

**COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS MACROINVERTEBRADOS  
ACUÁTICOS EN ÁREAS OPERATIVAS DE ECOPETROL (VENTANAS  
ATUNCELA, FILANDIA, LA COCHA Y BELTRÁN)**

**Lina Chavarría García**

**Estudiante**

**Pregrado de Biología**

**Esta tesis se derivada del Contrato No. 13-12-067-077PS celebrado entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y la Universidad de Antioquia (Grupo LimnoBasE-Biotamar) para desarrollar actividades dentro del proyecto “Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol”**

Medellín, julio de 2021



## **RESUMEN**

En el presente trabajo se describe la composición y la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los sistemas evaluados en el año 2014 y 2015 en la región Andina (Ventanas Finlandia, Atuncela, la Cocha y Beltrán) en áreas operativas de Ecopetrol. Las 4 Ventanas Ventanas: Finlandia, Atuncela, la Cocha y Beltrán presentan diferencias orográficas, climáticas, edáficas y ecológicas contrastantes. Dichas condiciones influyen en las particularidades de los sistemas acuáticos asentados en ellas, así como en el devenir espacial y temporal de las variables físicas, químicas y biológicas presentes en ellos. En consecuencia, este estudio pretende identificar qué factores o variables ambientales (variables de hábitat) dentro de las evaluadas en la investigación y del paisaje, podrían estar determinando la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados en los sistemas lóticos y leníticos seleccionados en cada Ventana. El número de taxones de macroinvertebrados acuáticos de común ocurrencia en los sistemas evaluados en las cuatro ventanas puede ser considerado como bajo, debido posiblemente a la existencia de barreras físicas (como cadenas montañosas) y a diferencias en los tipos de ambientes, lo que limita la dispersión de la mayoría de los taxones. El paisaje contrastante entre las ventanas hace que la composición y densidad de los macroinvertebrados, resulte muy disímil entre ellas. Esto a su vez es reflejo de la heterogeneidad ambiental, representada en hábitats aparentemente diferentes, que les confieren ventajas a ciertos taxones en particular.

**Palabras clave:** Composición, estructura, macroinvertebrados, ventanas

## INTRODUCCIÓN

Las comunidades biológicas presentes en un ambiente son arreglos temporales en los que las especies interactúan entre sí y con su entorno, estando reguladas por factores locales (p.e. competencia y condiciones abióticas) y regionales (p.e. clima, evolución y migración) (Arita y Rodríguez, 2004); esto resalta el hecho de que las comunidades de ese espacio son productos históricos y relacionales.

La ubicación geográfica y los factores ambientales locales contribuyen a la variación en la composición y la estructura de las comunidades bióticas en los sistemas de agua dulce, constituyéndose en filtros ambientales importantes que pueden generar impactos a escala espacial y/o temporal, así como generar transformaciones en tales comunidades. Estos filtros hacen referencia a los fenómenos ecológicos y ambientales que pueden estar representados por el aislamiento geográfico y las características físicas y químicas de cada ambiente (Charles *et al.*, 2006).

La comunidad tiene una estructura y un funcionamiento característico, que se han fijado a través del proceso evolutivo. Una propiedad de importancia esencial en el estudio de la estructura, del dinamismo y de la evolución de las comunidades es la riqueza de especies, que se puede expresar por medio de un índice de diversidad (p.e. índice de Shannon, riqueza numérica, etc.) que sea independiente de la amplitud de la muestra sobre la que se determina, o mediante una serie de los mismos que recoja atributos de la comunidad, como su grado de homogeneidad (equidad) o de predominio de unas especies (dominancia). Estas medidas son necesarias para probar teorías sobre la coexistencia de las especies, los procesos dinámicos de los ecosistemas, los determinantes históricos y el impacto de las actividades humanas, entre otros (Margalef, 1980).

Colombia es un país que posee amplia diversidad orográfica, conformada por formas naturales tales como mesetas, valles y montañas, que geológicamente tienen su origen en los periodos Cámbrico, Devónico y Carbonífero, en la era Terciaria y principios de la Cuaternaria. Sumado a esta condición, por su ubicación geográfica en la franja tropical, se presentan condiciones climáticas más o menos homogéneas a lo largo del año, con periodos de bajas y/o altas precipitaciones que son particulares a las diferentes subregiones. Estas características en conjunto, potencian la ocurrencia de una alta diversidad biológica. No obstante, paradójicamente, ocurren cambios ambientales drásticos, bien sea de origen natural o antrópico, que causan diferentes situaciones de estrés sobre las comunidades bióticas acuáticas,

aumentando el riesgo de pérdida de la biodiversidad y repercutiendo negativamente en el funcionamiento de los ecosistemas.

En consecuencia, y por la falta de estudios en la mayor parte de las regiones colombianas, el conocimiento de la biodiversidad en Colombia, más precisamente el de la biota acuática. Por esta razón, esta investigación tiene el propósito de identificar áreas potenciales de alta riqueza hidrobiológica en Colombia que contribuyan a la planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol.

Para dar cumplimiento a dicha iniciativa, en este trabajo se seleccionaron cuatro zonas de diferente ubicación geográfica, todas en áreas operativas de Ecopetrol: Atuncela en el departamento de Valle del Cauca, Filandia en el departamento del Quindío, La Cocha en el departamento de Nariño y Beltrán en el departamento de Cundinamarca. Dentro de cada una se seleccionaron diferentes sistemas acuáticos (considerando criterios concernientes al estado de conservación y la posible influencia antrópica), con el fin de desvelar: 1) la composición de las agrupaciones acuáticas elegidas, 2) su estructura comunitaria y 3) sus miembros más relevantes.

Las cuatro Ventanas (Atuncela, Filandia, La Cocha y Beltrán) presentan diferencias orográficas, climáticas, edáficas y ecológicas contrastantes. Dichas condiciones influyen en las particularidades de los sistemas acuáticos asentados en ellas, así como en el devenir espacial y temporal de las variables físicas, químicas y biológicas presentes en ellos. En consecuencia, este estudio pretende identificar qué factores o variables ambientales y del paisaje, podrían estar determinando la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados en los sistemas lóticos y leníticos seleccionados en cada una de las Ventanas.

## **MÉTODOS**

### **Métodos de recolección de muestras biológicas**

Para la aplicación de los métodos de recolección se tuvieron en cuenta las recomendaciones de Wantzen & Rueda-Delgado (2009) y de Ramírez (2010) para muestreos de tipo cualitativo y semi-cuantitativo en ríos tropicales, además de los criterios para la toma de muestras hidrobiológicas empleadas por el equipo de trabajo del grupo de investigación “LimnoBasE y Biotamar” de la Universidad de Antioquia.

Se seleccionó un tramo entre 50 y 300 m de longitud a lo largo del cauce, dependiendo de las condiciones propias del terreno y/o de las intervenciones encontradas, en el que se utilizó una

red triangular, ubicándose ésta en sentido contrario al flujo de la corriente y removiendo el lecho de interés .

Se muestrearon los hábitats presentes (rápidos, remansos con vegetación ribereña, remansos sin vegetación, pozos poco profundos y pozos profundos -definidos de acuerdo con las condiciones de cada sitio-) así como los diferentes sustratos (cantos, guijarros, sedimentos, paquetes de hojarasca y demás material vegetal, macrófitas, macroalgas). Se hizo un mayor esfuerzo de captura en los hábitats y sustratos dominantes por su abundancia. Adicionalmente, mediante la utilización de pinzas, se realizaron colectas manuales de organismos que se encontraban fuertemente adheridos a las superficies de los sustratos. El esfuerzo total de muestreo por tramo fue de 30 minutos.

El material recolectado en cada tramo correspondió a una muestra y se depositó en bolsas plásticas de cierre hermético, a las que se agregó una cantidad de alcohol (concentración mayor al 90%) tal que sobrepasara el sustrato. Posteriormente, el material fue almacenado en el laboratorio hasta comenzar su procesamiento, con el fin de evitar la evaporación del alcohol y el deterioro de los organismos.

### **Análisis de muestras en laboratorio**

Los organismos de los macroinvertebrados fueron extraídos de cada muestra mediante remoción manual con pinzas de punta fina, y posteriormente fueron identificados hasta la menor categoría taxonómica posible, mediante la utilización de un estereoscopio ZEISS-Stemi VD4 y las claves taxonómicas de Roldán (1988), Machado y Rincón (1989), Wiggins (1996), Posada-García & Roldán-Pérez (2003), Domínguez *et al.* (2006), Domínguez & Fernández (2009), Merritt *et al.* (2008).

### **Análisis de la información**

El análisis de la composición y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, se realizó a partir de las densidades de los taxones encontrados. La densidad se representa en individuos capturados durante 30 minutos (ind/min).

A partir de gráficos de torta y de barras se describió la abundancia de los taxones por Ventana, y la estructura de la comunidad se analizó mediante la aplicación de los índices: riqueza de taxones ( $S$ ), diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ , en log base 2.718), dominancia de Berger & Parker ( $d$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ). Para su cálculo se utilizó el programa Biodiversity Professional versión 2 (McAleece, 1997).

## RESULTADOS

### Descripción de los ecosistemas (AusRivAS)

#### *Ventana Atuncela*

La vereda de Atuncela se localiza geográficamente en un rango de altura que varía desde los 850 a 950 m.s.n.m, al occidente del Departamento del Valle del Cauca sobre la vertiente pacífica de la Cordillera Occidental, en la margen izquierda de la cuenca media baja del Río Dagua (Figura 1). Información adicional en la tabla 1.



**Figura 1.** Ubicación espacial de los sistemas acuáticos evaluados en la Ventana de Atuncela, departamento de Valle del Cauca.

**Tabla 1.** Estado de conservación y presiones sobre los ecosistemas acuáticos muestreados en la Ventana Atuncela, así como estrategias y lineamientos de conservación.

Ventana	Tipo de ecosistema	OdC	Estrategia 1:100.000	Lineamiento 1:100.000	Presión	Estado	Lineamiento 1: 25.000
Atuncela	Lóticos	Quebrada El Palmar	Preservación, generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, erosión, extracción de agua para riego y consumo humano	Estado regular de conservación	Preservación pues hace es una de las dos únicas fuentes hídricas de Atuncela
		Quebrada El Vigia	Uso sostenible	Áreas prioritarias para la conservación	Disminución del caudal por represamiento y almacenamiento para la extracción de agua para riego y consumo.	Estado regular de conservación	Preservación pues hace es una de las dos únicas fuentes hídricas de Atuncela
		Río Dagua- Antes del pueblo	Uso sostenible	Preservación	Uso para fines recreativos	Buen estado de conservación	Educación ambiental y sensibilización frente al cuidado de los ecosistemas.
		Río Dagua- Después del pueblo	Preservación y uso sostenible	Áreas prioritarias para la conservación	vertimiento de aguas residuales del pueblo de Dagua.	Estado regular de conservación	Revisión del plan de manejo de aguas residuales del pueblo y tecnificación y tratamiento de las aguas antes de que lleguen al río.
		Río Bitaco	Preservación, uso sostenible y generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Posibles vertimientos de aguas residuales de fincas, así como enriquecimientos de nutrientes por escorrentía a causa de las heces y excremento del ganado porcino	Excelente estado de conservación	Revisión del plan de manejo de aguas residuales y tecnificación y tratamiento de las aguas antes de que lleguen al río.
		Río Cogollo	Preservación, uso sostenible y generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, erosión, extracción de agua para consumo humano y recreación.	Buen estado de conservación	Educación ambiental y sensibilización frente al cuidado de los ecosistemas.

### ***Ventana Filandia.***

El municipio de Filandia se encuentra ubicado al norte del departamento del Quindío a los 04° 40' 48.7" de latitud norte y a los 75° 39' 48.5" de longitud oeste, en los ramales occidentales de la cordillera central (Figura 2). Tiene una población aproximada de 13.161 habitantes. Limita por el norte con el departamento de Risaralda; por el Sur con el municipio de Circasia; por el Oriente con el municipio de Salento y Circasia; por el Occidente con el municipio de Quimbaya y el Valle del Cauca (Figura 2) (EOT 2009, Filandia). Información adicional en la Tabla 2.



**Figura 2.** Ubicación espacial de los sistemas acuáticos evaluados en la Ventana Filandia, departamento del Quindío.

En este municipio se identifican los pisos térmicos climáticos frío húmedo y el templado húmedo, que van desde los 2000 a los 3000 msnm (IGAC 1996).

**Tabla 2.** Estado de conservación y presiones sobre los ecosistemas acuáticos muestreados en la Ventana Filandia, así como estrategias y lineamientos de conservación.

Ventana	Tipo de ecosistema	OdC	Estrategia 1:100.000	Lineamiento 1:100.000	Presión	Estado	Lineamiento 1: 25.000
Filandia	Lóticos	Quebrada Portachuelo	Preservación, generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, erosión, posible vertimiento de aguas residuales de fincas agua arriba, así como enriquecimiento de nutrientes por escorrentía a causa de de los químicos utilizados para los cultivos de hortalizas	Buen estado de conservación	Revisión del plan de manejo de aguas residuales y un manejo más apropiado de los químicos que se utilizan como fertilizantes.
		Río Barbas (La Cabecera)	Uso sostenible	Áreas prioritarias para la conservación	vertimiento de aguas residuales y residuos orgánicos de un restaurante aguas arriba, un puente y una carretera principal	Estado regular de conservación	revisión del manejo que se le está dando a los residuos orgánicos y a las aguas hervidas del restaurante.
		Río Barbas (La Balstrera)	Uso sostenible	Preservación	Cambio climático, erosión, un puente y posible vertimiento de aguas residuales de fincas agua arriba, así como enriquecimiento de nutrientes por escorrentía a causa de de los químicos utilizados para los cultivos de hortalizas	Buen estado de conservación	Revisión del plan de manejo de aguas residuales de las fincas y un manejo más apropiado de los químicos que se utilizan como fertilizantes.
		Río Roble (La Arenosa)	Preservación y uso sostenible	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático y erosión.	Estado regular de conservación	Rehabilitación del bosque ribereño.
		Quebrada La Boquia	Preservación, uso sostenible y generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	un puente, deforestación del bosque ribereño, cambio climático y erosión.	Excelente estado de conservación	Rehabilitación del bosque ribereño.

		Quebrada El Membrillal	Preservación en PNN, uso sostenible y generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, erosión, extracción de agua para consumo humano y recreación.	Excelente estado de conservación	Preservación porque se encuentra dentro del parque regional natural Barbas-Bremen que hace parte de los municipios Circasia, Salento, filandia y Pereira.
--	--	------------------------	--	---	---	----------------------------------	---

### ***Ventana La Cocha***

Los sistemas acuáticos evaluados en esta ventana se sitúan en el extremo Sur de la laguna de La Cocha (también llamada Lago Guamués), jurisdicción del municipio de Pasto, departamento de Nariño. Los cauces de estos sistemas se encuentran cerca de una zona de Páramo Azonal (sector las Juntas, vereda Santa Isabel, corregimiento El Encano). En la Figura 3 se muestra la distribución espacial de los sitios de muestreo, los cuales se sitúan entre los  $0^{\circ}58'4.43''$  y  $0^{\circ}59'27.26''$  de latitud Norte, y  $77^{\circ}7'42.78''$  y  $77^{\circ}9'34.36''$  de longitud Oeste (Figura 3).

El municipio de Pasto se encuentra situado en la cordillera Centro Oriental, en zonas de levantamiento de depresiones interandinas originadas por la convergencia de placas litosféricas, como es el caso de la acción de la placa de Nazca que subduce al bloque de placas Andinas (Alcaldía Municipal de Pasto 2004). Información adicional en la tabla 3



**Figura 3.** Distribución espacial de los sitios de muestreo en la ventana La Cocha (Pasto, Nariño).



		Río Guamués	Uso sostenible	Recuperación mediante la revegetalización y/o remediación para la sostenibilidad ambiental	Procesos de erosión de riberas, establecimiento de pastos para ganadería, contaminación química (agroquímicos), quemas, aguas servidas de fincas, transporte fluvial	Altamente intervenido	Rehabilitación del bosque ribereño, planeación en la construcción de embarcaderos y transporte por el río. Educación en el manejo de las prácticas agropecuarias y disposición de aguas residuales domésticas
--	--	-------------	----------------	--	--	-----------------------	---

### ***Ventana Beltrán***

Beltrán está ubicado al oeste del departamento de Cundinamarca, limita al norte con el municipio de San Juan de Rio Seco, al este, con el mismo y con los municipios de Pulí y Jerusalén, al sur, con el de Guataquí, y al este con el municipio de Ambalema, en el departamento del Tolima (Figura 4). Tiene una altura sobre el nivel del mar que oscila entre los 220 m.s.n.m. para las partes bajas que son la mayoría de su territorio y los 1600 m.s.n.m para las zonas altas, como las veredas del Tabor y la Chácara. Su temperatura se encuentra entre los 18.7°C y los 36°C y la precipitación anual promedio es de 800 y 1044,20 mm (EOT 2012, Beltrán) (Figura 4). Información adicional en la Tabla 4.



**Figura 4.** Ubicación espacial de los sistemas acuáticos evaluados en la Ventana Beltrán, departamento de Cundinamarca.

**Tabla 4.** Estado de conservación y presiones sobre los ecosistemas acuáticos muestreados en la Ventana Beltrán, así como estrategias y lineamientos de conservación.

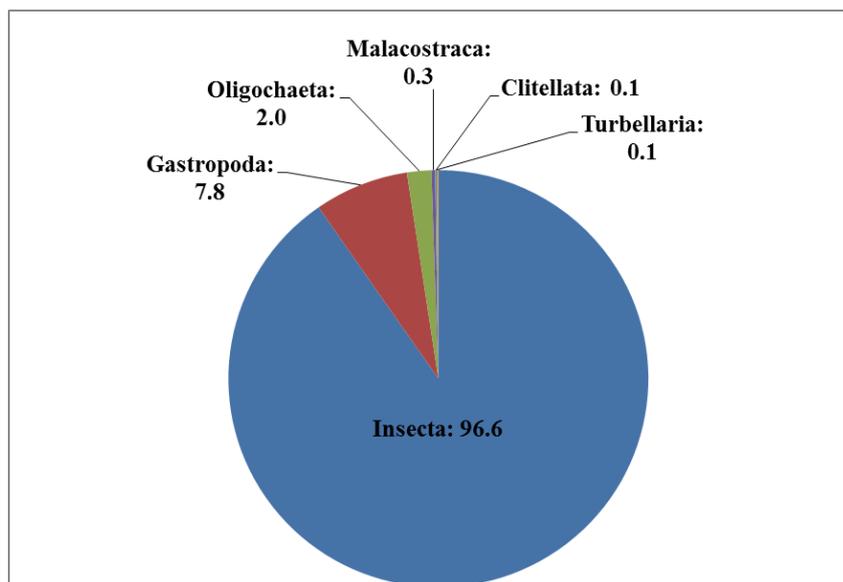
Ventana	Tipo de ecosistema	OdC	Estrategia 1:100.000	Lineamiento 1:100.000	Presión	Estado	Lineamiento 1: 25.000
Beltrán	Lóticos	Quebrada Calacuta	Preservación, generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Cambio climático, erosión, puente, una carretera, posible vertimiento de aguas residuales de fincas, depósito de residuos orgánicos y represamiento de agua mediante muros de contención.	Regular estado de conservación	Rehabilitación del bosque ribereño y del canal de la quebrada.
		Quebrada Calacala	Preservación, generación de conocimiento	Áreas prioritarias para la conservación	Box colver, una carretera y varios caminos que atraviesan la quebrada	Estado regular de conservación	Rehabilitación del bosque ribereño.
		Río Seco-Las Palmas	Preservación, uso sostenible y generación de conocimiento	Preservación	Cambio climático, erosión, vox colver y una carretera.	Excelente estado de conservación	Rehabilitación del bosque ribereño.

**Composición, Abundancia, Riqueza (No. de taxones), diversidad de Shannon & Weaver (1949) ( $H'$ ), Equidad de Pielou (1975) y Dominancia de Berger & Parker ( $d$ ) de los macroinvertebrados presentes en las Ventanas Atuncela, Filandia, La Cocha y Beltrán.**

En las cuatro ventanas evaluadas la comunidad de macroinvertebrados presentó una densidad total de 106.9 ind/min, de la cual se identificaron 85 taxones, distribuidos en 56 Familias, 16 Órdenes, siete Clases y cuatro Fila.

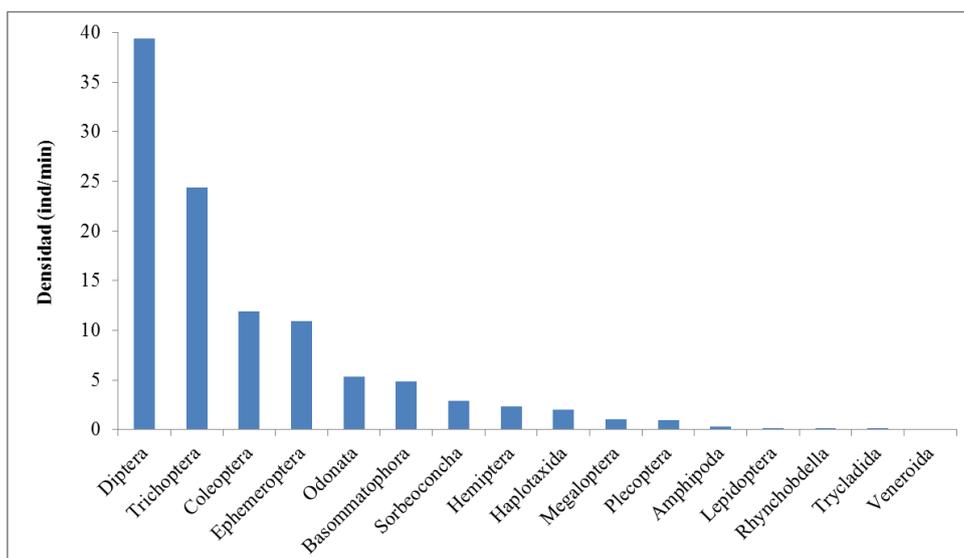
Arthropoda fue el filo que presentó la mayor densidad de organismos con 96.9 ind/min, seguido por Mollusca, Annelida y Plathyhelminthes, quienes presentaron densidades considerablemente menores de 7.8, 2.1 y 0.1 ind/min, respectivamente.

En la Figura 5 se muestra la distribución de las densidades de organismos para la categoría de Clase. Puede observarse que la mayor densidad la presentaron las Clases Insecta (9.6 ind/min), Gastropoda (7.8) y Oligochaeta (2.0 ind/min). Las Clases Malacostraca (0.3 ind/min), Clitellata (0.1) y Turbellaria (0.1 ind/min) presentaron las menores densidades.



**Figura 5.** Densidad (ind/min) de macroinvertebrados en la categoría taxonómica de Clase, registrados en las Ventanas Atuncela, Filandia, La Cocha y Beltrán.

Entre los 19 Órdenes registrados en las cuatro ventanas, Diptera, Trichoptera y Coleoptera fueron los más representativos en términos de densidad, con valores de 39.4, 24.4 y 11.9 ind/min, respectivamente; y entre los Órdenes con menor densidad figuran Amphipoda, Lepidoptera y Veneroida, con 0.3, 0.1 y 0.03 ind/min, respectivamente (Figura 6).



**Figura 6.** Densidad (ind/min) de macroinvertebrados en la categoría taxonómica de Orden, en las Ventanas Ventanas Atuncela, Filandia, La Cocha y Beltrán.

En la Tabla 5 se muestra el listado de taxones de macroinvertebrados comunes entre las cuatro ventanas, así como de distribución restringida a algunas o sólo una de éstas. En común para las cuatro se registraron cinco taxones (la familia Chironomidae, y los géneros *Heterelmis*, *Huleechius*, *Physa* y *Simulium*).

**Tabla 5.** Macroinvertebrados acuáticos comunes y exclusivos a cada ventana (Beltrán, Atuncela, Filandia y La Cocha).

Taxón	Beltrán	Atuncela	Filandia	La Cocha
<i>Anacroneuria</i>		X	X	
Ancylidae s.d.	X			
<i>Andesiops</i>				X
<i>Argia</i>	X	X		
<i>Atopsyche</i>		X	X	X
<i>Austrolimnius</i>				X
Baetidae s.d.	X			
<i>Baetodes</i>			X	X
<i>Belostoma</i>	X			
<i>Biomphalaria</i>	X			X
<i>Brechmorhoga</i>	X	X	X	
<i>Camelobaetidius</i>		X		
Carabidae s.d.		X		
<i>Chelifera</i>			X	X
<i>Chimarra</i>	X	X		
Chironomidae s.d.	X	X	X	X
<i>Contulma</i>				X
<i>Corydalus</i>	X	X	X	
<i>Coryphaeschna</i>				X
<i>Cryphocricos</i>	X	X		
<i>Culoptila</i>			X	
<i>Dryops</i>		X		
<i>Dugesia</i>			X	
<i>Elmoparnus</i>			X	
<i>Farrodes</i>		X		
Glossiphoniidae s.d.				X
<i>Gyretes</i>			X	
Haplotaxida s.d.		X	X	X
<i>Helicopsyche</i>	X	X	X	
<i>Helisoma</i>		X		
<i>Hemerodromia</i>		X		
<i>Hetaerina</i>		X	X	
<i>Heterelmis</i>	X	X	X	X
<i>Hexanchorus</i>		X		
<i>Hexatoma</i>				X
<i>Huleechius</i>	X	X	X	X

<i>Hyaella</i>				X
<i>Hydraena</i>				X
Hydrobiidae s.d.	X			
Hydrophilidae s.d.	X			
<i>Hydroptila</i>		X		X
<i>Lachlania</i>		X		
<i>Leptohyphes</i>	X	X	X	
<i>Leptonema</i>	X	X	X	
Limnichidae s.d.		X		
<i>Limnocois</i>	X			
<i>Limnophora</i>			X	
<i>Limonia</i>		X	X	
<i>Limonicola</i>			X	
<i>Lymnaea</i>				X
<i>Macrelmis</i>	X	X	X	
<i>Mayobaetis</i>			X	
<i>Melanooides</i>		X		
<i>Metrichia</i>			X	X
<i>Microcyloopus</i>	X			
<i>Molophilus</i>	X			X
<i>Nectopsyche</i>			X	X
<i>Odontomyia</i>	X			
<i>Oecetis</i>			X	
<i>Oxyethira</i>				X
<i>Paravelia</i>				X
<i>Petrophila</i>		X	X	
<i>Phanocerus</i>			X	
<i>Pharceonus</i>		X		
<i>Phylloicus</i>		X		
<i>Physa</i>	X	X	X	X
<i>Polythore</i>			X	
<i>Probezzia</i>		X		X
<i>Progomphus</i>	X	X		
<i>Psephenus</i>		X	X	
<i>Rhagovelia</i>	X	X	X	
Scarabaeidae s.d.		X		
<i>Scirtes</i>				X
<i>Simulium</i>	X	X	X	X
<i>Smicridea</i>	X	X	X	
Sphaeriidae s.d.		X		
Staphylinidae s.d.	X		X	X
<i>Tabanus</i>	X			
<i>Tetraglossa</i>		X	X	X
<i>Thraulodes</i>	X		X	
<i>Tipula</i>			X	
<i>Tricorythodes</i>	X		X	X

<i>Triplectides</i>		X
<i>Tropisternus</i>	X	
<i>Xenelmis</i>		X

### ***Ventana Atuncela.***

En esta ventana se registró una densidad de macroinvertebrados de 38.8 ind/min, de los cuales se identificaron 41 taxones, distribuidos en 35 Géneros, 35 Familias, 13 Órdenes, cuatro Clases y tres Fila (Annelida, Arthropoda y Mollusca) (Tabla 6). Insecta fue la Clase con mayor densidad de organismos (31.8 ind/min), seguida de Gastropoda (con 6.9 ind/min), Oligochaeta (0.06 ind/min) y Bivalvia (con 0.03 ind/min).

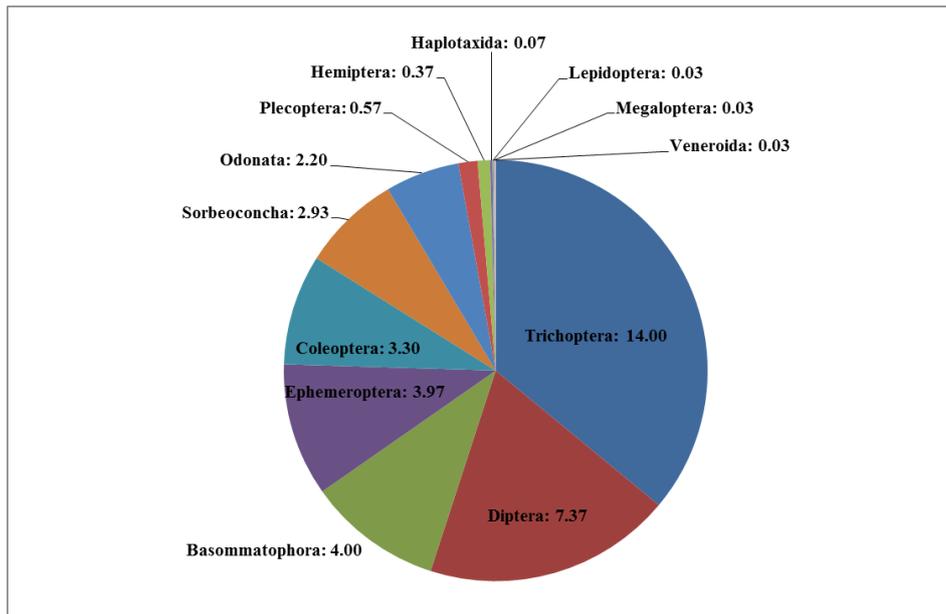
Los Órdenes más abundantes fueron Trichoptera, Diptera y Basommatophora, con densidades de 14.0, 7.3 y 4.0 ind/min, respectivamente; por el contrario, algunos de los menos representativos por sus bajas densidades fueron Hemiptera, Haplotaxida y Lepidoptera, con 0.3, 0.06 y 0.03 ind/min, respectivamente (Figura 7). Las familias Hydropsychidae (con 12.8 ind/min), Chironomidae (con 7.1 ind/min) y Physidae (con 3.9 ind/min), fueron las que presentaron las mayores densidades; otras como Simuliidae (0.13 ind/min), Naucoridae (0.06) y Gomphidae (0.03 ind/min), fueron las menos representativas (Tabla 8). El Orden Coleoptera presentó la mayor riqueza taxonómica en esta Ventana, con siete Familias y ocho Géneros. Sin embargo, la riqueza taxonómica de otros Órdenes como Trichoptera (seis familias y siete géneros) y Diptera (cinco familias y cuatro géneros) también fue alta (Tabla 6).

**Tabla 6.** Composición y densidad (ind/min) de los macroinvertebrados acuáticos registrados en los cuerpos de agua evaluados en la Ventana Atuncela. E1DQP: quebrada El Palmar. E2DRDD: río Dagua-después del pueblo. E3DQB: quebrada Bitaco. E4DRDA: río Dagua-antes del pueblo.

Filo	Clase	Orden	Familia	Taxón	E1DQP	E2DRD D	E3DQB	E4DRD A	Densidad total (ind/min)			
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	s.d.*	s.d.	0.07				0.07			
			Carabidae	s.d.	0.03				0.03			
			Dryopidae	<i>Dryops</i>	0.30					0.30		
				<i>Heterelmis</i>		0.03	0.37	0.27		0.67		
				<i>Hexanchorus</i>	0.03					0.03		
			Elmidae	<i>Huleechius</i>			0.20	0.03		0.23		
				<i>Macrelmis</i>			0.37	0.03		0.40		
					<i>Pharceonus</i>	0.03					0.03	
			Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Limnichidae	s.d.		0.03			0.03
						Psephenidae	<i>Psephenus</i>	0.03		1.37		1.40
						Ptilodactylidae	<i>Tetraglossa</i>	0.13				0.13
						Scarabaeidae	s.d.		0.03			0.03
						Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>				0.03	0.03
						Chironomidae	s.d.	1.93	4.60	0.20	0.37	7.10
						Diptera	Empididae	<i>Hemerodromia</i>	0.07			
Simuliidae	<i>Simulium</i>						0.03	0.03	0.07	0.13		
Tipulidae	<i>Limonia</i>							0.03		0.03		
Baetidae	<i>Camelobaetidius</i>						0.13	0.03		0.17		
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>					2.80	0.73	0.03	3.57		
	Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>				0.17				0.17		
	Oligoneuriidae	<i>Lachlania</i>				0.07				0.07		
Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>					0.07			0.07		
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>				0.03	0.23	0.03		0.30		

		Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	0.03			0.03	
		Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0.03			0.03	
			Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0.20	0.07	0.03	0.30	
		Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	0.13			0.13	
			Gomphidae	<i>Progomphus</i>	0.03			0.03	
			Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	0.03	0.07	1.63	1.73	
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0.10		0.47	0.57	
			Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	0.90			0.90	
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>		0.07		0.07	
			Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0.03			0.03	
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	0.10	10.27	1.97	12.33	
				<i>Smicridea</i>			0.50	0.50	
			Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>			0.13	0.13	
			Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0.03			0.03	
	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	s.d.	0.03			0.03	
			Physidae	<i>Physa</i>	2.87	0.37	0.73	3.97	
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	<i>Helisoma</i>	0.03			0.03	
		Sorbeoconcha	Thiaridae	<i>Melanoides</i>	0.80	0.80	1.33	2.93	
<b>Densidad total (ind/min)</b>					<b>4.13</b>	<b>22.50</b>	<b>9.30</b>	<b>2.93</b>	<b>38.87</b>
<b>Total taxones</b>					<b>19</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	

\*S.d. No se pudo determinar la categoría taxonómica.



**Figura 7.** Densidad de los Órdenes de macroinvertebrados registrados en la Ventana Atuncela.

En la categoría taxonómica de Género, las larvas de tricópteros de *Leptonema* presentaron la mayor densidad con 12.3 ind/min, seguidas por los los morfotipos de las larvas de Chironomidae que presentaron una densidad de 7.1 ind/min, y lo moluscos del género *Physa* con 3.9 ind/min. Por otro lado, los taxones con menor densidad son, larvas de coleópteros de *Tetraglossa* (0.13 ind/min), efemerópteros de *Lachlania* (0.06) y los moluscos de la Familia Sphaeriidae (0.03 ind/min) (Tabla 6).

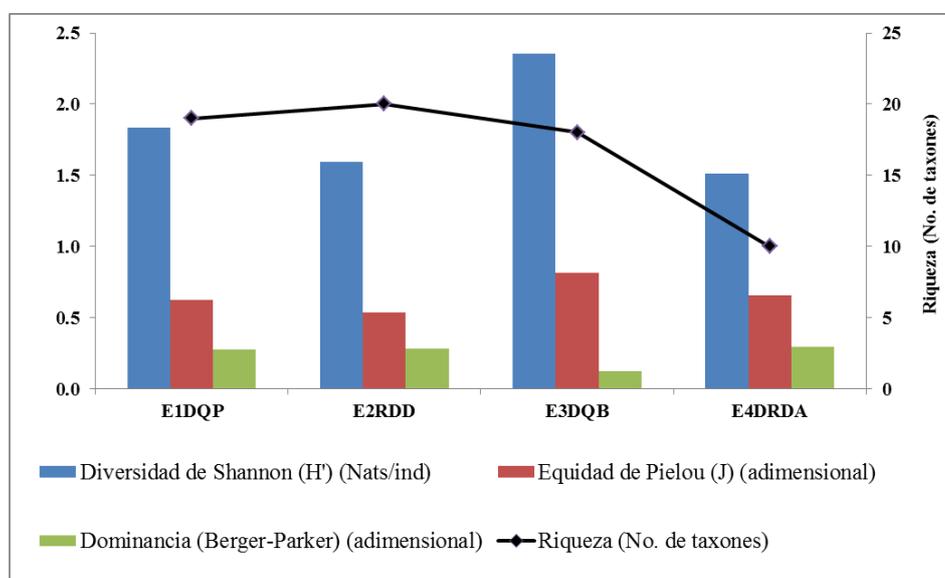
En cuanto a la densidad en los sistemas, en el río Dagua - después del pueblo (E2RDD) se registró la mayor densidad de organismos (22.5 ind/min), así como la mayor riqueza de todos los sistemas evaluados en la ventana (20 taxones).

En la quebrada El Palmar se registró una densidad de 4.13 ind/min y una riqueza de 19 taxones. En la quebrada Bitaco se obtuvo una densidad de 9.3 ind/min y riqueza de 18 taxones, mientras que en el río Dagua – antes del pueblo, se obtuvo la menor densidad (2.9 ind/min) y riqueza (10 taxones) (Tabla 6).

Los valores de los índices ecológicos calculados para la Ventana Atuncela se muestran en la Tabla 7 y Figura 8. En general, las diversidades obtenidas para los cuerpos de agua evaluados en esta ventana pueden ser consideradas entre medias-altas, en comparación con lo encontrado para las demás ventanas. Los sitios con mayor diversidad de macroinvertebrados fueron las quebradas Bitaco y El Palmar (2.4 y 1.8 nats/ind), mientras que los sitios con menor diversidad fueron los del río Dagua (con 1.6 y 1.5 nats/ind, Tabla 9). Por tal razón, la equidad se mantuvo aproximadamente constante, con valores entre 0.8 y 0.5 para todos los sistemas muestreados. Por el contrario la dominancia fue relativamente baja, con valores de 0.3 para casi todos los sitios, excepto para la quebrada Bitaco (0.1).

**Tabla 7.** Valores de los índices ecológicos calculados para la los sistemas evaluados en la Ventana Atuncela. E1DQP: quebrada El Palmar. E2DRDD: río Dagua-después del pueblo. E3DQB: quebrada Bitaco. E4DRDA: río Dagua-antes del pueblo.

Índice	Sitio			
	E1DQP	E2RDD	E3DQB	E4DRDA
Diversidad de Shannon (H') (Nats/ind)	1.8	1.6	2.4	1.5
Equidad de Pielou (J) (adimensional)	0.6	0.5	0.8	0.7
Dominancia (Berger-Parker) (adimensional)	0.3	0.3	0.1	0.3
Riqueza (No. de taxones)	19	20	18	10



**Figura 8.** Comparación de los índices ecológicos calculados para la los sistemas evaluados en la Ventana Atuncela. E1DQP: quebrada El Palmar. E2DRDD: río Dagua-después del pueblo. E3DQB: quebrada Bitaco. E4DRDA: río Dagua-antes del pueblo.

### ***Ventana Filandia.***

En esta Ventana se registró una densidad de macroinvertebrados de 32.0 ind/min, de los cuales se identificaron 40 taxones representados en 37 Géneros, 30 Familias, 12 Órdenes, cuatro Clases y cuatro Fila (Tabla 8). Arthropoda fue el Filo mejor representado, con una densidad de 37.1 ind/min, mientras que para Platyhelminthes se registró una densidad de 0.13 ind/min, para Annelida de 0.1 ind/min y para Mollusca de 0.03 ind/min.

En los cuerpos de agua evaluados, los Órdenes mejor representados fueron Diptera (11.1 ind/min), Trichoptera (8.0 ind/min) y Coleoptera (3.9 ind/min) (Figura 9). Sin embargo, este último fue el que presentó la mayor riqueza taxonómica con diez Géneros, seguido por otros como Trichoptera con ocho, Diptera con siete y Ephemeroptera con cinco Géneros (Tabla 8). Algunos de los Órdenes pobremente representados fueron Tricladida, Haplotaxida y Basommatophora, con valores de 0.13, 0.10, 0.03 ind/min, respectivamente.

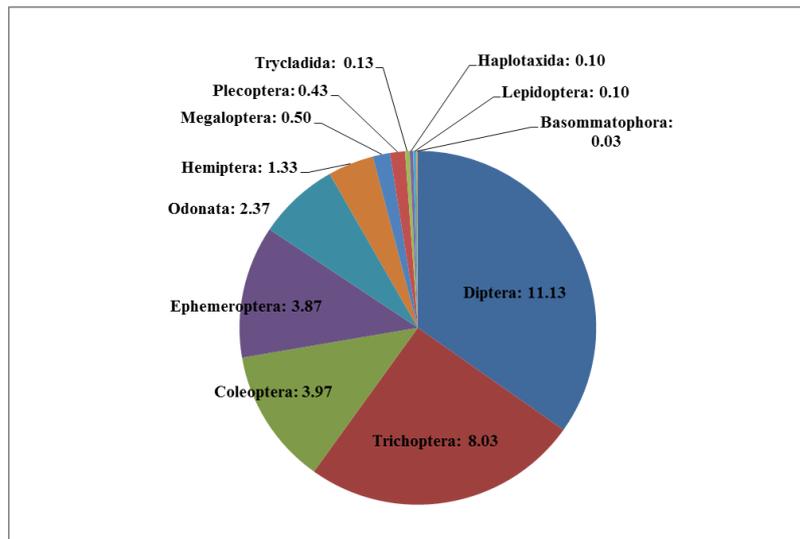
Los mayores valores de riqueza de taxones y densidad de organismos se registraron en la quebrada Boquía (31 taxones, 12.3 ind/min) y en el río Barbas-La Cabecera (24 taxones, 7.4 ind/min). Por su parte, en la quebrada Portachuelo (20 taxones, 7.2 ind/min) y el río Barbas-La Balastreira (18 taxones y 5.0 ind/min), se encontró la menor riqueza y densidad de individuos.

**Tabla 8.** Composición y densidad (ind/min) de los macroinvertebrados acuáticos registrados en los cuerpos de agua evaluados en la Ventana Filandia. E1FQB: quebrada La Boquia. E2FQP: quebrada Portachuelo. E3FRBC: río Barbas-La Cabecera. E4FRBB: río Barbas- La Balastrea.

Filo	Clase	Orden	Familia	Taxón	E1FQB	E2FQP	E3FRB C	E4FRB B	Densidad total (ind/min)			
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	s.d.*	s.d.		0.10			0.10			
			Dryopidae	<i>Elmoparnus</i>			0.20		0.20			
				<i>Heterelmis</i>	0.30	0.17	0.03		0.50			
				<i>Huleechius</i>	0.07	0.67	0.50	0.13	1.37			
			Elmidae	<i>Macrelmis</i>	0.03				0.03			
			Coleoptera		<i>Phanocerus</i>	0.03				0.03		
					<i>Xenelmis</i>		0.07	0.63		0.70		
				Gyrinidae	<i>Gyretes</i>		0.40			0.40		
				Psephenidae	<i>Psephenus</i>	0.03				0.03		
				Ptilodactylidae	<i>Tetraglossa</i>	0.03	0.17	0.13	0.03	0.37		
				Staphylinidae	s.d.	0.03	0.13	0.17		0.33		
				Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	0.23			0.10	0.33		
			Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	s.d.	6.80	0.13	0.13	0.20	7.27
						Empididae	<i>Chelifera</i>	0.03				0.03
						Muscidae	<i>Limnophora</i>	0.03				0.03
						Simuliidae	<i>Simulium</i>	0.87	0.97	0.17	1.07	3.07
						Tipulidae	<i>Limonia</i>	0.03				0.03
							<i>Tipula</i>	0.33		0.03		0.37
							<i>Baetodes</i>	0.13				0.13
Ephemeroptera	<i>Mayobaetis</i>						0.17		0.17			
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>				0.23	0.37	1.10	0.23	1.93		
	<i>Tricorythodes</i>						0.10	0.07	0.17			
Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	0.63				0.40	0.10	0.33	1.47			

		Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	0.07	0.50	0.53	0.23	1.33
		Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>		0.10			0.10
		Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0.03		0.27	0.20	0.50
			Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0.33	0.27	0.17	0.30	1.07
		Odonata	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	0.03	0.43	0.33	0.33	1.13
			Polythoridae	<i>Polythore</i>	0.03	0.10	0.03		0.17
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0.30		0.03	0.10	0.43
			Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	0.03				0.03
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0.03				0.03
			Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0.27	0.30	0.03	0.33	0.93
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	0.67	1.27	1.73	0.03	3.70
				<i>Smicridea</i>	0.27	0.60	0.73		1.60
			Hydroptilidae	<i>Metrichia</i>			0.03	0.03	0.07
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	0.13	0.13	0.03	1.23	1.53
				<i>Oecetis</i>	0.13				0.13
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>				0.03	0.03
Platyhelminthes	Turbellaria	Trycladida	Dugesiiidae	<i>Dugesia</i>	0.13				0.13
<b>Densidad total (ind/min)</b>					<b>12.33</b>	<b>7.27</b>	<b>7.40</b>	<b>5.00</b>	<b>32.00</b>
<b>Total taxones</b>					<b>31</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	

\*No se pudo determinar la categoría taxonómica.



**Figura 9.** Densidad de los Órdenes de macroinvertebrados registrados en la Ventana Filandia.

Las familias Chironomidae (7.2 ind/min), Hydropsychidae (5.3 ind/min) y Simuliidae (3.0 ind/min), fueron las más representativas, mientras que algunas como Crambidae (0.1 ind/min), Hydroptilidae (0.06 ind/min) y Empididae (0.03 ind/min) presentaron las menores densidades (Tabla 8).

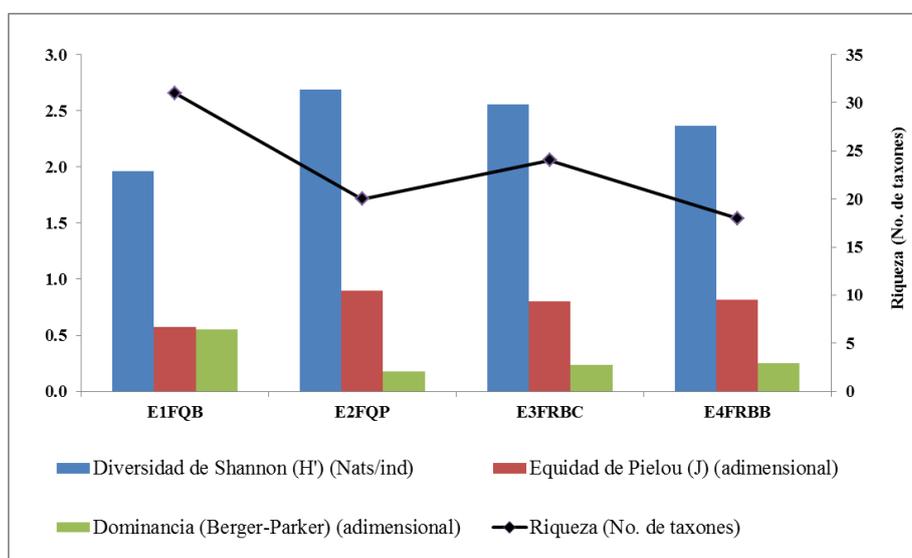
En toda la Ventana, las larvas de dípteros de la familia Chironomida fueron el taxón mejor representado, con un registro de 7.2 ind/min, seguidas por los tricópteros *Leptonema* con 3.7 ind/min, los dípteros *Simulium* con 3.06 ind/min y los efemerópteros *Leptohyphes* con 1.9 ind/min. Por el contrario, entre algunos de los taxones con menor densidad de organismos estuvieron *Petrophila*, *Metrichia* y *Chelifera*, con 0.1, 0.06 y 0.03 ind/min, respectivamente (Tabla 8).

Los valores de los índices ecológicos calculados para la Ventana Filandia se muestran en la Tabla 9 y la Figura 10. En general, se encontraron valores de diversidad que pueden ser considerados como altos en comparación con lo registrado para las otras ventanas. Los sitios con mayor diversidad de macroinvertebrados fueron la quebrada Portachuelo y el río Barbas-La Cabecera (2.7, y 2.6 nats/ind., respectivamente); mientras que los sistemas con menor diversidad fueron el río Barbas-La Balastrea y la quebrada Boquía (2.4 y 2.0 nats/ind., respectivamente). Aunque la equidad fue heterogénea, los valores de este descriptor fueron superiores a 0.5 para todos los sistemas muestreados. Para la

dominancia se encontraron valores bastante homogéneos (0.2 en tres sitios), siendo alta únicamente en La Boquía (0.6).

**Tabla 9.** Valores de los índices ecológicos calculados para los sistemas evaluados en la Ventana Filandia. E1FQB: quebrada La Boquía. E2FQP: quebrada Portachuelo. E3FRBC: río Barbas-La Cabecera. E4FRBB: río Barbas- La Balastrera.

Índice	Sitio			
	E1FQB	E2FQP	E3FRBC	E4FRBB
Diversidad de Shannon (H') (Nats/ind)	2.0	2.7	2.6	2.4
Equidad de Pielou (J) (adimensional)	0.6	0.9	0.8	0.8
Dominancia (Berger-Parker) (adimensional)	0.6	0.2	0.2	0.2
Riqueza (No. de taxones)	31	20	24	18



**Figura 10.** Comparación de los valores de los índices ecológicos calculados para los sistemas evaluados en la Ventana Filandia. E1FQB: quebrada La Boquía. E2FQP: quebrada Portachuelo. E3FRBC: río Barbas-La Cabecera. E4FRBB: río Barbas- La Balastrera.

### ***Ventana La Cocha.***

En los cuatro sitios (o estaciones) evaluados dentro de esta ventana se obtuvo una densidad total de macroinvertebrados de 29.3 ind/min, distribuidos taxonómicamente en 27 Géneros, 23 Familias, 10 Órdenes, cinco Clases y tres Fila (Tabla 10). Arthropoda fue el Filo mejor representado (27.0 ind/min), seguido de Annelida (1.97) y Mollusca (0.26 ind/min). La Clase Insecta registró la mayor densidad (26.7 ind/min), y las menores se

encontraron para Oligochaeta (1.8 ind/min), Gastropoda (0.3 ind/min), Malacostraca (0.3 ind/min) y Clitellata (0.1 ind/min).

En la categoría taxonómica de Orden, Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera fueron los más representativos en esta ventana, con densidades de 18.7, 3.6 y 2.3 ind/min, respectivamente. Mientras tanto, algunos de los que presentaron menor densidad fueron Basommatophora, Rynchobdella y Odonata, con valores de 0.27, 0.13 y 0.03 ind/min (Figura 11). De manera similar, las familias más representativas por su densidad fueron Chironomidae (16.5 ind/min), Elmidae (3.4) y Baetidae (2.3 ind/min); contrariamente, entre las familias con menor densidad están Lymnaeidae (0.2 ind/min), Hydrobiosidae (0.1) y Veliidae (0.03 ind/min).

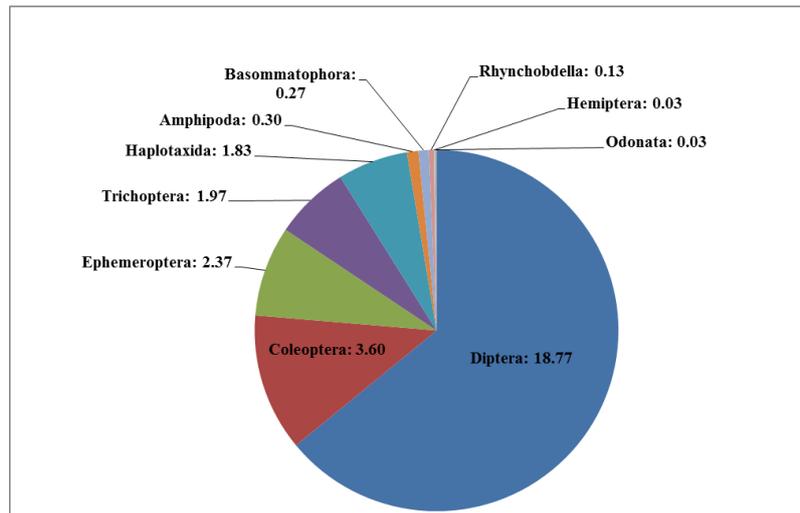
En toda la ventana, Coleoptera y Trichoptera fueron los órdenes con mayor riqueza taxonómica al registrar cinco familias y ocho taxones cada uno; otros órdenes que aportaron alta riqueza fueron Diptera (cinco familias y siete taxones) y Ephemeroptera (dos familias y tres taxones). Adicional a las larvas de mosquitos de la familia Chironomidae -que fue el taxón con mayor densidad (16.53 ind/min) en la ventana-, otros taxones con densidades representativas fueron los coleópteros del género *Heterelmis* (2.93 ind/min) y los efemerópteros del género *Andesiops* (2.23 ind/min). De manera inversa, entre los taxones con menor densidad figuran los tricópteros *Oxyethira* (0.13), los dípteros *Hexatoma* (0.10) y los efemerópteros *Tricorythodes* (0.03 ind/min) (Tabla 10).

**Tabla 10.** Composición y densidad (ind/min) de los macroinvertebrados acuáticos registrados en los cuerpos de agua evaluados en la ventana La Cocha. E1CRG: río Guamuéz. E2CRE: río El Estero. E3CRES: río El Esterillo. E4CRL: río La Lorianana.

Filo	Clase	Orden	Familia	Taxón	E1CRG	E2CRE	E3CRES	E4CRL	Densidad total (ind/min)		
Annelida	Clitellata	Rhynchobdella	Glossiphoniidae	s.d.*		0.13			0.13		
		Oligochaeta	Haplotaxida	s.d.	0.07	1.50	0.13	0.13	1.83		
							0.07	0.33	0.40		
				Elmidae	<i>Heterelmis</i>		0.20	1.63	1.10	2.93	
					<i>Huleechius</i>			0.13	0.13		
				Hydraenidae	<i>Hydraena</i>				0.03	0.03	
					s.d.				0.00		
				Ptilodactylidae	<i>Tetraglossa</i>			0.03		0.03	
					<i>Scirtes</i>			0.03		0.03	
				Staphylinidae	s.d.		0.03			0.03	
Arthropoda	Insecta		Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>			0.43	0.27	0.10	0.80	
			Chironomidae	s.d.	14.60	0.53	0.47	0.93	16.53		
				Empididae	<i>Chelifera</i>				0.03	0.03	
				Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>			0.40	0.43	0.83
						<i>Hexatoma</i>				0.10	0.10
					Tipulidae	<i>Limonia</i>					0.00
						<i>Molophilus</i>		0.10	0.23	0.13	0.47
						<i>Andesiops</i>		1.27	0.97		2.23
					Baetidae	<i>Baetodes</i>				0.10	0.10
				Ephemeroptera	Leptohiphidae	<i>Tricorythodes</i>				0.03	0.03
			Hemiptera	Veliidae				0.03	0.03		
			Odonata	Aeshnidae					0.03		
			Trichoptera	Anomalopsychidae				0.03	0.03		
				<i>Contulma</i>					0.03		

			Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>		0.03		0.10	0.13
				<i>Hydroptila</i>	0.03				0.03
			Hydroptilidae	<i>Metrichia</i>				0.03	0.03
				<i>Oxyethira</i>	0.13				0.13
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>			0.10	1.27	1.37
				<i>Triplectides</i>		0.20		0.03	0.23
			Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>					0.00
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>		0.20		0.10	0.30
			Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	0.20				0.20
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>		0.03			0.03
			Planorbidae	<i>Biomphalaria</i>	0.03				0.03
<b>Densidad total (ind/min)</b>					<b>15.10</b>	<b>4.67</b>	<b>4.33</b>	<b>5.20</b>	<b>29.30</b>
<b>Total taxones</b>					<b>7</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	

\*S.d. No se pudo determinar la categoría taxonómica.



**Figura 11.** Densidad (ind/min) de los órdenes de macroinvertebrados registrados en la ventana La Cocha.

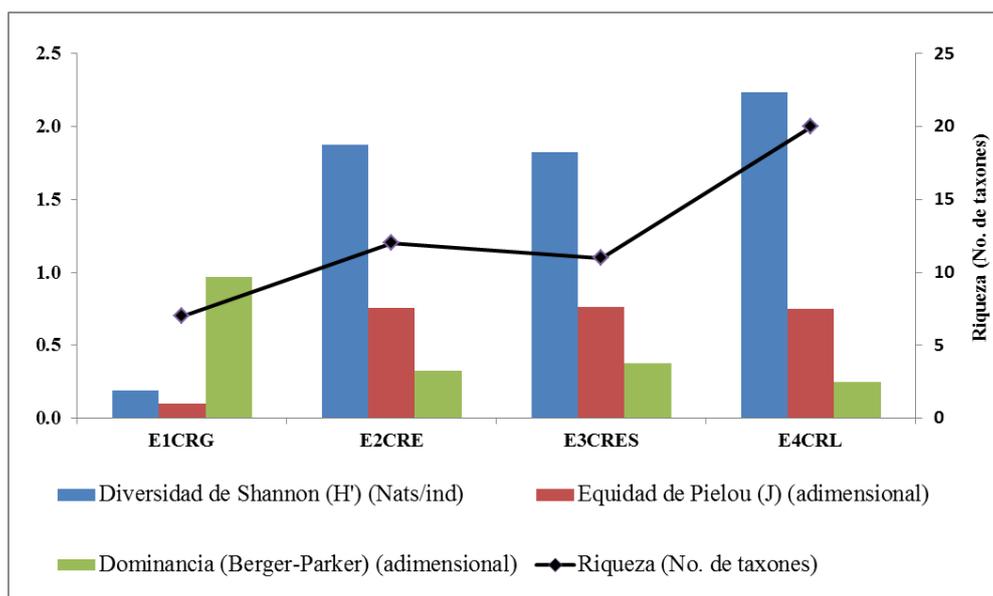
En los ríos Guamuéz (15.1 ind/min) y La Lorianana (5.2 ind/min) se registró la mayor densidad de organismos, aunque el menor y mayor valor de riqueza (siete taxones en el Guamuéz y 20 en la Lorianana). Por el contrario, los ríos Estero y Esterillo, fueron los sitios con menor densidad (4.67 y 4.63 ind/min, respectivamente) y valores intermedios de riqueza (Tabla 10).

Otros taxones que mostraron alta frecuencia de aparición en la Ventana fueron los coleópteros *Heterelmis*, y los dípteros *Probezzia* y *Molophilus*, todos ellos registrados en tres de los sistemas evaluados (Tabla 10)

El mayor valor de diversidad se obtuvo en el río La Lorianana (2.2 nats/ind), en el río El Estero (1.9) y en El Esterillo (1.8 nats/ind); mientras tanto, en el río Guamuéz se registró la diversidad más baja (0.2 nats/ind) (Tabla 11 y Figura 12). De manera similar, la mayor equidad se observó en el Estero y El Esterillo (0.8), y en La Lorianana (0.7). Y la dominancia más alta se reportó en el río Guamuéz (con 1.0).

**Tabla 11.** Valores de los índices ecológicos calculados para los sistemas evaluados en la Ventana La Cocha. E1CRG: río Guamuéz. E2CRE: río El Estero. E3CRES: río El Esterillo. E4CRL: río La Lorianana.

Índice	Sitio			
	E1CRG	E2CRE	E3CRES	E4CRL
Diversidad de Shannon (H') (Nats/ind)	0.2	1.9	1.8	2.2
Equidad de Pielou (J) (adimensional)	0.1	0.8	0.8	0.7
Dominancia (Berger-Parker) (adimensional)	1.0	0.3	0.4	0.2
Riqueza (No. de taxones)	7	12	11	20



**Figura 12.** Comparación de los índices ecológicos calculados para los sistemas evaluados en la Ventana La Cocha. E1CRG: río Guamuéz. E2CRE: río El Estero. E3CRES: río El Esterillo. E4CRL: río La Lorianana.

### ***Ventana Beltrán.***

En esta Ventana se registró una densidad total de macroinvertebrados de 6.8 ind/min, siendo éste el menor valor entre las cuatro Ventanas evaluadas. Un total de 32 taxones fueron identificados, organizados en 26 Géneros, 25 Familias, ocho Órdenes, dos Clases y dos Fila (Tabla 12). De manera similar a lo observado en las demás Ventanas, el Filo Arthropoda fue el mejor representado, al contener casi la totalidad de la densidad de macroinvertebrados con 6.26 ind/min, mientras que Mollusca presentó 0.53 ind/min.

En general, para los tres sitios evaluados en esta Ventana, los insectos de los Órdenes Diptera, Coleoptera y Ephemeroptera fueron los más sobresalientes en cuanto a densidad, con valores de 2.1, 1.0 y 0.7 ind/min (Figura 13). La mayor riqueza taxonómica se observó

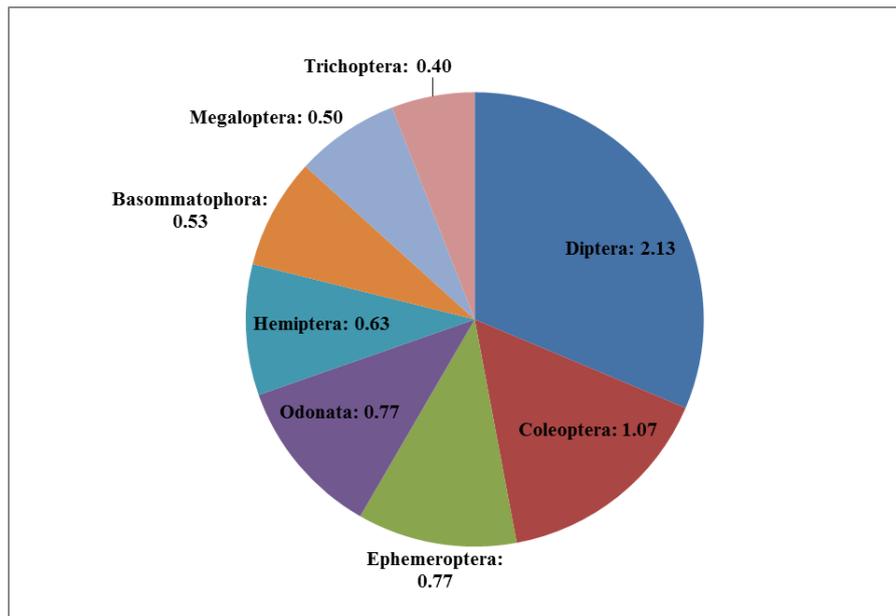
para Coleoptera con siete taxones y Diptera con cinco. Por su parte, algunos Órdenes como Megaloptera, Odonata y Trichoptera, estuvieron pobremente representados, con densidades de tan sólo 0.7, 0.5 y 0.4 ind/min.

Las Familias Chironomidae, Libellulidae y Elmidae fueron las más representativas en densidad, con valores de 1.9, 0.7 y 0.6 ind/min, respectivamente; por otro lado, algunas como Tabanidae, Tipulidae y Ancyliidae, estuvieron entre las que presentaron las menores densidades de organismos, con valores de 0.1, 0.06 y 0.03 ind/min (Tabla 12).

**Tabla 12.** Composición y densidad (ind/min) de los macroinvertebrados acuáticos registrados en los cuerpos de agua evaluados en la Ventana Beltrán. E1BQCU: quebrada Calacuta. E2BQCA: quebrada Calacala. E3BRSP: río Seco-Las Palmas.

Filo	Clase	Orden	Familia	Taxón	E1BQCU	E2BQCA	E3BRSP	Densidad total (ind/min)
				<i>Heterelmis</i>			0.10	0.10
			Elmidae	<i>Huleechius</i>			0.20	0.20
				<i>Macrelmis</i>			0.07	0.07
		Coleoptera		<i>Microcylloepus</i>		0.07	0.17	0.23
			Hydrophilidae	s.d.*	0.03	0.17	0.07	0.27
				<i>Tropisternus</i>		0.03		0.03
			Staphylinidae	s.d.		0.03	0.13	0.17
			Chironomidae	s.d.	0.27	1.53	0.10	1.90
			Simuliidae	<i>Simulium</i>			0.03	0.03
		Diptera	Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>		0.03		0.03
			Tabanidae	<i>Tabanus</i>			0.10	0.10
Arthropoda	Insecta		Tipulidae	<i>Molophilus</i>		0.07		0.07
			Baetidae	s.d.			0.03	0.03
		Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>		0.10	0.10	0.20
				<i>Tricorythodes</i>		0.03		0.03
			Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>		0.40	0.10	0.50
			Belostomatidae	<i>Belostoma</i>			0.03	0.03
				<i>Cryphocricos</i>			0.10	0.10
		Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocois</i>			0.07	0.07
			Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	0.40	0.03		0.43
		Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0.10	0.07	0.33	0.50
			Coenagrionidae	<i>Argia</i>		0.03		0.03
		Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus</i>			0.03	0.03

			Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	0.07	0.50	0.13	0.70
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	0.03			0.03
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	0.03		0.03	0.07
			Philopotamidae	<i>Chimarra</i>		0.23		0.23
			Ancylidae	s.d.	0.03			0.03
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Hydrobiidae	s.d.			0.03	0.03
			Physidae	<i>Physa</i>	0.23		0.03	0.27
			Planorbidae	<i>Biomphalaria</i>	0.20			0.20
<b>Densidad total (ind/min)</b>					<b>1.40</b>	<b>3.33</b>	<b>2.00</b>	<b>6.73</b>
<b>Total taxones</b>					<b>10</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	



**Figura 13.** Densidad de los Órdenes de macroinvertebrados registrados en la Ventana Beltrán.

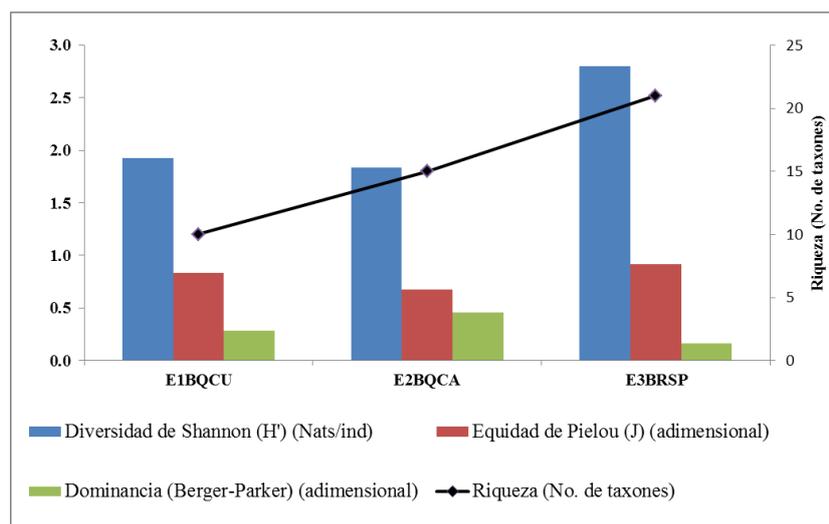
Las larvas de dípteros de la familia Chironomidae constituyeron el taxón más numeroso, con una densidad de 1.9 ind/min, siendo también representativos los odonatos *Brechmorhoga* y los megalópteros *Corydalus* con 0.7 y 0.5 ind/min, respectivamente. Entre algunos de los taxones con mayor escasez de organismos estuvieron *Tabanus* (0.1 ind/min), *Leptonema* (0.06 ind/min) y Ancyliidae (0.03 ind/min).

En cuanto a la densidad total por sistema, en la quebrada Calacala se obtuvo el mayor registro (3.3 ind/min), y el valor intermedio de riqueza taxonómica (15 taxones). En río Seco-Las Palmas se encontró la mayor riqueza (20 taxones), mientras que en la quebrada Calacuta se encontró la menor (10 taxones).

En los tres cuerpos de agua evaluados se observaron valores de diversidad superiores a 1.8 nats/ind, siendo el más alto el de río Seco-Las Palmas (2.8 nats/ind) y el más bajo el de Calacala (1.8 nats/ind) (Tabla 13 y Figura 14). La equidad mostró un comportamiento bastante similar al de la diversidad, por lo que los sitios anteriormente mencionados como los más diversos, fueron también los más equitativos. Para la quebrada Calacala se registró la mayor dominancia (0.5), mientras que el menor valor para este descriptor se registró en río Seco-Las Palmas (Tabla 13 y Figura 14).

**Tabla 13.** Valores de los índices ecológicos calculados para los sistemas evaluados en la Ventana Beltrán. E1BQCU: quebrada Calacuta. E2BQCA: quebrada Calacala. E3BRSP: río Seco-Las Palmas.

Índice	Sitio		
	E1BQCU	E2BQCA	E3BRSP
Diversidad de Shannon (H') (Nats/ind)	1.9	1.8	2.8
Equidad de Pielou (J) (adimensional)	0.8	0.7	0.9
Dominancia (Berger-Parker) (adimensional)	0.3	0.5	0.2
Riqueza (No. de taxones)	10	15	21



**Figura 14.** Comparación de los valores de los índices ecológicos calculados para los sistemas evaluados en la Ventana Beltrán. E1BQCU: quebrada Calacuta. E2BQCA: quebrada Calacala. E3BRSP: río Seco-Las Palmas.

## DISCUSIÓN

### Macroinvertebrados

El estudio de la variación espacial de la distribución, la abundancia y la composición de especies en una comunidad es relevante en la explicación de la diversidad y de los procesos ecológicos como la sucesión, la colonización, la diferenciación de nicho y la competencia (Brown *et al.*, 2001).

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentan cambios en su estructura ecológica como respuesta a variaciones espaciales y temporales. Estas variaciones son la respuesta del acoplamiento y a la tolerancia de las especies a los cambios en las diferentes condiciones abióticas (físicas, químicas, climáticas) y a las relaciones biológicas (disponibilidad de recursos alimenticios, depredación, competencia, etc.) que surgen en un espacio de tiempo definido. Dentro del conjunto de variables abióticas que influyen los cambios en las comunidades de macroinvertebrados se encuentran las físicas y las químicas (ej., temperatura, conductividad eléctrica, sólidos, concentración de oxígeno disuelto, pH, etc.); y otras como los patrones de flujo de la corriente y los tipos de sustrato, al igual que la diversidad y disponibilidad de microhábitats (Closs *et al.*, 2004; Jacobsen *et al.*, 2003; Vannote *et al.*, 1980).

En ríos y quebradas tropicales, la heterogeneidad del hábitat —entendida como la sumatoria de variables bióticas y abióticas y su compleja red de interacciones tales como cobertura vegetal ribereña, variedad de microhábitats, diversidad y disponibilidad de alimento, sustratos, entre otras—, contribuye a la alta abundancia y diversidad de macroinvertebrados (Bispo *et al.*, 2006; Buss *et al.*, 2004). El régimen de pluviosidad es otro de los factores que afecta de manera considerable la abundancia y la diversidad. El aumento en el caudal de los ríos, producto del incremento de la pluviosidad, causa inestabilidad en los sustratos que restringe la capacidad de agarre de los organismos, la obtención de refugio ante depredadores, la construcción de casas larvales (en algunos grupos) y la deposición de huevos, entre otros (Minshall, 1984). Por ejemplo, en un río de montaña en Ecuador al comparar dos periodos hidrológicos contrastantes (altas y bajas precipitaciones), Jacobsen & Encalada (1998) encontraron mayor abundancia y diversidad de macroinvertebrados durante los regímenes de bajas lluvias, atribuyendo dichos resultados a los sucesos mencionados anteriormente.

Las hipótesis anteriores pueden explicar los altos valores de diversidad encontrados en algunos de los sistemas evaluados, como en la ventana Filandia, particularmente en la quebrada portachuelos. Este cuerpo de agua presenta hábitats bastante heterogéneos, con buena oferta de mesohábitats (comprendidos por zonas de rápidos, pozas, salpicaduras, caídas de agua sobre rocas) y de sustratos (rocas, cantos, gravas, arenas, hojarasca, troncos, ramas, etc.), así como amplias franjas de cobertura vegetal ribereña que aportan constantemente recursos que son aprovechados por diferentes grupos de macroinvertebrados.

Los resultados contrarios obtenidos en ventanas como Dagua, en donde algunos cuerpos de agua presentaron los menores valores de diversidad, están influenciados principalmente por el desmejoramiento en las condiciones de hábitat de los sistemas, como producto de factores de estrés ambiental relacionados con el alto grado de intervención antrópica.

También, Černá (2010), encontró que la ubicación geográfica de un sistema acuático influye en la composición de especies, en la composición del sustrato del lecho y en los cambios de las variables químicas. Igualmente halló una relación entre la hidrodinámica de un sistema y el gradiente en las características bióticas y abióticas tanto a nivel espacial como temporal.

Es difícil en la literatura disponible encontrar rangos de valores de diversidad para la comunidad bentónica. Para España, Margalef (1983) registra valores entre 2.0 y 3.0 bits/ind (1.4 y 2.1 nats/ind) y menos frecuentemente entre 0.6 y 3.8 bits/ind (0.4 y 2.7 nats/ind) para comunidades de este tipo. El mismo autor, en 1982, estableció que valores menores de 1 bit (0.7 nats) corresponden a aguas contaminadas, entre 1 y 3 bits/ind (0.7 y 2.1 nats/ind) a aguas medianamente contaminadas y mayores que 5 bits/ind (4.4 nats/ind) a aguas claras. Aunque este rango fue seguido inicialmente por varios investigadores colombianos, su uso ha sido abandonado progresivamente. Weber (1973) registra valores entre 3 y 4 bits/ind (2.1 y 2.8 nats/ind) como indicativos de aguas limpias. En Antioquia, más propiamente en 17 quebradas del Parque Natural Piedras Blancas, Posada, Roldán y Ramírez (2000) encontraron valores de diversidad entre 1.5 y 2.7 nats/ind con un valor medio de 2.2 nats/ind.

En Colombia estos índices han sido utilizados por varios investigadores con una precisión relativamente buena en lo que se refiere a bioindicación. No obstante, aunque estos índices se consideran de aplicación universal, en los trópicos, y en particular en esta investigación, sus resultados deben interpretarse cuidadosamente, ya que los valores de los diferentes índices, sean altos o bajos, más que asociarse con contaminación o con sistemas de aguas limpias, se deben relacionar con la variabilidad climática, con las condiciones físicas y químicas y con el régimen pluviométrico de cada Ventana.

Heino (2011) encontró altas diversidades en zonas donde las temperaturas eran cálidas y el régimen pluviométrico era bajo. Este patrón permite una mayor oferta de hábitats a ser colonizados, así como una mayor concentración de nutrientes, que facilita una alta fertilidad, que aumenta la diversidad y reduce el estrés por nutrientes (Arita & Rodríguez, 2004). Así mismo, la teoría que relaciona la productividad y la estabilidad climática, sostiene que si un área mantiene por mucho tiempo niveles altos de productividad, existe mayor cantidad de recursos para ser repartidos entre un número mayor de especies (Harrison *et al.*, 1992). Arellano & Halffter (2003) proponen que la estabilidad climática sin cambios drásticos en las condiciones físicas y químicas dentro de un sistema, suministran energía constante al sistema y la velocidad evolutiva aumenta; en consecuencia, los procesos de especialización no se interrumpen y la diversidad tiende a ser mayor.

De manera similar a lo encontrado en sistemas acuáticos evaluados en otras ventanas de la región Andina (como Rionegro y Paipa), en los sistemas evaluados de las ventanas Dagua y Filandia, las larvas de dípteros de Chironomidae constituyeron uno de los taxones con mayor densidad de organismos y frecuencia de ocurrencia. La prevalencia de las larvas de Chironomidae se debe que pueden ser encontradas en diferentes mesohábitats como zonas de rápidos y pozas, así como en diferentes tipos de sustratos de tipo vegetal (hojarasca, troncos, ramas, raíces sumergidas) y rocoso (rocas, cantos, gravas, arenas), siendo más abundantes en sitios con alta carga de materia orgánica en descomposición (la cual constituye su principal componente alimenticio). En general, algunos géneros de Chironomidae, son indicadores de aguas medianamente contaminadas y contaminadas, ya que pueden soportar bajas concentraciones de oxígeno debido a que algunos contienen hemoglobina en su hemolinfa, lo que les permite tener un mejor transporte de oxígeno (Paggi, 2009; Roldán, 1988); sin embargo, en Colombia el

conocimiento taxonómico, ecológico, fisiológico y de rasgos funcionales de estos grupos es incipiente, desconociéndose con certeza la bioindicación de esta familia y de los taxones que la componen.

La entrada de material particulado al cauce de algunos sistemas como la quebrada Portacheulos (ventana Filandia), río Dagua-después del pueblo y quebrada Bitaco (ventana Atuncela), conformada por partículas de materia orgánica fina (**PMOF**) y en menor grado de (**PMOG**), también favorece disponibilidad de recursos alimenticios para individuos de hábitos filtradores y recolectores como lo son las larvas de tricópteros del género *Leptonema*, ya que la materia orgánica es aprovechada por estas larvas como su principal recurso alimenticio. De igual manera, estos sistemas cuentan con disponibilidad de recursos abióticos (granos de arena, pequeñas rocas) para que dichas larvas construyen sus refugios larvales con piedrecitas, granos de arena y material vegetal, el cual incorporan a la red de seda en donde recolectan las partículas de materia orgánica, e incluso otros invertebrados acuáticos derivantes que quedan atrapados en la red (Holzenthal *et al.* 2007, McCafferty 1998, Wiggins 1996). Según Roldán (1988), estas larvas son indicadoras de aguas medianamente contaminadas.

## CONCLUSIÓN

El número de taxones que se comparten entre las cuatro ventanas fue muy bajo, a pesar que todas las ventanas se encuentran en la denominada región andina y a que la mayoría de sustratos, independientemente de la ventana, están constituidos principalmente por rocas. Posiblemente la formación del paisaje, las condiciones ambientales de cada ventana y las barreras físicas, tales como las cadenas de montañas, impiden la dispersión de muchos taxones, y al mismo tiempo moldean la composición de la biota acuática. Reflejando así la heterogeneidad ambiental, representa en hábitats muy diversos que permiten la colonización y establecimiento de diferentes formas y estrategias de vida.

## REFERENCIAS

- Alcaldía Municipal de Pasto. 2004. Resumen ejecutivo agenda ambiental del municipio de Pasto. San Juan de Pasto. Pp. 74.
- Arita H. & Rodríguez P. 2004. Local-regional relationships and the geographical distribution of species. *Global Ecology and Biogeography* 13: 15–21.
- Arellano L. & Halffter G. 2003. Gamma diversity: derived from and a determinant of alpha diversity and beta diversity. An analysis of three tropical landscapes. *Acta Zoologica Mexicana* 90: 27-76.
- Bispo PC, Oliveira LG, Bini LM, Sousa KG. 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2B): 611-622.
- Brown J., Morgan S., Parody E. & Haskell J. 2001. Regulation of diversity: maintenance of species richness in changing environments. *Oecologia* 126:321–332.
- Buss DF, Baptista DF, Nessimian JL, Egler M. 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 518: 179-188.
- Černá K. 2010. Spatial variability and ecology of phytobenthic algal assemblages in peat bogs. Tesis doctoral Charles University in Prague. 97 pp.
- Charles D., Acker F., Hart D., Reimer C. & Cotter P. 2006. Large-scale regional variation in diatom-water chemistry relationships: Rivers of the eastern United States. *Hydrobiologia* 561: 27 –57.
- Closs G, Downes, Boulton A. 2004. Freshwater ecology, a scientific introduction. Victoria (Australia): Blackwell Publishing.
- Domínguez E., Molineri C., Pescador M., Hubbard M. & Nieto C. 2006. Ephemeroptera de América del Sur. *En: Adis J., Arias J.R., Rueda-Delgado G. & Wantzen K.M. (eds.). Biodiversidad Acuática en América Latina. Vol 2. Sofia (Bulgaria): Pensoft Publishers. 646 pp.*
- Domínguez E. & Fernández H. (eds.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. 656 pp.
- Harrison S., Ross S. & Lawton J. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology* 61: 151- 158.
- Heino J. 2011. A macroecological perspective of diversity patterns in the freshwater realm. *Freshwater Biology* 56: 1703–1722.

- Holzenthal RW, Blahnik RJ, Prather AL, Kjer KM. 2007. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa*, 1668: 639-698.
- IGAC. 1996. Suelos del departamento del Quindío. Bogotá D.C.
- Jacobsen D, Encalada A. 1998. The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian high-land streams in the wet and dry season. *Archiv für Hydrobiologie*, 142: 53-70.
- Jacobsen D, Rostgaard S, Vásconez J.J. 2003. Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency? *Freshwater Biology* 48: 2025-2032.
- Machado T. & Rincón J. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias y Naturales. Medellín. p. 274.
- Margalef R. 1980. La biosfera: entre la termodinámica y el juego. Omega. 236 p.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega, Barcelona. 1010 p.
- McAleece N. 1997. BioDiversity Professional version 2. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science.
- McCafferty WP. 1998. Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Boston (U.S.A.): Jones and Bartlett Publishers. p. 450.
- Merritt R., Cummins K. & Berg M. (eds.). 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. Fourth edition. Dubuque (U.S.A.): Kendall/Hunt Publishing Company. 1158 pp.
- Minshall GW. 1984. Chapter 12, Aquatic insect-substratum relationships. En: Resh VH, Rosenberg DV (eds.). *The ecology of aquatic insects*. New York (U.S.A.): Praeger Publishers.
- Paggi AC. 2009. Capítulo 13: Diptera Chironomidae. En: Domínguez E, Fernández HR (eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. p. 656.
- Posada J., Roldán G. & Ramírez J. J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 48: 59-70.
- Posada-García J. & Roldán-Pérez G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-occidente de Colombia. *Caldasia*. 25 (1): 169-192.
- Ramírez A. 2010. Capítulo 2: Métodos de recolección. En: Springer M, Ramírez A, Hanson P (eds.). *Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. Revista de Biología Tropical*. 58(4): 41-50.

Roldán G. (ed.). 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá Fondo FEN - Colombia. 217 pp.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137.

Wantzen K. & Rueda G. 2009. Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. *En: Domínguez E. & Fernández H.R. (eds.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología.* Tucumán (Argentina): Fundación Miguel Lillo. 656 pp.

Wiggins G. 1996. Larvae of the North America caddisfly genera (Trichoptera). Second Edition. Toronto (Canada): University of Toronto Press. 457 pp.