

Macroinvertebrados Acuáticos del Ramal de Calderas, Andes de Venezuela

Authors: López Ordaz, Adriana, Martín, Ricardo, and Ortaz, Mario

Source: Rapid Assessment of the Biodiversity of the Ramal Calderas, Venezuelan Andes: 59

Published By: Conservation International

URL: <https://doi.org/10.1896/054.056.0112>

BioOne Complete (complete.BioOne.org) is a full-text database of 200 subscribed and open-access titles in the biological, ecological, and environmental sciences published by nonprofit societies, associations, museums, institutions, and presses.

Your use of this PDF, the BioOne Complete website, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at www.bioone.org/terms-of-use.

Usage of BioOne Complete content is strictly limited to personal, educational, and non - commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

BioOne sees sustainable scholarly publishing as an inherently collaborative enterprise connecting authors, nonprofit publishers, academic institutions, research libraries, and research funders in the common goal of maximizing access to critical research.

Capítulo 3

Macroinvertebrados acuáticos del Ramal de Calderas, Andes de Venezuela

Adriana López Ordaz, Ricardo Martín y Mario Ortaz

RESUMEN

Se realizó un inventario de los grupos de macroinvertebrados acuáticos presentes en los cuerpos de agua más representativos del Ramal de Calderas (Estado Barinas), en los Andes de Venezuela. Fueron muestreadas 16 localidades ubicadas en tres áreas focales (AF): AF-1: Sector San Ramón, que incluye el Cerro El Gobernador y Valle Encantado; AF-2: Sector Aguas Blancas, incluyendo Los Alcaravanes y AF-3: Sector Pozo Azul, que incluye el bosque de café. Se midieron algunos parámetros físico-químicos como conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), resistencia eléctrica ($\mu\Omega$), sólidos totales disueltos (ppm) y descarga hidráulica (m^3/s). Para la colecta de los macroinvertebrados se emplearon mallas de deriva, una caja para muestreo de invertebrados bentónicos y redes de mano, además se realizó una búsqueda activa de los organismos asociados a los diferentes microhábitáculos. Adicionalmente, se colectaron los crustáceos capturados en nasas del componente de ictiología. Los principales hábitáculos muestreados correspondieron a zonas de rápidos y pozos, zonas de acumulación de hojarasca, sustratos rocosos, arenosos y vegetación acuática (macrófitas y perifiton). Las aguas de estas quebradas se caracterizaron por tener una baja conductividad (4 - 86 μS), baja cantidad de sólidos totales disueltos (3,2 - 57,8 ppm), temperaturas entre los 15 y 21 $^{\circ}\text{C}$ y valores de descarga hidráulica entre 0,172 m^3/s y 0,545 m^3/s .

La comunidad de macroinvertebrados estuvo representada principalmente por insectos acuáticos, identificándose 54 familias pertenecientes a 11 órdenes: Díptera, Coleoptera, Collembola, Ephemeroptera, Heteroptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Orthoptera, Plecoptera y Trichoptera. Adicionalmente, se colectaron representantes de otros grupos: moluscos gasterópodos, crustáceos decápodos, copépodos, ostrácodos, nemátodos y platelmintos. Al comparar las áreas focales evaluadas, se observó una reducción de la riqueza y diversidad con el incremento en el nivel de intervención (deforestación principalmente), desde el AF1 hasta el AF3, por lo que resulta importante desarrollar algunos planes de conservación en estas áreas. No obstante, los índices bióticos empleados evidenciaron una buena calidad del agua en la mayoría de los cursos de agua evaluados.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas acuáticos venezolanos representan un componente importante de nuestro territorio, formados por una gran red de cauces de tamaño y extensión variable. Estos albergan una amplia variedad de organismos entre los cuales destacan los macroinvertebrados acuáticos debido a su abundancia y riqueza de especies (Pereira *et al.* 2006). Este grupo está conformado principalmente por insectos acuáticos, los cuales han sido identificados como un componente importante en la transferencia de energía dentro de la trama trófica acuática y terrestre, representando un eslabón entre las algas, los microorganismos -de los cuales se alimentan-, los peces y algunos componentes terrestres como las aves, de los cuales son presa (Rincón 2006).

Los macroinvertebrados se han utilizado como indicadores biológicos de la alteración de los ambientes acuáticos, ya que su presencia o ausencia señala algún proceso o estado del sistema en el cual habitan, que puede interferir con el uso de los recursos hídricos realizado por el hombre (Pinilla 2000). Desafortunadamente, en la región Neotropical nos enfrentamos al problema de que su alta biodiversidad es poco conocida (Pereira *et al.* 2006). Esto fue constatado por Hurlbert *et al.* (1981, citado por Roldán 1996) en una extensa revisión bibliográfica sobre estudios que se han realizado en Suramérica, encontrando trabajos principalmente en el sur de Brasil, Argentina, Uruguay y Chile, por lo que su ubicación hace que pertenezcan a sistemas ecológicos bastante diferentes a los de los países del cinturón tropical. Una primera actividad para solucionar esta problemática es acumular conocimiento sobre la biodiversidad de los invertebrados acuáticos (Roldán 1996).

En Venezuela son pocos los trabajos desarrollados, destacando los de Flecker (1992), Cressa y Barrios (2002), Maldonado *et al.* (2002), Capelo *et al.* (2004), Wright y Flecker (2004), Pereira *et al.* (2006), Rincón (2006), Guerrero (2007) y Alarcón (2008), entre otros. Solo algunos de estos han evaluado la comunidad de macroinvertebrados a nivel de la cordillera andina o zonas con características similares, por lo que resulta necesario desarrollar un mayor número de investigaciones con la finalidad de completar la información existente.

La aplicación de la metodología de los AquaRAP's o Aquatic Rapid Assessment por su nombre en inglés (Chernoff y Willink 2000, citado por Pereira *et al.* 2006), ha generando una significativa cantidad de información en poco tiempo acerca de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en Venezuela y otros países neotropicales. En esta oportunidad esta metodología fue aplicada en los ecosistemas acuáticos del Ramal de Calderas. Esta zona presenta una densidad poblacional relativamente alta, siendo la siembra de café de sombra la actividad principal humana. Actualmente, ocurre una importante actividad antrópica (tala e introducción de ganado), proceso que se ha visto acelerado en los últimos años. Por estas razones, el estudio de la biodiversidad local resulta un objetivo prioritario. Generar información base para el mejor aprovechamiento de los recursos y la preservación del patrimonio natural de las futuras generaciones ha sido uno de los objetivos de este inventario de biodiversidad. En este caso específico estudiamos los grupos de macroinvertebrados acuáticos presentes en los cuerpos de agua más representativos del área de estudio, cuyos resultados se muestran a continuación.

MATERIAL Y MÉTODOS

En cada localidad se describieron los cuerpos de agua y se midieron algunos parámetros físico-químicos como temperatura (°C), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (ppm) y resistencia eléctrica ($\mu\Omega$), empleando una sonda multiparamétrica Fisher Scientific modelo 09-326-2. Adicionalmente, se midieron algunos parámetros morfométricos

como ancho (m), profundidad (m) y velocidad de corriente (m^2/s) a partir de los cuales se estimó la descarga hidráulica (m^3/s).

Para la colecta de los macroinvertebrados acuáticos se realizó una búsqueda activa de los organismos empleando diferentes captadores dependiendo de las características de los cuerpos de agua evaluados: redes de mano, mallas de deriva y caja para muestreo de insectos bentónicos. En todos los equipos utilizados, se emplearon mallas de 306 μm de abertura. Adicionalmente, se colectaron los crustáceos decápodos encontrados en las nasas utilizadas por el equipo de ictiología. El muestreo fue realizado por las mismas personas a fin de estandarizar el esfuerzo y la eficiencia de la colecta. Se muestrearon diferentes microhabitáculos tales como zonas de rápidos y pozos, zonas de acumulación de hojarasca, sustratos rocoso, arenoso y vegetación acuática (macrófitas y perifiton), con la finalidad de obtener una representación de la variabilidad espacial inherente a cada ambiente.

En las zonas de mayor velocidad superficial de corriente y con un sustrato adecuado para la fijación de las artes de colecta, se colocaron dos mallas de deriva de 0,630 m^2 de área de sección transversal, por un período de una hora. Las muestras de insectos bentónicos se tomaron con una caja de muestreo de 0,1089 m^2 de área. Esta fue colocada sobre el sustrato, el cual fue perturbado por un período de 15 segundos. Se seleccionaron de forma cualitativa dos tipos de sustratos (fino y grueso) tomando dos muestras en cada uno de ellos.

Adicionalmente, se realizó una búsqueda activa de los organismos asociados a los diferentes tipos de sustrato encontrados. Para la colecta de estos organismos se emplearon redes de mano que permitieron remover y capturar los insectos tanto del sustrato como de la vegetación, los cuales fueron separados de la hojarasca y sedimentos mediante el uso de bandejas y pinzas. Adicionalmente, en algunos casos se tomaron muestras de hojarasca, macrofitas y perifiton, las cuales fueron preservadas para su posterior revisión en el laboratorio.

Los organismos recolectados se preservaron en etanol al 70 % para su posterior análisis en el laboratorio. En el caso de los crustáceos, estos fueron inyectados con etanol al 70%. Las muestras fueron revisadas en el laboratorio empleando un microscopio estereoscópico y los organismos separados e identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible, mediante las claves de Merritt y Cummins (1984), Roldán (1996), Fernández y Domínguez (2001) y Bouchard (2004). Con los datos obtenidos con la caja de muestreo se calculó el índice de diversidad y equidad de Shannon, el índice de similitud de Morisita, el índice Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (EPT) y el índice biótico de familia (IBF) (Hilsenhoff 1988, Carrero y Fiero 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestrearon 16 localidades distribuidas en tres áreas focales (Apéndice 4); en cada una de ellas se evaluaron cuerpos de agua bastante heterogéneos (pequeños pozos de poca profun-

dididad y ríos de amplio caudal), caracterizados por presentar una gran diversidad de microhábitats que son utilizados por la comunidad de macroinvertebrados: pozos, zonas de acumulación de material vegetal, rápidos, sustratos arenosos y sustratos gruesos. En general, los cuerpos de agua presentaron valores bajos de conductividad (4 - 86 μ S), concentración de sólidos disueltos (3,2 - 57,8 ppm) y bajas temperaturas (15,5 - 21 °C), condiciones típicas de ríos de piedemonte andino (Sponseller *et al.* 2001, Bueno *et al.* 2003, Allan *et al.* 2006). Los valores de descarga oscilaron entre 0,172 m³/s en la quebrada El Molino sector bajo y 0,545 m³/s en la quebrada La Bellaca.

Efectividad del muestreo

El empleo de diferentes métodos de muestreo permitió obtener una alta riqueza de grupos (familias). En el Área Focal 1 se capturó el mayor número de grupos (64), generando esto la mayor pendiente en la gráfica (Figura 3.1). En el Área Focal 2 la pendiente disminuyó, estabilizándose a partir del sexto día, agregándose un total de 12 grupos, mientras que en el Área Focal 3 solo fue recolectado un grupo adicional alcanzando una riqueza final de 77. La tendencia observada en la gráfica sugiere que el muestreo fue bastante efectivo y representativo, al menos al nivel taxonómico empleado.

Composición de la comunidad de macroinvertebrados

De los 77 grupos reportados, la comunidad estuvo dominada en términos de riqueza y abundancia por insectos acuáticos, identificándose 11 órdenes: Díptera, Coleoptera, Collembola, Ephemeroptera, Heteroptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Orthoptera, Plecoptera y Trichoptera. Adicionalmente, se recolectaron representantes de otros grupos como moluscos gasterópodos, crustáceos decápodos, copépodos, ostrácodos, isópodos, nemátodos, nemertinos y anélidos (Apéndice 5). Este número puede ser considerado alto al compararlo con evaluaciones realizadas en otras zonas del país (Rincón 2006, Guerrero 2007, Alarcón 2008). Los altos valores de riqueza reportados son típicos de ríos de montaña, ya que estos se caracterizan por presentar una alta heterogeneidad y complejidad de hábitat, vegetación ribereña desarrollada, bajas temperaturas y altas concentraciones de oxígeno disuelto, todo lo cual favorece una alta diversidad (Baptista *et al.* 2001, Roy *et al.* 2003, Lamouroux *et al.* 2004, Pastuchová 2006). No obstante, la riqueza podría estar subestimada debido

al nivel de identificación taxonómica empleado y a la poca bibliografía disponible para Suramérica (Roldan 1996, Fernández y Domínguez 2001, Rincón 2006, Kominoski *et al.* 2007).

Dentro del grupo de los insectos, se identificaron 54 familias, adicionalmente se observaron nueve grupos cuyas familias no pudieron ser identificadas. Los órdenes mejor representados en términos de número de familias fueron Díptera (13), Coleoptera (12), Trichoptera (11) y Odonata (9). Para el caso de los órdenes Lepidoptera, Collembola y Orthoptera sólo se encontró una familia (Figura 3.2). Resultados similares han sido reportados por Baptista *et al.* (2001b), Wetzel (2001), Rincón (2006) y Alarcón (2007) en otras zonas tropicales.

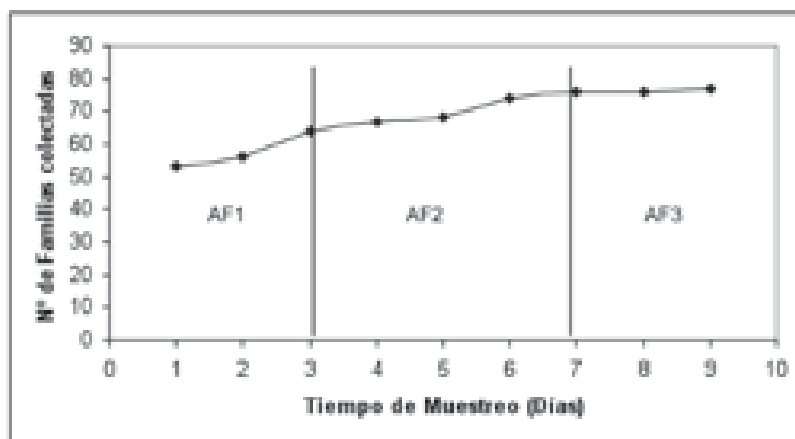


Figura 3.1. Frecuencia acumulada de las familias de macroinvertebrados bentónicos recolectadas a lo largo del muestreo realizado durante el RAP Calderas 2008.

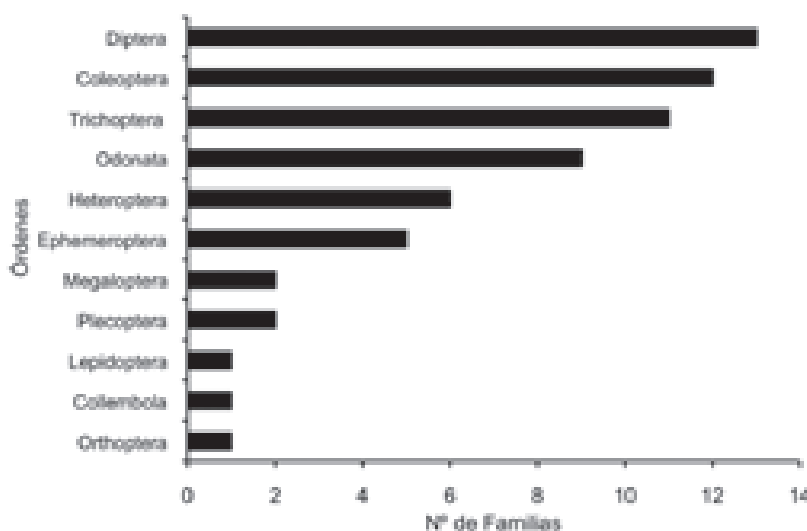


Figura 3.2. Número de familias identificadas para cada uno de los órdenes de insectos recolectados en las áreas evaluadas durante el RAP Calderas 2008.

Resultados por áreas focales

Área Focal 1: Sector San Ramón

En general los cuerpos de agua se caracterizaron por poseer bajos caudales y aguas transparentes (exceptuando Pozo Azul). Entre estos, la quebrada La Bellaca presentó la mayor diversidad de hábitats mientras que el resto de las localidades presentaron fundamentalmente pequeños pozos con acumulación de hojarasca.

Esta área presentó la mayor riqueza de grupos (64), dentro de los cuales se identificaron 57 familias pertenecientes a 11 órdenes de insectos acuáticos: Diptera, Coleoptera, Collembola, Ephemeroptera, Heteroptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Orthoptera, Plecoptera y Trichoptera. La mayor riqueza de familias correspondió a Coleoptera, Trichoptera (11 familias para ambos órdenes) y Diptera (9 familias). Se observó la presencia de otros grupos tales como anélidos, nemátodos, platelmintos, gasterópodos, cangrejos (familia Pseudothelphusidae), copépodos y ostrácodos (Tabla 3.1).

Al comparar las siete localidades evaluadas en el Área Focal 1, la quebrada La Bellaca presentó la mayor riqueza de grupos (39), seguida de la quebrada La Laja (29) (Tabla 3.1), lo cual podría ser atribuido a la mayor heterogeneidad y complejidad de hábitats presentes en estas localidades. Numerosos autores (Dahl y Greenberg 1998, Vinson y Hawkins 1998, Baptista *et al.* 2001a, 2001b; Bueno *et al.* 2003, Wright y Flecker 2004), han evidenciado esta relación y mencionan que en este tipo de ambientes una mayor entrada de material alóctono (hojas, ramas, troncos) y productividad del perifiton y una elevada velocidad de corriente, genera una mayor disposición de sustrato que puede ser colonizado por la fauna bentónica, proporcionando una mayor disponibilidad de alimento y refugio para estos organismos. Entre los hábitats mencionados, las zonas de acumulación de hojarasca han sido reportadas como sitios de alta riqueza de insectos ya que durante la estación seca son menos afectadas por el flujo hidráulico, permitiendo un mayor período de colonización y procesamiento de la materia orgánica por los macroinvertebrados (Baptista *et al.* 2001a).

Área Focal 2: Sector Aguas Blancas

Los cuerpos de agua estudiados se localizan en zonas con diferentes grados de intervención humana debido al desarrollo de agricultura de subsistencia (cultivo de café de sombra y cambur), tala y quema, actividad ganadera y aporte de aguas servidas.

Cualitativamente, las quebradas difirieron en cuanto a la vegetación, geomorfología y grado de intervención. La vegetación estuvo representada por un exuberante bosque de galería en la quebrada del Medio y El Molino en el sector alto, mientras que el sector bajo estuvo conformado por remanentes de bosque. Por el contrario, en El Pozo y la quebrada El Gato,

Tabla 3.1. Número de familias y densidad promedio (ind/m²) (en paréntesis) de macroinvertebrados bentónicos recolectados en el Área Focal 1 (Cerro el Gobernador). Localidades: quebrada La Laja (1), quebrada Las Tres Cruces (2), quebrada La Canutera (3), quebrada La Sorda (4), quebrada La Amarilla (5), Pozo Azul (6) y quebrada Bellaca (7).

Grupo taxonómico	Localidades						
	1	2	3	4	5	6	7
Nematoda	1	-	-	-	-	1	-
Annelida	-	2	-	-	-	-	1 (3,06)
Acarina	1	-	-	-	-	-	1
Coleoptera	7	4	5	3	5 (55,10)	1	6 (8,88)
Collembola	-	-	1	1	-	-	-
Diptera	2	4	4	3 (128,56)	2 (137,74)	2	6 (64,85)
Ephemeroptera	2	2	1	2 (9,18)	4 (27,55)	1	4 (78,05)
Heteroptera	4	-	1	-	3 (18,37)	2	2 (3,83)
Lepidoptera	-	-	-	1	-	-	-
Megaloptera	-	1	-	-	-	-	1 (3,06)
Odonata - Anisoptera	1	-	4	-	2	1	3 (6,12)
Odonata - Zygoptera	4	1	2	2	2	1	3
Orthoptera	-	-	-	-	1	-	-
Plecoptera	1	-	-	-	-	-	2 (13,77)
Trichoptera	4	4	4	6	3 (9,18)	2	9 (10,54)
Copepoda - Cyclopoida	1	-	-	-	-	-	-
Copepoda - Harpacticoida	1	1	-	-	-	1	-
Decapoda	-	-	-	1	-	-	-
Isopoda	-	1	-	1 (9,18)	-	-	-
Ostracoda	-	1	-	1 (9,18)	-	1	1
Total	29	21	22	21	22	13	39

predominaron las gramíneas. Esta última presentó el mayor grado de perturbación, evidenciándose la presencia de una matriz detritica asociada al fondo. El sustrato fue heterogéneo en todas las localidades, integrado por sedimento fino y grueso variando la proporción de estos de acuerdo a su morfometría (observación de campo).

Se identificaron 59 grupos. Los insectos acuáticos estuvieron representados por 51 familias y 10 órdenes: Coleoptera, Collembola, Diptera, Ephemeroptera, Heteroptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera y Trichoptera. Diptera y Trichoptera presentaron el mayor número de familias (9 y 8 respectivamente) (Tabla 3.2). Según Pires *et al.* (2000) la presencia de larvas de díptera en los cuerpos de agua puede asociarse al hecho de que estos organismos presentan amplios rangos de tolerancia y a que desarrollan mecanismos de recolonización más efectivos que el resto de las especies, luego de una perturbación en el ambiente. Sin embargo, la alta riqueza de tricópteros puede ser un indicativo de un bajo nivel de

perturbación en los cuerpos de agua evaluados, ya que estos se encuentran asociados principalmente a zonas donde la cobertura de la vegetación ribereña es mayor, el aporte orgánico es principalmente de origen vegetal, las aguas son frías y con alta concentración de oxígeno disuelto (Valero *et al.* 2000).

Adicionalmente, entre los grupos de macroinvertebrados colectados, los cangrejos de la familia Pseudotelpusidae (*Eudaniela cf. trujillensis*) fueron exclusivos de esta área, específicamente hallados en la Quebrada el Molino sector bajo (Tabla 3.2).

El mayor número de grupos taxonómicos (40) fue identificado en la parte alta de la quebrada El Molino, reduciéndose hacia la parte baja (30). En ambas zonas los Díptera y Trichoptera presentaron la mayor riqueza, seguido por los Coleoptera (5) en la parte alta y por los Ephemeroptera (4) en la parte baja. En la quebrada del Medio se observó la tendencia opuesta; mayor riqueza en el sector bajo (32) con respecto al alto (26). En ambas secciones los Trichoptera estuvieron

mejor representados, seguidos de los Díptera en el sector bajo y de los Ephemeroptera en el sector alto. Por el contrario, la menor riqueza fue observada en el Pozo y la quebrada El Gato (Tabla 3.2), lo cual pudo deberse a la presencia de grandes cantidades de materia orgánica en descomposición y consecuente reducción en los niveles de oxígeno disuelto y en la complejidad del sustrato (Baptista *et al.* 2001a).

Área Focal 3: Sector Pozo Azul

Los cuerpos de agua evaluados dentro de esta área fueron heterogéneos, incluyendo pozos profundos (localidad 1) y quebradas con una mayor velocidad de corriente (localidades 2 y 3). Pozo Azul se caracterizó por presentar aguas transparentes, abundante vegetación circundante y fondo conformado principalmente por troncos sumergidos y vegetación. Por el contrario, La Volcanera se caracterizó por presentar un cauce bastante amplio y conformado por rocas de gran tamaño; sin embargo, el nivel de agua fue bajo y sólo pudieron ser muestreados pequeños pozos de sustrato grueso. A diferencia de las quebradas evaluadas en las diferentes áreas, esta localidad se caracterizó por un dosel ralo y abierto que permitió la entrada directa de la radiación solar al cuerpo de agua. La quebrada afluente de La Volcanera presentó mayor velocidad de corriente, sustrato muy compactado y las áreas adyacentes se encontraron intervenidas por actividad agrícola (presencia de un bosque de café y plátano).

Entre los macroinvertebrados colectados se identificaron 35 grupos de los cuales 28 familias pertenecieron a nueve órdenes de insectos acuáticos: Díptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Heteroptera, Lepidoptera, Megaloptera Odonata, Plecoptera y Trichoptera. Los órdenes en los que se observó un mayor número de familias fueron Díptera (8) y Trichoptera (5) en la localidades 3 y 2, respectivamente. Adicionalmente, se capturaron otros grupos como nemátodos, anélidos, y crustáceos decápodos de la familia Pseudotelpusidae (Tabla 3.3).

En general las localidades evaluadas dentro de esta área se caracterizaron por presentar una baja riqueza y abundancia de grupos en comparación con las otras áreas focales. Probablemente la menor riqueza observada se deba a que esta zona presenta un mayor grado de intervención (deforestación y actividad agrícola). Wright y Flecker (2004) indican que la deforestación es una actividad común en ríos de piedemonte andino y puede traer como consecuencia una disminución en la diversidad de los ecosistemas acuáticos, atribuido principalmente a una reducción en la entrada de material alóctono al cuerpo de agua. Adicionalmente, Sponseller *et al.* (2001) señalan que este tipo de actividades están correlacionadas negativamente con la heterogeneidad del sustrato debido a un incremento en la entrada de sedimento fino al cuerpo de agua, extendiéndose este efecto aguas abajo del área perturbada.

Tabla 3.2. Número de familias y densidad promedio (ind/m²) (en paréntesis) de macroinvertebrados bentónicos recolectados en el Área Focal 2-Los Alcaravanes. Localidades: Quebrada Del Medio sector alto (1), Pozo (2), Quebrada El Gato (2.1), Quebrada El Molino sector alto (3), Quebrada del Medio sector bajo(4) y Quebrada El Molino sector bajo (5).

Grupos Taxonómicos	Localidades					
	1	2	2.1	3	4	5
Platyhelminthes	1	-	-	-	-	-
Nemertina	1	-	-	-	-	-
Nematoda	-	-	-	-	-	1 (2,30)
Gastropoda	-	-	-	1	-	-
Annelida	-	-	-	1 (612,95)	1 (2,30)	1 (2,30)
Acarina	1	1	1	1	1	1
Coleoptera	3	1	-	5 (5,51)	5 (15,61)	2 (10,10)
Collembola	-	-	-	1 (2,30)	1	-
Diptera	2	3	3	8 (45,63)	6 (26,40)	9 (63,13)
Ephemeroptera	5	2	1	4 (8,42)	4 (142,33)	4 (59,31)
Heteroptera	3	2	2	3 (4,59)	3 (172)	1
Lepidoptera	1	-	-	1	-	-
Megaloptera	1	-	-	-	1 (2,30)	1
Odonata - Anisoptera	-	2	2	2 (6,89)	1	-
Odonata - Zygoptera	-	-	1	3 (2,30)	-	-
Plecoptera	1	-	-	1	1 (27,55)	1 (6,89)
Trichoptera	7	1	1	8 (25,76)	7 (7,40)	8 (2,30)
Decapoda	-	-	-	-	-	1
Isopoda	-	-	-	1	-	-
Ostracoda	-	-	-	-	1 (2,30)	-
Total	26	12	11	40	32	30

Comparación entre áreas focales

El AF1 y AF2 compartieron el mayor número de familias, reportándose el valor de similitud más alto (0,74); por el contrario el AF1 y AF3 y el AF2 y AF3 no presentaron un valor de similitud significativo (0,17 y 0,08, respectivamente).

Con respecto a la riqueza y diversidad de grupos se observó una disminución desde el AF1 al AF3 (Tabla 3.4), lo cual podría estar asociado a un aumento en el grado de intervención antrópica. Al respecto, Bueno *et al.* (2003), Roy *et al.* (2003), Churchel *et al.* (2005) y Pereira *et al.* (2006), han evidenciado una correlación negativa y significativa entre el grado de intervención y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en ríos de piedemonte y tierras bajas en zonas tanto templadas como tropicales por la desaparición de las especies más sensibles y el aumento de aquellas que resultan favorecidas.

Tabla 3.3. Número de familias y densidad promedio (ind/m²) (en paréntesis) de macroinvertebrados bentónicos recolectados en el Área Focal 3 (Sector Pozo Azul – La Volcanera). Localidades: Pozo Azul (1), Quebrada La Volcanera (2) y Quebrada afluente de la Volcanera (3).

Grupos Taxonómicos	Localidades		
	1	2	3
Nematodo	-	-	1
Annelida	-	1	1 (4,59)
Acarina	1	1	1
Coleoptera	3	1	1 (9,18)
Diptera	3	3	8 (12,63)
Ephemeroptera	1	3	-
Heteroptera	2	1	-
Lepidoptera	-	-	1
Megaloptera	-	1	-
Odonata - Anisoptera	2	-	-
Odonata - Zygoptera	1	-	-
Plecoptera	-	1	1 (4,59)
Trichoptera	1	5	2 (18,37)
Copepoda - Harpacticoida	1	-	-
Decapoda	-	1	-
Isopoda	1	-	1
Ostracoda	1	-	1 (4,59)
Total general	17	18	18

Índices bióticos

Los índices bióticos constituyen una herramienta de gran utilidad, pudiendo funcionar como un sistema de alarma que indica la existencia de algún tipo de alteración en el ecosistema, siendo considerados en muchos casos como la mejor alternativa metodológica para detectar modificaciones producidas en los cuerpos de agua (Segnini 2003, Rincón 2006, Monteiro *et al.* 2008). Esta información permite poner en ejecución estudios que ayuden a dilucidar la presencia de una perturbación o agente de contaminación (orgánica o inorgánica), el tipo de concentración del o los contaminantes y la fuente de contaminación (Rincón 2006).

Tabla 3.4. Diversidad, equidad y abundancia en las tres áreas focales evaluadas durante el RAP Calderas 2008.

Área Focal	Abundancia	Shannon H'	Equidad
	absoluta (n° ind)		
AF1	809	2.078	0.275
AF2	1372	1.914	0.308
AF3	60	1.47	0.435

Estos índices están correlacionados con la abundancia, riqueza taxonómica y diversidad. Para el caso del EPT, los valores más altos en estos parámetros coinciden con los máximos de este índice, lo que a su vez indica aguas de muy buena calidad, mientras que el IBF presenta una tendencia opuesta. En general, los dos índices calculados en cada una de las localidades, a pesar de que emplean diferentes resoluciones taxonómicas, arrojaron resultados parecidos en cuanto a la calidad de los cuerpos de agua evaluados, a excepción de la localidad 3 del AF2 (Tabla 3.5).

Según lo obtenido al calcular los índices bióticos, en general los cuerpos de agua evaluados se encuentran en buenas condiciones especialmente la quebrada del Medio en el sector bajo (localidad 4, AF2) y la Volcanera (localidad 3, AF3), siendo clasificadas por ambos índices como aguas de muy buena calidad. Por el contrario la quebrada afluente de la Volcanera (localidad 3, AF3) fue calificada como la de menor calidad (regular según el IBF y mala según el EPT), esta última se encuentra ubicada en una plantación de café y probablemente se está viendo afectada por este tipo de actividades.

Según Rincón (2006) el estudio de los macroinvertebrados bentónicos como organismos indicadores de calidad de agua, nos permite estimar si los ríos estudiados han sido afectados por cambios fisicoquímicos de su ambiente, pero no indican directamente cual es la causa específica que ha afectado la estructura de la comunidad, por lo cual es necesario buscar asociaciones con parámetros fisicoquímicos estrechamente relacionados a las actividades domésticas, agrícolas y ganaderas. Según Pires *et al.* (2000) en este tipo de estudios deberían tomarse en cuenta variables como temperatura, conductividad, pH, oxígeno disuelto, velocidad de corriente, tipo de sustrato, concentraciones de nutrientes y variaciones en el flujo

hidráulico siendo considerados como los factores abióticos de mayor importancia en la estructuración de las comunidades de macroinvertebrados. En esta evaluación, si bien, se estimaron algunos parámetros fisicoquímicos es necesario disponer de una información más detallada que permita completar lo obtenido a partir del estudio de este tipo de comunidades.

Por otra parte, Churchel *et al.* (2005) señalan que los índices bióticos en este tipo de ambientes deben ser interpretados con cuidado, ya que altos valores pueden ser el reflejo de incrementos en las bajas concentraciones de nutrientes que se presentan naturalmente en este tipo de ríos. El aporte de nutrientes provenientes de actividades agrícolas puede incrementar la diversidad debido a aumentos en la disponibilidad de recursos.

Tabla 3.5. Índices bióticos calculados para algunas localidades en cada área focal durante el RAP Calderas 2008.

Área Focal	Localidad	IBF	Calidad	EPT	Calidad
AF 1	7	4.67	Buena	45.89	Regular
	3	4.58	Buena	20.51	Mala
AF 2	4	3.87	Muy buena	76.32	Muy buena
	5	4.85	Buena	40.15	Regular
AF 3	2	3.82	Muy buena	83.25	Muy buena
	3	5.11	Regular	18.52	Mala

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

- Se registraron 77 grupos taxonómicos; 54 familias pertenecientes a 11 órdenes de insectos acuáticos, generando un importante incremento en el conocimiento de la biodiversidad de la zona, especialmente en el caso de los insectos acuáticos.
- Los órdenes Diptera, Coleoptera y Trichoptera fueron los más importantes en términos de riqueza de especies.
- La alta riqueza de tricópteros es un indicio de aguas poco contaminadas y en general de ambientes poco intervenidos por el hombre.
- Se observó una reducción de la diversidad del Área focal 1 al Área focal 3, probablemente asociado al grado de intervención antrópica.
- En general los resultados obtenidos mediante los índices bióticos indican una buena calidad de agua en los ríos y quebradas evaluados. No obstante, se observaron amenazas evidentes en algunas zonas, por lo que se recomienda llevar a cabo un monitoreo continuo.

BIBLIOGRAFÍA

- Allan, J. D., A. S. Flecker, S. Segnini, D. C. Taphorn, E. Sokol y G. W. Kling. 2006. Limnology of Andean piedmont rivers of Venezuela. *Journal of North American Benthological Society* 25 (1): 66-81.
- Alarcón, M. 2008. Patrón de deriva de insectos bentónicos en dos secciones de la cuenca alta del río Orituco (Parque Nacional Guatopo, Estado Guárico-Venezuela) en época de aguas bajas. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Baptista, D. F., D. F. Buss, L. F. Dorvillé y J. L. Nessimian. 2001a. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 61(21): 249-358.
- Baptista, D. F., L. F. Dorvillé, D. F. Buss y J.L. Nessimian. 2001b. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Revista Brasileira de Biologia* 61(2): 295-304.
- Bouchard, R.W. 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the upper midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, ST. Paul, M.N.
- Bueno, A., G. Bond-Buckup y B. Ferreira. 2003. Estructura da comunidade de invertebrados bentônicos em dois cursos do rio do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20 (1):115-125.
- Capelo J. C., J. V. García y G. Pereira. 2004. Diversidad de macroinvertebrados bentónicos del golfo de Paria y delta del Orinoco. *En: Lasso, C. A., Alonso, L. E., Flores, A. L. y Love, G., (eds.). Evaluación rápida de la biodiversidad y aspectos sociales de los ecosistemas acuáticos del delta del Orinoco y golfo de Paria, Venezuela. RAP Bulletin of Biological Assessment* 37. Washington, DC.: Conservation Internacional. Pp. 55- 60.
- Carrero, C. y K. Fiero. 2001. Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Editorial Eco Ciencia. Quito, Ecuador.
- Churchel, M., D. Batzer y C. Jackson. 2005. Macroinvertebrates in headwaters stream of the piedmont. *Proceedings of the 2005 Georgia Water Resources Conference*. University of Georgia.
- Cressa, C. y C. Barrios. 2002. Larval growth rate and development time of egg, larvae and pupae of two species of Trichoptera from a stream in Venezuela. *Venh. Inter. Ver. Limnol.* 28:148-152.
- Dahl, J. y L. Greenberg. 1998. Effects of fish predation and habitat type on stream benthic communities. *Hydrobiologia* 361:67-76.
- Fernández, H. y E. Domínguez (Eds). 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Serie Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán. Ciencias Exactas y Naturales.

- Flecker, A. S. 1992. Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: evidence from Neotropical streams. *Ecology* 73: 438-448.
- Guerrero, E. 2007. Aspectos de la estructura comunitaria de los insectos acuáticos de ríos del sector este de la Gran Sabana (Parque Nacional Canaima). Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Hilsenhoff, W. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 65-68.
- Kominoski, J.S.; B. J. Mattson, B. Rasleigh y L. Eggert. 2007. Using long-term chemical and biological indicators to assess stream health in the upper river watershed. *Proceedings of the 2007 Georgia Water Resources Conference*. University of Georgia.
- Lamoureux, N., S. Dolédec and S. Gayraud. 2004. Biological traits of stream macroinvertebrate communities: effects of microhabitat, reach, and basin filters. *Journal of North American Benthological Society* 23 (3): 448-446.
- Maldonado, V., B. Stank y C. Cressa. 2002. Descriptions and records of *Anacroneuria* from Venezuela (Plecoptera: Perlidae). *Aquatic Insects* 24: 219-236.
- Merritt, R. W. y K. W. Cummins 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt Publishing Co. Dubuque.
- Monteiro, T., L. Goncalves y B. Spacek. 2008. Biomonitoramento do qualidade de agua utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' a bacio do rio Meia Ponte-go. *Oecologia Brasileira* 12 (3):553-563.
- Pastuchová, Z. 2006. Macroinvertebrate assemblages in conditions of low-discharge streams of the Cerová vrchovina highland in Slovakia. *Limnologica* 36 (2006):241-250
- Pinilla, G. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia compilación bibliográfica. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- Pires A., I. Cowx y M. Coelho. 2000. Benthic macroinvertebrates communities of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). *Hydrobiologia* 435:167-175.
- Pereira, G., J. V. García, A. Marcano, O. Lasso-Alcalá y R. Martinez-Escarbassiere. 2006. Los macroinvertebrados bentónicos de la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari. En: Lasso, C. A.; J. C. Señaris; L. Alonso y A. L. Flores, (eds.). Evaluación rápida de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos en la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, estado Amazonas (Venezuela). RAP Bulletin of Biological Assessment 30. Washington, DC.: Conservation International. Pp. 96-106.
- Rincón, E. 2006. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad de las aguas de cinco ríos de la región Noroccidental del Estado Zulia. Tesis de Maestría. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas.
- Roldán G. P. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Editorial Fondo FEN Colombia, Conciencias.
- Roy, A., A. Rossemmond, M. Paul, D. Leigh y J. Wallace. 2003. Stream macroinvertebrate response to catchments urbanization (Georgia, U.S.A.). *Freshwater Biology* 48: 329-346.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de aguas corrientes. *Ecotrópicos* 16 (2): 45-63.
- Sponseller, A., E. Benfield y H. Valett. 2001. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrates communities. *Freshwater Biology* 46:1409-1424.
- Valero, L., P. Durant y E. Arellano. 2000. Trichoptera como indicadora de calidad de agua del río Albarregas. Mérida Venezuela. *Revista de Ecología Latinoamericana* 8: 11-16.
- Vinson, M y C. Hawkins. 1998. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin, and regional scales. *Annual Review of Entomology* 43: 271-287.
- Wetzel, R. 2001. Limnology. Lake and river ecosystems. 3rd edition. Academic Press. San Diego.
- Wright, J. y A. Flecker. 2004. Deforesting the riverscape: the effects of wood on fish diversity in a venezuelan piedmont stream. *Biological Conservation* 120: 443-451.