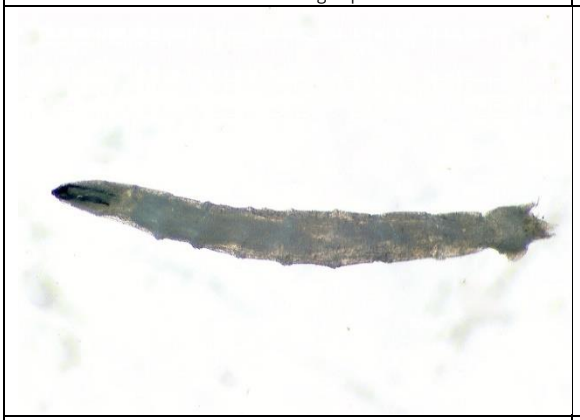
Fotografía 2.1. Imágenes de algunas especies de macroinvertebrados – Aeropuerto del Café



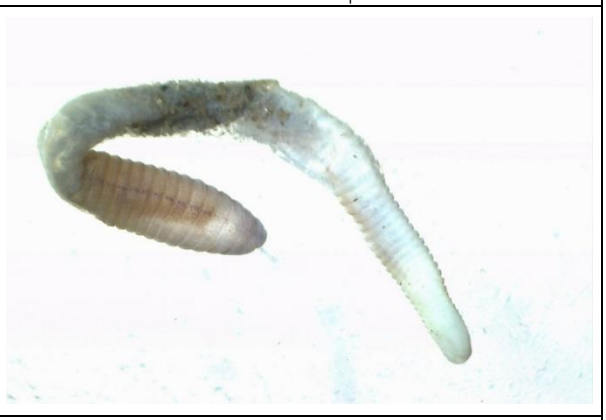
Brechmorhoga sp.



Chironominae sp. 1

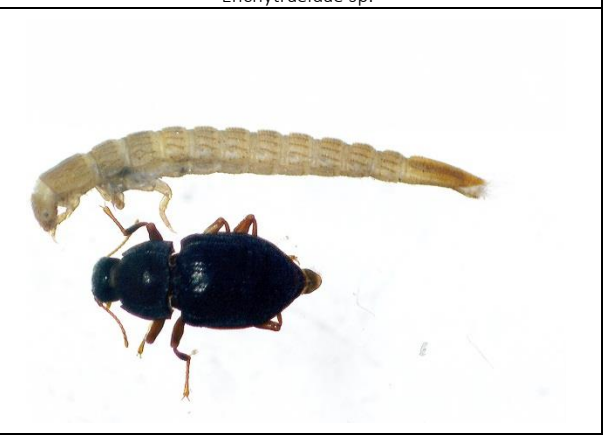


Dolicchopodidae sp.



Enchytraeidae sp.





Entomobryidae sp.	*Heterelmis* sp.
	
Gerridae sp.	Isopoda sp.
	
Pisauridae sp.	Syrphidae sp.
	
Planariidae sp.	*Rhagovelia cauca*

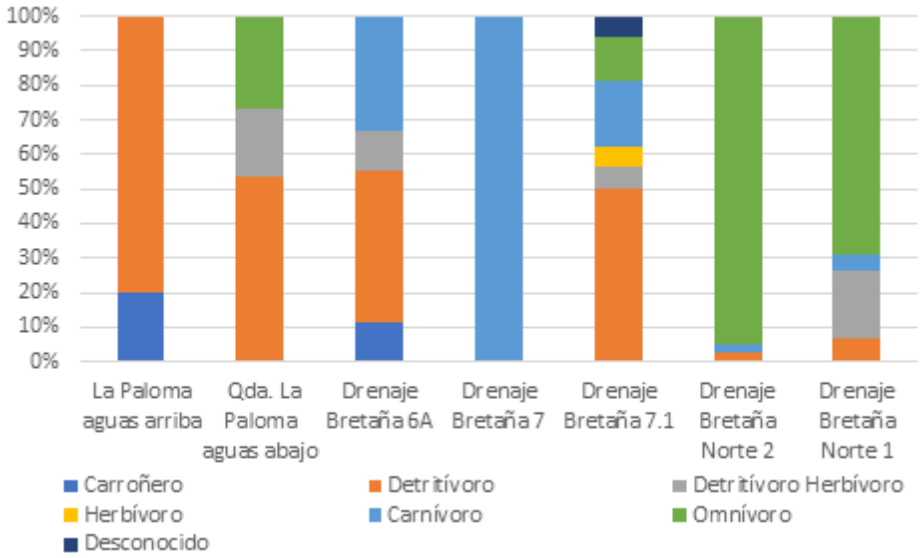
	
Leptonema sp.	*Melonoides* sp.

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

2.1.2. Gremios tróficos

En la tabla 2.2 se presentan los gremios tróficos para los macroinvertebrados acuáticos en la muestra, mientras que en el Gráfico 2.5 se presenta la estructura trófica por estación, en porcentaje de individuos. Allí se aprecia que, en general, las cadenas tróficas se encuentran desequilibradas, con excepción de la estación Drenaje Bretaña 7.1, en donde hay en general un equilibrio entre los diferentes grupos.

Gráfico 2.5. Estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados, por estación



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

Tabla 2.2. Gremios tróficos para la comunidad de macroinvertebrados

Familia	Gremio trófico
Enchytraeidae, Lumbriculidae	Los organismos de estos gupos se alimentan de materia orgánica en descomposición i en general detyritus de vegetación.
Pisauridae	Como todas las arañas, son carnívoras, se alimentan de otros imvertebtrados y de pequeños vertebrados, como alevinos de peces.
Entomobryidae, Poduromorpha	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.
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.
Chironomidae	Las larvas son fundamentalmente detritívoras, alimentándose de materia orgánica particulada.
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.
Syrphidae	Las larvas acuéticas son detyritívoras, Los adultoer, mterrestrres, son nectarívoros e importantes polinizadores.
Leptophlebiidae	Dentro de este grupo el género *Thraulodes* ha sido clasificado como detritívoro-recolector, detritívoro-filtrador y detritívoro-raspador
Gerridae, Mesoveliidae, Veliidae	Son depredadores de otros invertebrados, principalmente de aquellos que caen al agua. Su aparato bucal chupador les permite inyectar enzimas digestivas, lo que va disolviendo los tejidos, que a su vez son succionados por el animal.
Coenagrionidae, 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.
Hydropsychidae	Se alimentan de diatomeas, algas y partículas de detritus de muy variado tamaño, así como de pequeños invertebrados acuáticos capturados en la red.
Isopoda	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.
Thiaridae	Esta familia de caracoles es omnívora.
Planariidae	Estos organismos son carnívoros. Se alimentan de protozoos, pequeños crustáceos, caracoles y otros gusanos.

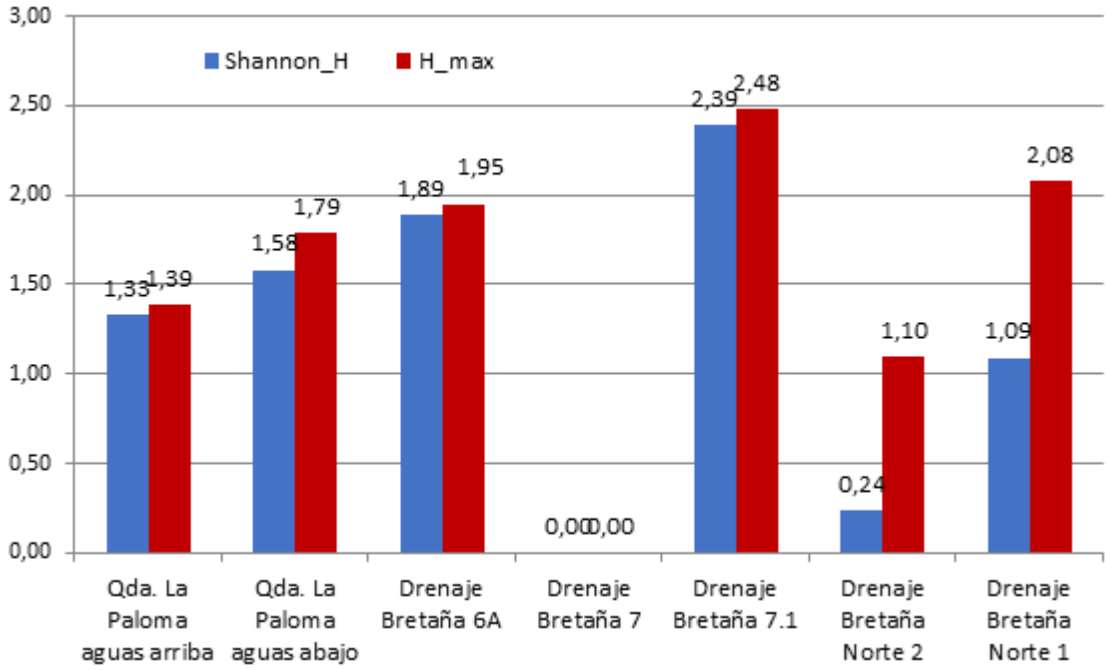
Fuente: eQual Consultoría y Servicios Ambientales S.A.S, 2022

2.1.3. Diversidad

Los índices de diversidad de Shannon y H´max para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos se presentan en el Gráfico 2.6. En general estos índices presentaron valores bajos, sólo el Drenaje Bretaña 7.1

tuvo un valor de 2,39, que indica una diversidad media, resultado que además fue cercano al máximo teorico mostrando que las morfoespecies en la comunidad tienen un aporte de densidad similar. Las demas estaciones tuvieron valores de Shannon por debajo de 1, característicos de comunidades con baja diversidad; sin embargo, se observa cercanía con losvalores de H_max (diversidad máxima teórica). Para las estaciones Drenaje Bretaña Norte 2 y Drenaje Bretaña Norte 1, se observa una diferencia considerable entre estos resultados, producto de la alta densidad de *Melanoides* sp. muy por encima del resto de las morfoespecies registradas en estos dos puntos.

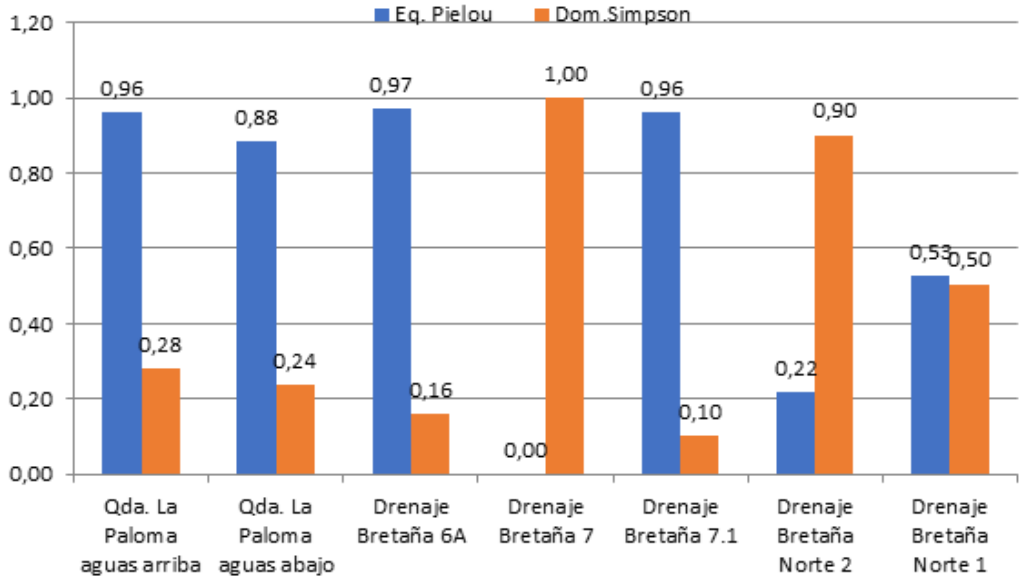
Gráfico 2.6. Índices de diversidad de macroinvertebrados acuáticos



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

Los índices de Equidad de Pielou y Dominancia de Simpson se presentan en el Gráfico 2.7; las estaciones Qda. La Paloma aguas arriba, Qda. La Paloma aguas abajo y Drenaje Bretaña 7.1 muestran valores altos de equidad y bajos de dominancia, que corresponden a comunidades equilibradas. La estación Drenaje Bretaña 7 tuvo una dominancia de 1, debido a que solo se registró una especie; para Drenaje Bretaña Norte 1 los índices de equidad y dominancia fueron medios pues, aunque hubo una morfoespecie con una alta densidad, las otras siete registradas tuvieron un aporte similar a la comunidad. Finalmente, en Drenaje Bretaña Norte 2, tuvo un valor de dominancia de 0,90 superior al de equidad ya que *Melanoides* sp. representó con su densidad el 95% de la comunidad.

Gráfico 2.7. Índices de equidad y dominancia de macroinvertebrados



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

2.1 BIOINDICACIÓN

2.1.4. Índices de 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.

Para las dos estaciones de la quebrada La Paloma, es buena En la tabla 2.3 se aprecia que según el índice BMWP. estas aguas serían de críticas a muy críticas, sin embargo, hay que tener en cuenta que este índice es muy sensible a la diversidad de familias que se presenten en la muestra, lo que no sucede con el índice ASTP, de ahí que se presenten grandes discrepancias en los siguientes casos:

En La Paloma, aguas arriba, las familias Gerridae y Leptophlebiidae indican aguas de buena calidad, pero sólo cuenta con tres familias. El Drenaje Bretaña 6A, se encuentra en la misma situación, con las familias Planariidae y Simuliidae, indicando aguas de muy buena calidad. Drenaje Bretaña 7, sólo presenta una familia, Planariidae, que indica aguas de muy buena calidad. Para las demás estaciones, las diferencias entre los diagnósticos son menores. Para el caso de los diagnósticos discrepantes, es mejor inclinarse por el resultado de ASTP, pues las familias presentes son realmente exigentes en cuanto a su tolerancia a las aguas contaminadas.

Tabla 2.3. Diagnóstico de bioindicación según resultados de macroinvertebrados acuáticos

Estación	BMWP	Significado	ASTP	Significado
Qda. La Paloma aguas arriba	19	Crítica	6,33	Aguas ligeramente contaminadas
Qda. La Paloma aguas abajo	19	Crítica	4,75	Aguas moderadamente contaminadas
Drenaje Bretaña 6A	18	Crítica	6,00	Aguas ligeramente contaminadas
Drenaje Bretaña 7	8	Muy crítica	8,00	Aguas muy limpias a limpias
Drenaje Bretaña 7.1	24	Crítica	4,80	Aguas moderadamente contaminadas
Drenaje Bretaña Norte 2	11	Crítica	3,67	Aguas muy contaminadas
Drenaje Bretaña Norte 1	26	Crítica	5,20	Aguas moderadamente contaminadas

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

CONCLUSIONES

Macroinvertebrados acuáticos

Los quironómidos se presentan en todo tipo de ecosistemas con aguas de muy diversa calidad y soportan mínimas concentraciones de oxígeno disuelto, especialmente los de la subfamilia Chironominae. Suelen abundar en aguas muy ricas en nutrientes y materia orgánica, donde en muchas ocasiones son especies dominantes. Estos organismos estuvieron presentes en seis de las siete estaciones.

Se destaca la presencia de familias con valores altos de bioindicación y asociadas a condiciones más estrictas en las estaciones La Paloma (con las familias Gerridae y Leptophlebiidae), en el Drenaje Bretaña 6A (familias Planariidae y Simuliidae) y en el Drenaje Bretaña 7 (Planariidae).

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 2204

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:	2204
Matriz	Comunidades hidrobiológicas (Macroinvertebrados bentónicos)	Plan de muestreo nro	2204-FT-223-HC-01
Lugar de monitoreo o muestreo	Cuerpos de agua del área de influencia del proyecto de construcción Aeropuerto del Café en el municipio de Palestina, Caldas		
Fecha de monitoreo	2022/02/08	Fuentes	1 quebrada y 5 drenajes
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	2022/02/09	Fecha de análisis	2022/02/15
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

Gestión & Medioambiente Monitoreos de Calidad NIT 900.492.960-0

César Augusto Castañeda
Director técnico

Gestión & 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