

## Artículo

# Composición y distribución de la comunidad de insectos acuáticos en un gradiente espacial del alto río Cuyuní, Guayana venezolana

Máyida El Souki, Ligia Blanco-Belmonte, Carlos A. Lasso, Julián Mora-Day, Celio Magalhães, Daniel Pisapia, Abrahan Mora, Oriana Farina y Oscar M. Lasso-Alcalá

**Resumen.** Se estimó la riqueza, composición y distribución de las comunidades de insectos acuáticos a lo largo de un gradiente longitudinal del río Cuyuní y su afluente (río Uey), cuenca del Esequibo. Los muestreos fueron realizados durante 13 días en enero del 2008 en 36 estaciones de muestreo distribuidas en cinco áreas focales (AF) para cubrir la heterogeneidad de hábitat. La riqueza de especies fue superior en la cuenca alta del Uey, asociada al área menos perturbada. La composición de especies en el gradiente parece estar relacionada con los cambios de transparencia, profundidad, temperatura y sólidos totales en suspensión. La cuenca alta y media del río Uey correspondió a aguas negras, transparentes y menos profundas, con la mayoría de las especies pertenecientes a los órdenes Plecoptera, Trichoptera y Ephemeroptera. En las estaciones del bajo río Uey y río Cuyuní, las principales especies correspondieron a los órdenes Odonata, Hemiptera y Coleoptera, asociadas con aguas de mayor temperatura, más profundas y menos transparentes y donde este cambio de composición de especies probablemente estuvo influenciado por la perturbación ocasionada por la actividad minera observada y reflejada en el incremento de material disuelto y suspendido.

**Palabras clave.** Insectos acuáticos. Composición. Cuenca del Esequibo. Escudo Guayanés.

Composition and distribution of the community of aquatic insects in a spatial gradient of the Cuyuni River, Venezuelan Guayana

**Abstract.** Richness, composition and distribution of the communities of aquatic insects were estimated along a longitudinal gradient of the Cuyuní River and its tributary (Uey River), basin of the Essequibo. Samplings were carried out for 13 days in January 2008 in 36 sampling stations distributed in five focal areas (AF) to cover the heterogeneity of habitats. Species richness was higher in the high basin of the Uey, least disturbed area. The composition of species in the gradient appears to be related with changes in transparency, depth, temperature, and total solids in suspension. The higher and media basin of river Uey corresponded to black, transparent and less deep waters with the majority of the species belonging to the orders Plecoptera, Trichoptera and Ephemeroptera. In the low river Uey and Cuyuni River stations, the main species corresponded to the orders Odonata, Hemiptera and Coleoptera, associated with higher temperatures, deeper and less transparent waters and where this change in species composition was probably influenced by the disruption caused by the mining activity observed and reflected in the increase of dissolved and suspended material.

**Key words.** Aquatic insects. Composition. Essequibo basin. Guyana Shield.

## Introducción

Gran parte de los estudios ecológicos sobre la estructura comunitaria de insectos acuáticos en ambientes lóticos se han realizado en regiones templadas (Vinson y Hawkins 1998) y en menor proporción en la región Neotropical (Roldán 1996). En Venezuela en las últimas décadas, se han realizado algunos estudios abarcando diversas regiones del país, al norte el Orinoco (Lugo y Fernández 1994, Cressa 1994, 1998, Flecker y Feifareck 1994, Flecker 1996, Rincón 1996, Grillet y Barrera 1997, Rincón y Cressa 2000, Rosales *et al.* 2002 y 2007, Alarcón 2008, López-Ortiz *et al.* 2010), al Sur del Orinoco y específicamente en la región de Guayana (Rosales *et al.* 2002 y 2007, McCreadie *et al.* 2004 y 2005, Pereira *et al.* 2006, Guerrero 2007, Mora-Day y Blanco-Belmonte 2008 y 2009, Blanco-Belmonte 2013). Más recientemente, se han realizado estudios ecológicos sobre diversidad de hábitat usados por los macroinvertebrados en ambientes lóticos y lénticos, y especies claves (Blanco-Belmonte *et al.*, 1998, Blanco-Belmonte 2006), la calidad de las hojas como recursos alimentarios para los partidores (Graça y Cressa 2010), la importancia de las zonas de confluencia en la distribución de los invertebrados acuáticos (Rosales *et al.* 2007), la contribución funcional de los invertebrados en el proceso de descomposición en ríos tropicales (Blanco-Belmonte *et al.* 2004, Rincón *et al.* 2005). En otros casos, se han abordado otros temas donde se revisan enfoques metodológicos, como el uso de los macroinvertebrados como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente en el país (Segnini 2003), el desarrollo de un índice biótico para evaluar la condición ecológica de los ríos de una cuenca altandina (Correa 2000), mostrando su importancia como indicadores biológicos de estos ecosistemas. En cuanto a los estudios sobre insectos acuáticos en la Guayana venezolana han estado orientados a establecer patrones comunitarios tanto a escala regional como local. Entre los resultados a nivel local, los patrones de riqueza y composición de especies se han relacionado con diversos factores ambientales (variables abióticas), obteniéndose resultados contradictorios (Blanco-Belmonte 1989, García y Pereira 2003, McCreadie *et al.* 2004, 2005, Guerrero 2007). Es importante destacar que dos de estos estudios abarcan una sola familia de insectos (Simuliidae) y solo los estudios de García y Pereira (2003), Guerrero (2007), Blanco-Belmonte 1989 y Mora-Day y Blanco-Belmonte 2008, 2009 hacen un aporte al conocimiento ecológico a nivel comunitario de varios grupos de insectos, la contribución se refiere fundamentalmente a estudios de biodiversidad y conservación.

Tomando en cuenta que los distintos grupos de insectos acuáticos difieren en requerimientos ambientales, comportamiento y tolerancia a perturbaciones (McCafferty 1981, Stehr 1987) y que su sensibilidad ofrece ventaja para utilizarse como indicadores de impactos ambientales es fundamental realizar estudios ecológicos a objeto de ser considerados en la toma de decisiones de conservación y evaluación de los posibles efectos de las amenazas regionales, en especial la minería (Riina y Huber 2003, De Marmels 2003). El objetivo principal de este trabajo es evaluar algunos aspectos de la estructura de la comunidad de insectos acuáticos, como la composición y riqueza de

especies, y describir su relación con algunas características abióticas de los ambientes acuáticos.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

Se definieron cinco áreas focales en función de la red hidrográfica según la pendiente y geomorfología de los ríos Cuyuní y su afluente el Uey. La cuenca del río Cuyuní ocupa una superficie aproximada de 50.000 km<sup>2</sup>. El río Cuyuní con 750 km de longitud es una subcuenca del Esequibo y por su localización en la red de drenaje, la porción visitada puede denominarse alto Cuyuní (Lasso *et al.* 2003). Las cabeceras del río Cuyuní están localizadas en la Serranía de Lema y el Cerro Venamo entre los 1300 y 1500 m de elevación. Sus aguas son claras y negras, lo que le confiere a la región un gran interés, puesto que incrementa la riqueza de especies acuáticas y heterogeneidad de hábitats. Sin embargo, a pesar de este hecho, su importancia geopolítica por ser una zona fronteriza y presentar una de las explotaciones mineras más importantes de oro y diamantes en el país, la cuenca ha recibido poca atención desde el punto de vista biológico. A esto se suma una profunda alteración de los bosques circundantes, así como de la calidad del agua, que no ha sido debidamente evaluada y puestos en marcha los correctivos pertinentes (Lasso *et al.* 2009a).

Las áreas focales incluyen estaciones en el cauce principal, quebradas afluentes y algunos pozos o lagunas marginales de los ríos (Figura 1). Se incluyeron 25 estaciones de muestreo distribuidas entre las áreas focales descritas a continuación (Pisapia *et al.* 2009):

**Área Focal 1: Bajo río Uey (RAP-CY-AF1):** área comprendida entre la confluencia de los ríos Cuyuní y Uey (06°06'11,5"N–61°30'34,3"O), hasta una quebrada localizada aguas arriba del río Uey (Qda. 2, afluente Qda. Las Malocas), (06°04'12" N–61°28'08,8"O). Altura promedio =123 m s.n.m. Las colectas se realizaron en ocho estaciones, de las cuales siete corresponden a quebradas afluentes del Uey y una a una charca o poza estacional en el bosque.

**Área Focal 2: Alto río Cuyuní (RAP-CY-AF2):** área comprendida entre la confluencia de los ríos Cuyuní y Uey (06°06'11,5"N–61°30'34,3"O), hasta una quebrada afluente de la margen izquierda del río Junín (06°05'48,46"N–61°33'32"O). Altura promedio= 120 m s.n.m. Se recolectaron insectos en cuatro estaciones de quebradas afluentes del Cuyuní y Junín.

**Área Focal 3: Bajo río Cuyuní (RAP-CY-AF3):** área comprendida entre la confluencia de los ríos Cuyuní y Uey (06°06'11,5"N–61°30'34,3"O), hasta quebrada afluente margen derecha río Cuyuní (AF3 24) (06°08'40"N–61°29'41"O). Altura promedio= 115 m s.n.m. Se establecieron seis estaciones de muestreo correspondientes a quebradas afluentes del río Cuyuní.

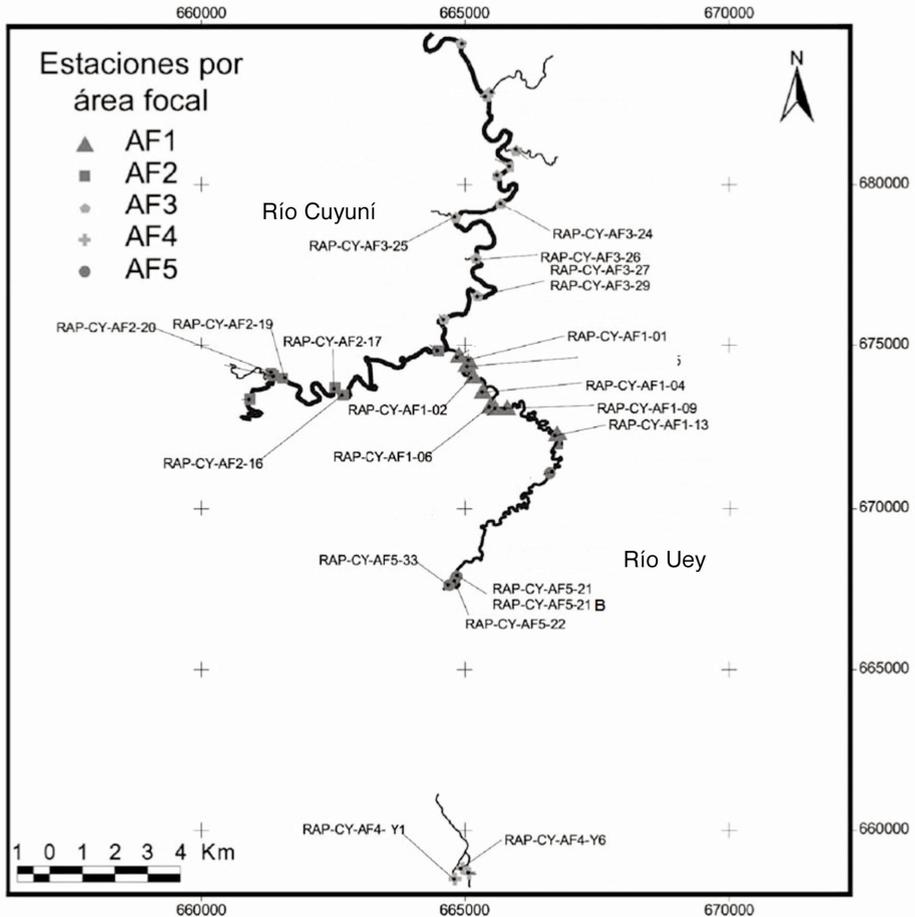


Figura 1. Estaciones de muestreo por áreas Focales. Tomado y modificado de Pisapia *et al.* 2008.

**Área Focal 4: Alto río Uey – Sierra de Lema (RAP-CY-AF4):** área correspondiente a las cabeceras y nacientes del río Uey en la Sierra de Lema. Incluye una pequeña sección de los saltos del río Uey ( $05^{\circ}57'29,8''N-61^{\circ}30'15,2''O$ ) a una altura de 586 m. s.n.m., hasta un punto del cauce principal del Uey aguas arriba de los saltos ( $06^{\circ}57'16,2''N-61^{\circ}30'13,6''O$ ) (AF4:35), situado a 600 m. s.n.m. En esta área se establecieron dos estaciones de muestreo correspondientes a una quebrada afluente del río Uey y otra en el cauce principal del mismo río.

**Área Focal 5: Medio río Uey (RAP-CY-AF5):** área correspondiente a la sección de piedemonte del río Uey en las estribaciones de la Sierra de Lema. Incluye la región desde el río Uey ( $06^{\circ}01'59,6''N-61^{\circ}30'49,6''O$ ) a una altura de 135 m. s.n.m., hasta un punto del cauce principal del Uey aguas arriba (brazo marginal) (RAP-CY-AF4: 31)

(06°02'43,3"N–61°27'33,2"O), situado a 170 m s.n.m. En esta área se establecieron cinco estaciones de muestreo correspondientes a dos quebradas afluentes del río Uey y tres puntos en el cauce principal del mismo río.

Los muestreos fueron realizados del 18 al 30 de enero de 2008, se recolectaron manualmente macroinvertebrados acuáticos mayores a 2 milímetros. Se exploraron charcos temporales, quebradas, playas y cauces principales de ríos, donde se revisaron los diferentes ambientes y micro-hábitats: hojarasca, troncos, ramas y raíces sumergidas, vegetación emergente, fango, rocas, arena, aguas claras, negras, blancas (intervenidas por minería). El esfuerzo de muestreo fue relativamente constante, tres personas durante dos horas por estación.

Los ejemplares fueron fijados en alcohol al 70 %. En el laboratorio todos los ejemplares fueron separados e identificados con las siguientes claves y guías taxonómicas: Stehr (1987), Naumann (1991), Fernández y Domínguez (2001), Hamada y Marques (2003), Ferreira-Peruquetti y Fonseca-Gesner (2006).

Igualmente se midieron las siguientes variables fisicoquímicas: turbidez (NTU), transparencia (cm), profundidad (cm), ancho del cuerpo de agua (m), pH, temperatura (°C), conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y oxígeno disuelto ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ), sólidos totales disueltos ( $\text{g}/\text{L}$ ), sólidos totales suspendidos ( $\text{mg}/\text{L}$ ). Los detalles técnicos de los métodos con que se llevaron a cabo estas mediciones se encuentran en Pisapia *et al.* (2009).

Finalmente, también se realizaron muestreos de peces en las distintas áreas focales, utilizando métodos de colecta activos y pasivos (Lasso *et al.* 2009a) y cuyos valores de abundancia se consideraron como una posible variable que influye en la comunidad de insectos acuáticos.

## Análisis de datos

### Estimadores de riqueza

La riqueza global para toda el área de estudio fue estimada mediante técnicas de estimación paramétricas y no paramétricas, basadas en la distribución de especies entre las muestras y curvas de rarefacción basadas en muestras (Colwell y Coddington 1994, Sena 2003, Colwell *et al.* 2004). Se aplicaron cinco estimadores: Chao1, Jackknife de primer orden y Bootstrap como estimadores no paramétricos basados en las especies únicas (Colwell y Coddington 1994, Sena 2003). El estimador paramétrico fue el de Michaelis-Menten cuya expresión describe el comportamiento de las curvas de acumulación de especies (Sena 2003, Colwell *et al.* 2004, Colwell 2006). La curva de acumulación empírica fue construida con los valores observados (riqueza observada) mediante el método analítico propuesto por Mao Tau (Colwell *et al.* 2004, Colwell 2006). Igualmente, el estimador Mao Tau (riqueza observada en el conjunto empírico de muestras) fue utilizado para comparar la riqueza entre áreas focales (AF). La ventaja de dicho estimador es que permite la comparación estadística entre muestras a través de sus intervalos de confianza y su estimación está basada en datos de presencia-

ausencia (incidencia) entre las muestras. El cálculo de todos los estimadores se realizó con el programa Estimates versión 8.0 (Colwell 2006): <http://purl.oclc.org/estimates>.

### **Análisis de ordenación**

Para determinar si la riqueza de especies de insectos acuáticos se relacionaba con las variables ambientales medidas se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con matriz de correlación centrada. Para evaluar la relación de las variables con los ejes, se transformaron los autovalores en coeficientes de correlación y posteriormente se transformaron a un coeficiente de determinación, el cual mide la proporción de varianza que cada variable tiene en cada uno de los componentes principales (Bulla 1995). Las variables ambientales (físicoquímicas) consideradas fueron: ancho del cauce (m), profundidad (cm), transparencia (cm), temperatura (°C), pH, turbidez (NTU), oxígeno disuelto (mg/L), Sólidos Totales disueltos (g/L), sólidos totales suspendidos (mg/L), conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Adicionalmente, en este mismo análisis también se incluyó la riqueza y abundancia de peces con la finalidad de evaluar si existe alguna relación con la riqueza de insectos que pueda sugerir efecto de depredación (Anexo 1).

Con la finalidad de determinar patrones de composición de especies entre las áreas focales se realizó un análisis de correspondencia (AC). Para evitar el sesgo de la diferencia del número de estaciones muestreadas por área focal, se utilizó la frecuencia de aparición (FA) de cada especie entre las distintas estaciones de cada área focal. Aquellas especies que solo aparecieron en un área focal y que su frecuencia fue menor al 1% fueron eliminadas del análisis. Adicionalmente, para determinar si los cambios en las variables ambientales (físicoquímicas) a través de las áreas focales se relacionaban con los patrones de frecuencia de aparición de las especies se realizó un análisis de correspondencia canónico (ACC). Las variables físicoquímicas se estandarizaron debido a que cada variable posee unidades diferentes de medición. Dichas variables se seleccionaron mediante la técnica de selección por paso hacia delante “forward selección”. El test de Monte Carlo fue usado para evaluar la significancia del modelo global (relación entre las variables físicoquímicas y los insectos), donde se probó la suma de todos los auto-valores canónicos (999 permutaciones). El programa utilizado para los análisis multivariados fue CANOCO 4.5 (TerBraak y Smilauer 1998).

## **Resultados**

### **Riqueza**

Los distintos estimadores (paramétricos y no paramétricos) de la riqueza global de especies en el área estudiada (ríos Uey y Cuyuní) mostraron que la riqueza tiende a ser superior a la estimada en toda el área (64 especies en 25 estaciones), con ninguno de los estimadores considerados la curva se estabiliza (Figura 2).

La curva empírica (Sobs-Mau Tau) está por debajo de los demás estimadores. Esta curva se basa en datos de incidencia en las muestras siendo su límite máximo la riqueza total observada (Colwell *et al.* 2004).

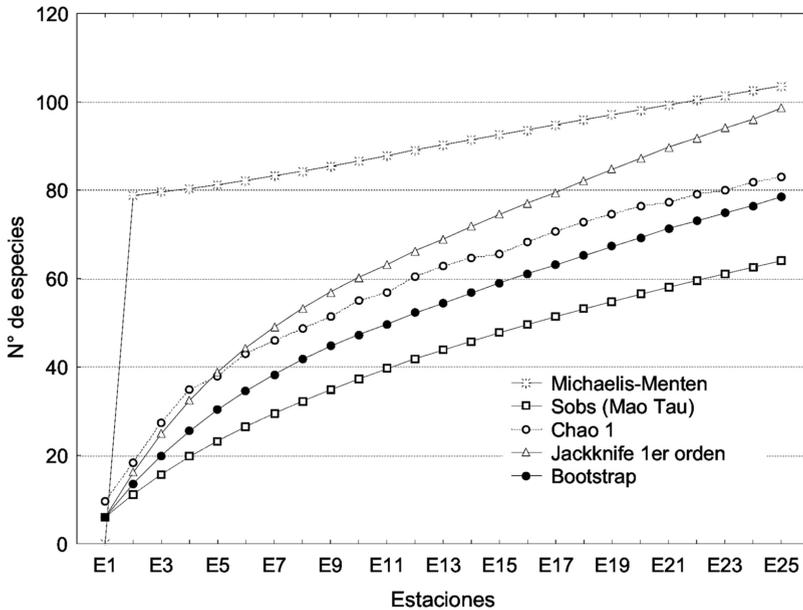


Figura 2. Curva de acumulación de especies para toda el área de estudio, construidas a partir de los siguientes estimadores: “Chao1”, “Jackknife de primer orden”, “Bootstrap”, “Mao Tau” y “Michaelis y Menten”.

Por otra parte, los estimadores no paramétricos (Chao1, Jackknife de primer orden, Bootstrap) se basan en las especies raras, representadas por un solo individuo (singletons) o por dos individuos (doubleton). En nuestros resultados el número de especies singletons y doubleton aumenta con el número de muestras (Figura 3), lo cual puede generar que las curvas de estos estimadores estén por encima de la curva empírica (Sena 2003). Por otro lado, el estimador paramétrico Michaelis y Menten considera en su cálculo la riqueza máxima obtenida, riqueza en las muestras y número de individuos en las muestras por lo que no es sesgado por el número de especies singleton. Sin embargo, este estimador puede sobrestimar la riqueza de especies cuando el número de muestras es bajo (Sena 2003).

Aunque los distintos estimadores son sensibles a diferentes condiciones, la riqueza de especies del estimador Jackknife de primer orden y Michaelis-Menten tienden a converger, pero siempre por encima de la curva empírica. Esto último, sumado a que con ninguno de los estimadores se alcanzó un valor asintótico, indica que la riqueza de especies de la comunidad es superior a la observada.

Este resultado puede estar asociado a dos hechos fundamentales: 1) el muestreo es puntual y el alto número de especies singleton y doubleton, indican que existe variabilidad temporal en estos sistemas. Así, las especies muestran sus óptimos en distintos periodos modulados por la estacionalidad climática (Guerrero 2007). 2) La heterogeneidad del hábitat principalmente debida a distintos tipos de sustrato (Guerrero 2007), hace difícil estimar la riqueza mediante muestreos puntuales.

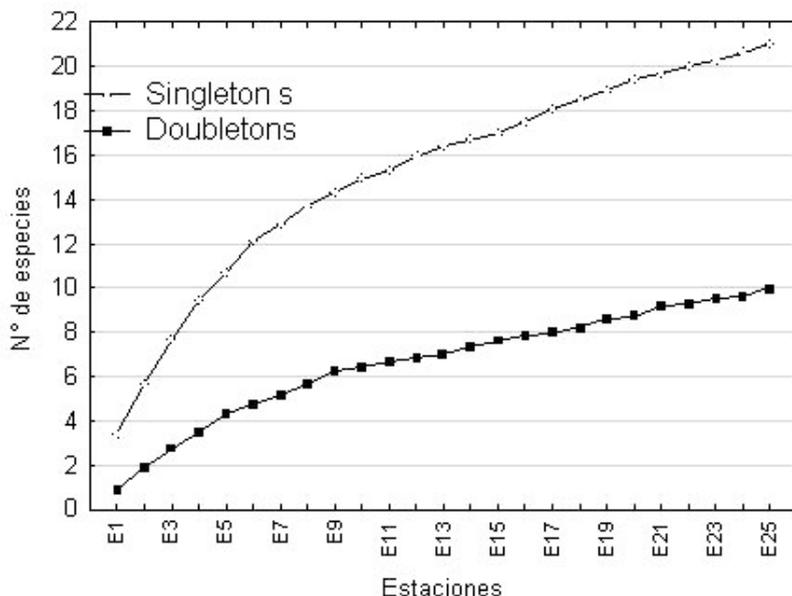


Figura 3. Curva de especies singletons y doubletons a medida que aumenta el número de muestras.

La riqueza de especies no varió significativamente entre las áreas focales excepto entre las áreas focales AF4 y AF3 como lo muestran las estimaciones de la curva de rarefacción basada en muestras de Mao Tao (Figura 4).

### Riqueza y variables fisicoquímicas

En el análisis de componentes principales de las variables ambientales y la riqueza de especies de insectos, se acumuló un 59,6% de la varianza explicada con el tercer eje. La riqueza se correlacionó positivamente con el ancho del cauce; mientras que la temperatura se correlacionó negativamente y el resto de las variables medidas fueron independientes de la riqueza (Figura 5 a y b, Tabla 1).

Las distintas estaciones fueron muy variables en relación a las variables fisicoquímicas, aunque, se observa cierta tendencia. Así, las estaciones que presentaron aguas más transparentes y mayor concentración de oxígeno disuelto fueron a las áreas focales AF4 y AF5, junto con algunas estaciones del AF3 que correspondieron a quebradas no perturbadas. Las estaciones asociadas a aguas más profundas, mayor conductividad y temperatura son en su mayoría pertenecientes a las áreas focales AF1 y AF2. Tres estaciones fueron atípicas debido a la actividad minera, estas son AF1: 2, AF2: 16 y AF3: 26, las cuales se correlacionaron positivamente con la mayor cantidad de sólidos totales en suspensión representadas en el tercer eje de ordenación (Figura 5b, Tabla 1).

Por último, las variables riqueza y abundancia de peces no tuvieron correlación con la riqueza de insectos (Figura 5 y Tabla 1).

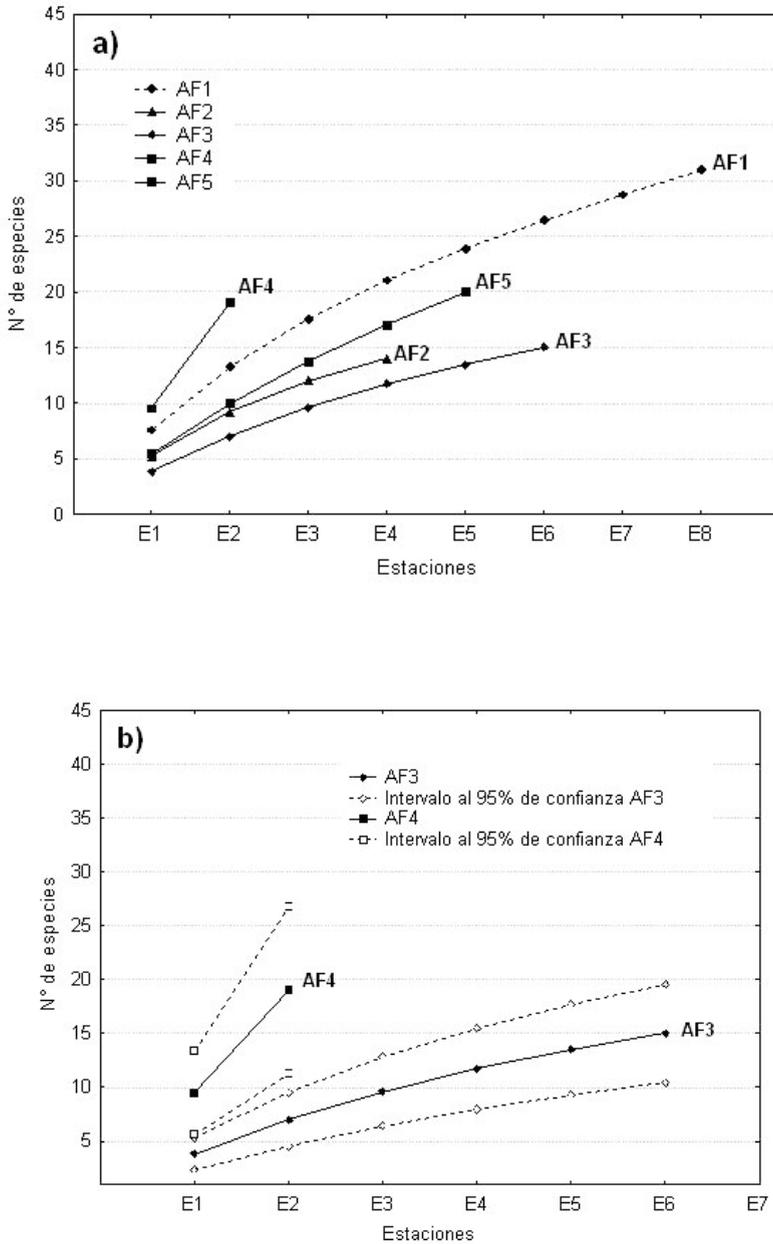


Figura 4. Curvas de rarefacción basadas en muestras, estimadas con la función de Mao Tau (Sobs= riqueza observada en el conjunto empírico de muestras) para las cinco áreas focales. a) Curvas de rarefacción por área focal (AF). b) Curvas de rarefacción AF3 y AF4 mostrando sus intervalos de confianza (líneas punteadas).

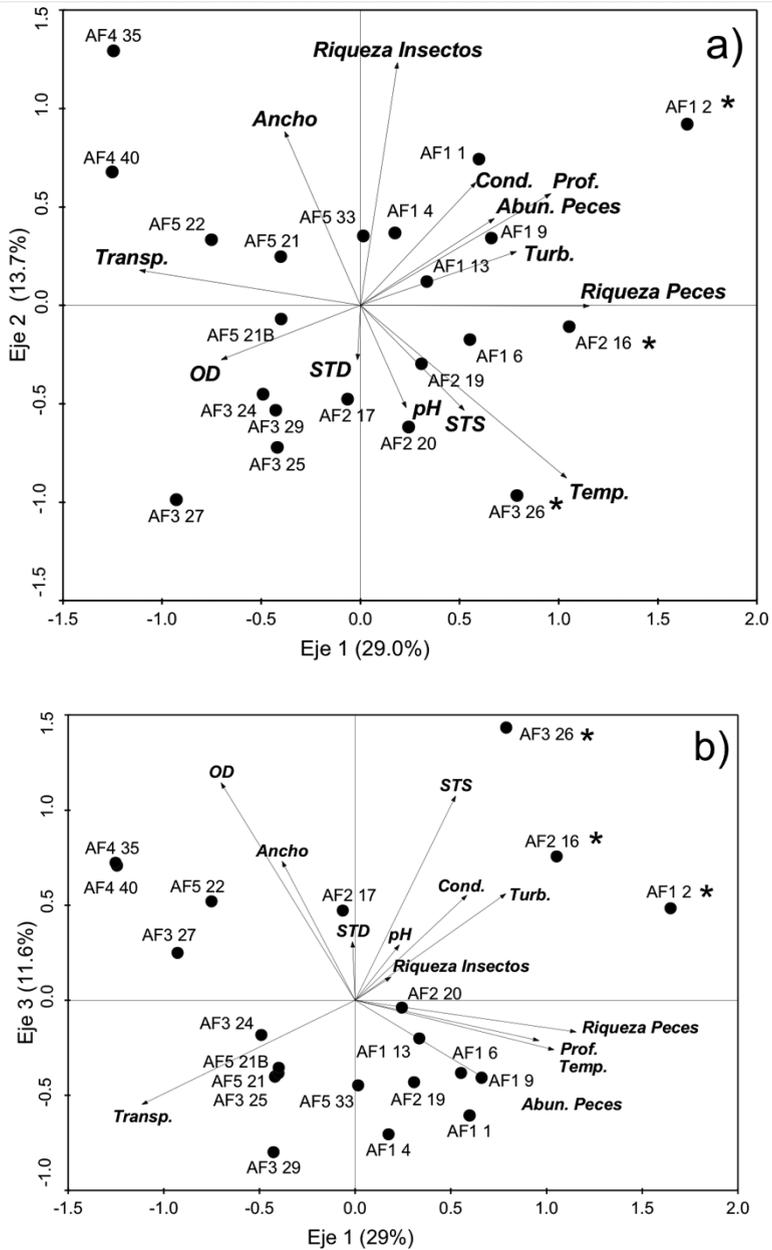


Figura 5. Diagrama del análisis de componentes principales de las variables físico-químicas y la riqueza de insectos. a) Ejes 1 y 2 b) Ejes 1 y 3. (\*) Estaciones impactadas por minería. Para abreviaciones de las variables ver tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de correlación ( $r$ ) y determinación ( $R^2$ ) para las variables físico-químicas y la riqueza de insectos, examinados a través del análisis de componentes principales con matriz de correlación.

	Eje 1 $r$	$R^2$	Eje 2 $r$	$R^2$	Eje 3 $r$	$R^2$
Transparencia (cm) (Transp.)	<b>-0,81</b> <b>p=0,000</b>	<b>0,67</b>	-0,11	0,01	0,32	0,10
Riqueza Peces	<b>0,84</b> <b>p=0,000</b>	<b>0,72</b>	0,0015	0,00	0,01	0,01
Temperatura (°C) (Temp.)	<b>0,76</b> <b>p=0,000</b>	<b>0,58</b>	0,530 <b>p=0,013</b>	0,28	0,15	0,02
Profundidad (cm) (Prof.)	<b>0,70</b> <b>p=0,000</b>	<b>0,50</b>	-0,35	0,12	0,12	0,02
Abundancia Peces	<b>0,050</b> <b>p=0,022</b>	<b>0,25</b>	-0,27	0,07	0,24	0,06
Turbidez (NTU) (Turb.)	<b>0,58</b> <b>p=0,006</b>	<b>0,33</b>	-0,16	0,03	-0,33	0,11
Riqueza de Insectos	0,14	0,02	-0,75 <b>p=0,000</b>	0,56	-0,072	0,01
Ancho (m)	-0,28	0,08	-0,54 <b>p=0,012</b>	0,29	-0,426	0,18
Oxígeno Disuelto (mg/L) (OD)	-0,51 <b>p=0,017</b>	0,27	0,168	0,03	<b>-0,67</b> <b>p=0,001</b>	0,45
Sólidos totales Suspendedos (mg/L) (STS)	0,39	0,15	0,32	0,10	<b>-0,63</b> <b>p=0,002</b>	0,39
Sólidos Totales Disueltos (gr/L) (STD)	-0,01	0,00	0,17	0,03	-0,18	0,03
pH	0,17	0,03	0,32	0,10	-0,17	0,03
Conductividad ( $\mu$ S/cm) (Cond.)	0,43	0,18	-0,38	0,15	-0,32	0,10

### Distribución de las especies de insectos a lo largo del gradiente en los ríos Uey y Cuyuní

El análisis de correspondencia basado en datos de frecuencia de aparición de especies por cada área focal (AF), mostró que existen cambios en la composición de especies de insectos acuáticos a través de las distintas áreas focales. Las familias estuvieron bien representadas en la ordenación, en donde se acumuló 68,4% de varianza con el segundo eje (Figura 6, Anexo 2). El análisis separa claramente las áreas focales del río Uey de las del río Cuyuní. Adicionalmente, se observa un claro cambio en la composición de especies siguiendo el gradiente hidrográfico (longitudinal) desde la cabecera del río Uey (AF4), medio río Uey (AF5) y bajo río Uey (AF1). Finalmente, las áreas focales del río Cuyuní (AF2 y AF3) no muestran grandes diferencias en su composición.

El AF4 se caracterizó por la mayor frecuencia de órdenes exclusivos como Plecoptera (*Anacronuria* sp1, sp2 y sp3), Trichoptera (*Atopsyche* sp1, *Leptonema* sp1 y sp2, y *Polycentropus* sp1) y Ephemeroptera (*Leentvaaria palpalis*). Estos grupos,

principalmente Plecoptera, requieren de buena oxigenación y hábitats poco perturbados, como los observados en la parte alta de la cuenca. Adicionalmente, Odonata también estuvo bien representada en esta área y cuatro especies fueron exclusivas de esta localidad: dos especies de Anisoptera Libellulidae (*Cannaphila vibex* y *Erythemis* sp1) y dos de Zygoptera Coenagrionidae (*Acanthagrion* sp1 y *Argia* sp2).

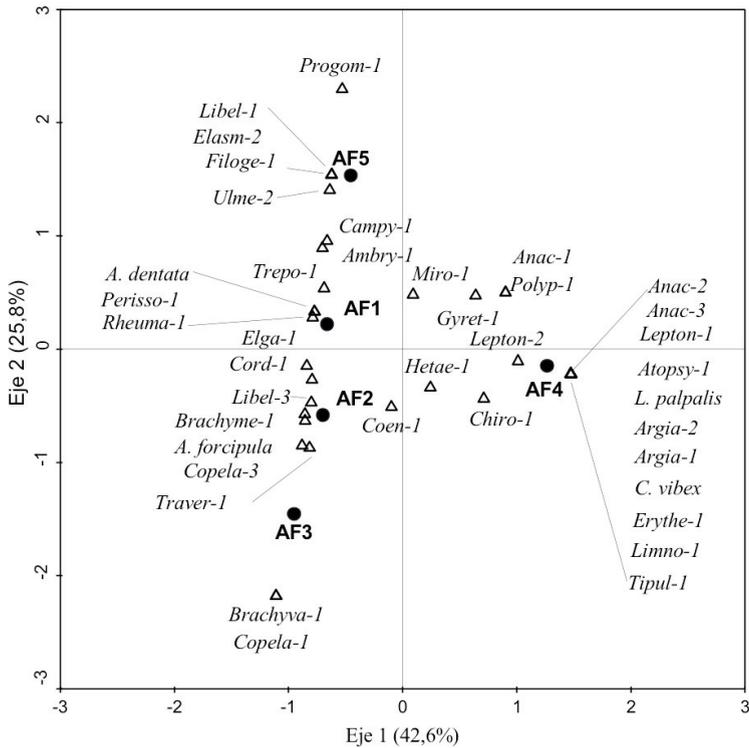


Figura 6. Diagrama de ordenación del análisis de correspondencia basado en la frecuencia de aparición de especies de insectos en las distintas áreas focales (AF). Para abreviatura de nombres ver anexo 1.

Siguiendo el gradiente, el río Uey medio (AF5) se distingue de las demás áreas focales por la mayor frecuencia de aparición de especies de Odonata y Hemíptera, distintas a las encontradas en AF4. Entre los odonatos están tres especies de Anisoptera (Libellulidae sp1, sp2 y Gomphidae *Progomphus* sp1) y una de Zygoptera Libellulidae (*Diaostops* sp1). Entre los hemípteros se encontraron Gerridae (*Trepobates* sp1) y Naucoridae (*Ambrysus* sp1). Adicionalmente, los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera estuvieron representados solo por una especie: *Ulmeritoides* sp1 y *Campylocia* sp1, respectivamente.

El AF1 se caracterizó por la mayor frecuencia de aparición de las especies de Odonata Perilestidae *Perissolestes* sp1 y Gomphidae *Aphylla dentata*. Las demás especies son compartidas entre las AF1 y AF5, familias Naucoridae y Gerridae del orden Hemiptera.

Por último, las áreas focales AF2 y AF3 que corresponden al río Cuyuní, fueron similares en composición y frecuencia de aparición de especies. Este resultado indica que aparentemente la composición de insectos entre ambas áreas focales no cambia por la confluencia del río Uey, dado que el AF2 está ubicado antes de la confluencia y el AF3 está ubicada posterior a esta. Es importante destacar que en estas dos estaciones la composición de especies estuvo representada principalmente por odonatos de las familias Libellulidae y Corduliidae, pero los Libellulidae fueron especies diferentes a las encontradas en el resto de las áreas focales. Finalmente, la familia Dytiscidae (Coleoptera) solo se colectó en las áreas focales del río Cuyuní.

### **Distribución de especies y su relación con las variables fisicoquímicas**

La prueba de permutación basada en todos los auto-valores canónicos (prueba de Monte Carlo) para el análisis de correspondencia canónico mostró que la relación entre la frecuencia de aparición de especies de insectos y las variables fisicoquímicas fue significativa ( $p < 0,01$ ). La varianza explicada en los primeros dos ejes canónicos fue 73,7%. Las variables fisicoquímicas seleccionadas mediante la técnica “forward selection” fueron la transparencia, la temperatura, la profundidad y sólidos totales suspendidos. Estas se relacionaron significativamente con la frecuencia de aparición de las especies de insectos ( $p < 0,05$ ) (Figura 7).

Las áreas focales se distribuyen de manera similar al resultado del análisis sin la restricción de las variables ambientales (AC). El primer eje ordena las AF y a los insectos basado en la transparencia del agua y temperatura. Así, las AF ubicadas del lado derecho del eje 1 estuvieron asociadas a aguas transparentes y de menor temperatura. Las especies de los órdenes Plecoptera, Trichoptera y Ephemeroptera estuvieron asociadas a esta condición, al igual que para algunas especies de Odonata exclusivas de las AF4 y AF5. El resto de las áreas focales estuvieron asociadas a mayores temperaturas del agua. El segundo eje, diferencia al AF3 por estar asociada a una mayor cantidad de sólidos totales en suspensión. Los órdenes relacionados a esta condición fueron Coleoptera (*Copelatus* sp1, sp2 y sp5) y Odonata (*Aeshnosoma forcipula* y *Elga* sp1). Por último, las AF1 y AF2 se caracterizaron por ser de aguas más profundas y las especies predominantes correspondieron al orden Odonata con diez especies (Libellulidae, Corduliidae, Coenagrionidae y Megaponagrionidae), seguido por Ephemeroptera con tres especies (*Traverella* sp 1, *Ulmeritoides* sp1, y *Campylocia* sp1) y Hemiptera (*Ambrysus* sp1).

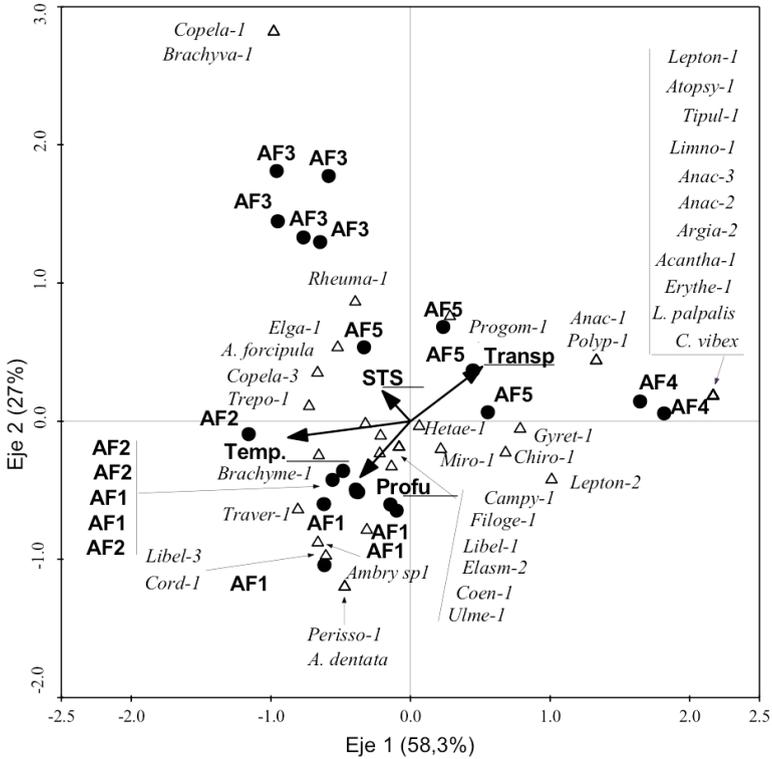


Figura 7. Diagrama de ordenación del análisis de correspondencia canónico (ACC) de la frecuencia de aparición de las especies de insectos y las variables fisicoquímicas. Temp= Temperatura (°C), Transp= Transparencia (cm), Profu= Profundidad (cm), STS= Sólidos Totales Suspendidos (mg/L). Para nombres de las especies ver Anexo 1.

## Discusión

Aunque los resultados con las curvas de acumulación de especies revelan que la riqueza global es mayor que la estimada, se pudo detectar diferencias entre las áreas focales, tanto en la riqueza especies como en la composición. La diferencia en riqueza de especies entre las áreas focales AF4 (Alto Uey) y AF3 (Bajo Cuyuní) muestra que la comunidad es mucho más compleja en el AF4 asociada a un hábitat menos perturbado, mientras que el AF3 fue la más afectada por minería (Lasso *et al.* 2009b) y también la más pobre en especies. Hay que resaltar que en el AF4 se registró el mayor número de especies a pesar de ser la localidad con menor número de estaciones de muestreo.

En los estudios de ríos a nivel local sobre la estructuración de comunidades de insectos acuáticos, se ha evidenciado patrones que son modulados por variables hidrológicas (ancho, profundidad, velocidad de corriente), fisico-químicas, de recursos (tipos

de sustrato) e incluso biológicas (depredación) (Allan 1995, Vinson y Hawkins 1998, García y Pereira 2003, Ramírez y Hernández 2004, Pérez y Segnini 2005, Blanco-Belmonte 2006, Guerrero 2007). Al relacionar la riqueza de especies con las variables ambientales consideradas en el presente estudio, se obtuvo un resultado opuesto al reportado por otros autores que predicen que la riqueza se correlaciona negativamente con el ancho del río (McCreadie et al. 2005, Guerrero 2007). En nuestro estudio se observó lo contrario, lo cual puede estar asociado al hecho de que en el AF4 el muestreo fue hecho en las nacientes del río Uey (cauce principal) el cual se forma por la unión de muchos brazos interdependientes; de manera que la riqueza debe estar asociada a características de una zona de confluencia donde el número de microhábitats es superior, como se ha registrado en otros estudios para esa zona (Rosales et al. 2007, Blanco-Belmonte 2006) En el resto de las estaciones (parte media y baja de la cuenca) la mayoría de los muestreos se efectuaron en quebradas de menor ancho. Adicionalmente, el hecho de que la mayor riqueza de especies se registrara en las áreas focales AF4 y AF5, concuerda con diversos estudios en donde la mayor riqueza de especies generalmente está asociada a ambientes de rápidos y mayor diversidad de sustrato (lecho rocoso) (Blanco-Belmonte 1989, Vinson y Hawkins, 1998, Hamada et al. 2002, Guerrero 2007) como fueron las características del hábitat de estas áreas focales.

Por otra parte, la mayor riqueza de especies también se ha relacionado con variables físicoquímicas en estudios a nivel local (Vinson y Hawkins 1998). En Venezuela por lo general, se ha reportado, tanto para la región Guayana como para otras regiones, que existe mayor riqueza de especies en sitios con mayor concentración de oxígeno disuelto y aguas transparentes (Maldonado 2001, García y Pereira 2003), mientras que, en otros casos estas variables no tienen relación con la riqueza (McCreadie et al. 2005, Guerrero 2007). En el presente estudio, adicional a la relación positiva de la riqueza con el ancho del cauce, también se encontró una relación negativa con la temperatura donde la mayor riqueza de especies se registró en sitios con menor temperatura, como también se ha reportado en otros estudios (Hamada et al. 2002)

Aunque la perturbación por minería produce efectos negativos sobre la biota en general, en nuestro caso no se demostró estadísticamente que la turbidez, sólidos totales disueltos y sólidos totales en suspensión, tuvieran una relación negativa con la riqueza, a diferencia de lo reportado por García y Pereira (2003). Sin embargo, los sólidos totales en suspensión fueron mayores en las áreas focales AF1:2, AF2:16 y AF3:26, donde se observó actividad minera y las mismas mostraron menor riqueza de especies. Esta aparente contradicción puede ser debida al bajo número de réplicas en el muestreo. Adicionalmente, los insectos representan un ítem alimenticio importante para peces y en general para la transferencia de energía a través de los niveles tróficos (Wallace y Webster 1996, Samudio et al. 2005), de manera que otra variable importante que puede influenciar la riqueza de especies de insectos en ambientes lóticos es la depredación (Flecker 1992, Ramírez y Hernández 2004). Sin embargo, no

se obtuvo correlación entre la riqueza de insectos y la riqueza y abundancia de peces, a pesar de que la riqueza de peces incrementó aguas abajo en el gradiente (Lasso *et al.* 2009a), siendo este resultado inverso al encontrado para insectos.

La composición de especies también varió a lo largo del gradiente. Según el análisis de correspondencia en el AF4 estuvieron representados casi todos los órdenes a excepción de Coleoptera. La representatividad de los órdenes disminuye en el gradiente aguas abajo, donde existen cambios ambientales propios del río, así como un incremento de la perturbación antrópica por minería, como es el caso del AF3 al final del gradiente (río Cuyuní) después de la confluencia con el río Uey.

La mayoría de las especies que registraron mayor frecuencia de aparición en el AF4 son características de aguas rápidas y poco profundas, especies de *Anacroneturia* (Plecoptera) (Maldonado 2001, Pérez y Segnini 2005), Hydrobiosidae (Trichoptera) (Stehr 1987) y Leptophlebiidae (Ephemeroptera) (Fernández y Domínguez 2001, Pérez y Segnini 2005). Estos tres órdenes han sido utilizados frecuentemente como indicadores de calidad de agua en índices bióticos (Segnini 2003). Entre los odonatos, aunque representado por pocas especies, los Coenagrionidae son generalmente de aguas corrientes, mientras que Libellulidae pueden ser muy variables en sus requerimientos de hábitats, la mayoría de ellos asociados a ambientes poco profundos y de flujo lento o de remansos, aunque algunos géneros pueden encontrarse en rápidos (McCafferty 1981, Stehr 1987).

En el AF5 se comienza a observar mayor variedad de hábitats tanto rápidos como hábitat con flujo lento y/o remansos. Por ello, observamos que las principales especies más frecuentes son asociadas a estos ambientes. Así tenemos a especies de Leptophlebiidae y *Campylocia* (Euthyplociidae Ephemeroptera) típicas de quebradas, y Gerridae y Naucoridae (Hemiptera) y Gomphidae que son especies asociadas a hábitats de remansos y aguas poco profundas, en particular las especies de Gomphidae que son excavadores de lechos arenosos (Stehr 1987).

En las áreas focales AF1, AF2, y AF3, la mayoría de las especies están asociadas a hábitats de flujo lento y remansos. Así, Naucoridae, Gerridae (Hemiptera), Gomphidae y Perilestidae (Odonata) son de aguas de flujo lento y/o de remansos en su mayoría asociadas a vegetación acuática; estos grupos fueron más frecuentes en el AF1. Igualmente, Libellulidae, Corduliidae (Odonata) y Dysticidae (Coleoptera) fueron muy frecuentes en las áreas focales AF2 y AF3. Las familias Libellulidae y Corduliidae se caracterizan por ser tolerantes a aguas eutróficas y algunas especies pueden ser tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno (McCafferty 1981, Stehr 1987). Como ya se ha mencionado en las AF1 y AF3 se observó actividad minera en algunas de las estaciones donde se colectaron insectos AF1:2, AF2:16, AF3:26 y en muchas otras donde no se colectaron, lo que implica una perturbación general en esta sección de la cuenca, que no solo se evidencia a través de la remoción de sedimentos, sino también de tóxicos utilizados en esta actividad.

Algunas variables fisicoquímicas estuvieron relacionadas con los cambios en composición de especies observado. Así las especies de las áreas focales AF4 y AF5

están asociadas a aguas más transparentes, que desde luego representan aguas de mejor calidad y menor perturbación, igualmente estas áreas registraron mayores valores de oxígeno disuelto, aunque, esta variable no fue significativa para ser seleccionada por el análisis. Además, estas áreas focales que corresponden a sitios de rápidos presentan características que hacen que estos ambientes sean más favorables para el establecimiento de la comunidad de insectos, entre ellas: sustrato estable, flujo constante de agua y nutrientes, y disponibilidad de refugios principalmente para insectos depredadores (Maldonado 2001, Pérez y Segnini 2005).

Las áreas focales AF1 y AF2 registraron mayor temperatura y profundidad, esta última correspondiendo más bien a una variable hidrológica. La mayor temperatura pudiera ser producto de la menor altitud, deforestación de la vegetación de los márgenes del río y mayor entrada de radiación, lo cual puede modificar negativamente la composición de especies de insectos. Adicionalmente, este parámetro está relacionado inversamente a la disponibilidad de oxígeno, lo cual es negativo para la biota en general. En cuanto a la mayor profundidad del agua en estas áreas focales, este resultado está directamente relacionado al flujo lento del agua, y los insectos registrados están asociados a este tipo de hábitat. Los mismos normalmente se ubican en las márgenes de los ríos y quebradas, en la mayoría de los casos asociada a vegetación acuática. Este resultado en general concuerda con los reportados para Odonata, Trichoptera y Ephemeroptera por Blanco-Belmonte (2006) y Guerrero (2007).

Por último, el AF3 mostró mayor cantidad de sólidos totales en suspensión, producto de la mayor perturbación por la actividad minera y las especies asociadas corresponden principalmente a odonatos los cuales pueden tolerar ambientes más perturbados, como es el caso de Cordullidae y Libellulidae. La actividad minera tiene un efecto directo sobre la entomofauna como el envenenamiento por la utilización de cianuro y mercurio, y efectos negativos sobre la respiración debido a la remoción de sedimentos (De Marmels 2003). De hecho esto concuerda con la menor riqueza de especies observada en el AF3.

En conclusión, las AF4 y AF5 del alto y medio río Uey respectivamente, fueron las menos perturbadas, de aguas más transparentes, mayor disponibilidad de oxígeno disuelto, flujo rápido y aguas menos profundas, todas estas características de las zonas rítrónicas que favorecen el establecimiento de una comunidad de insectos más diversa. Por otro lado, las AF1, AF2 y AF3 muestran características propias de la zona –potámica del río como mayor temperatura, mayor profundidad y flujo lento, que hace que se establezcan especies con diferentes requerimientos de hábitat. Sin embargo, el cambio en la composición de especies sumado, a la disminución de la riqueza en esta sección de la cuenca también es producto de la perturbación por minería, principalmente dada la relación encontrada entre dicho cambio y la concentración de sólidos totales en suspensión para AF3. Las condiciones de estas áreas con mayor turbidez pueden ser toleradas por algunas especies de Libellulidae, Cordullidae y Gerridae (Stehr 1991, Molano-Rendón 2008), mientras que la ausencia

de los grupos Plecoptera y Trichoptera y disminución de la frecuencia de Ephemeroptera es un importante indicativo del efecto de la minería siendo los grupos más sensibles ante perturbaciones.

**Agradecimientos.** Este estudio fue realizado en el marco de la Evaluación Biológica Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos del Alto Cuyuní (RAP Alto Cuyuní 2008), financiado por la Compañía Aurífera Brisas del Cuyuní C.A., Gold Reserve de Venezuela y Conservación Internacional Venezuela.

### Bibliografía.

- 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. Tesis de licenciatura. Universidad Central de Venezuela, Caracas. 56 pp.
- ALLAN, D. J. 1995. Stream ecology structure and function. Chapman y Hall. London. 388 pp.
- BLANCO-BELMONTE, L. 1989. Estudio de las comunidades de invertebrados asociados a las macrófitas acuáticas de tres lagunas de inundación de la sección baja del río Orinoco, Venezuela. *Memoria Sociedad Ciencias Naturales La Salle*. 49: 71–107.
- BLANCO-BELMONTE, L. 2006. Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados en tres fases hidrológicas en el Bajo Caura. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales Universidad Nacional Experimental de Guayana. Ciudad Guayana 125p.
- BLANCO-BELMONTE L. 2013. Insectos acuáticos asociados a tres ríos de morichal de los llanos orientales, cuenca del Orinoco, Venezuela. Pp: 165–175. *En: Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonia Colombo-Venezolana. Parte I. Serie Editorial “Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). vol. VII.*
- BLANCO-BELMONTE, L., J. J. NEIFF, Y A. POI DE NEIFF 1998. Invertebrate fauna associated with floating macrophytes in the floodplain lakes of the Orinoco (Venezuela) and Paraná (Argentina). *Verhandlungen Internationalen Verein Limnologie*. 26: 2030–2034.
- BLANCO-BELMONTE, L., A. BASTARDO, J. ROSALES. 2004. Functional contribution of invertebrates, bacteria and fungi to leaf decomposition in a black water tropical *Acta Biologica Venezuelica*. 24(2): 1–10.
- BULLA, L. A. 1995. El análisis de componentes principales en ecología. Trabajo de Ascenso a Profesor Titular. Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 239 pp.
- COLWELL, R. K. Y J. A. CONDDINGTON. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* 345: 101–118.
- COLWELL, R. K., C. X. MAO Y J. CHANG. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85 (10): 2717–2727.
- COLWELL, R. K., 2006. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 8. User’s Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- CORREA, I. Y. 2000. Desarrollo de un índice biótico utilizando macroinvertebrados béticos para evaluar la calidad ecológica del agua de la Cuenca Alta del Río Chama. Tesis de Grado. Mérida: Universidad de los Andes. 52 pp.

- GRESSA, C. 1994. Changes in the structure on the benthic macroinvertebrates community in a tropical river. *Verhandlungen Internationalen Verein Limnologie*. 25: 1853–1855.
- GRESSA, C. 1998. Community composition and structure of macroinvertebrates of the river Camurí Grande, Venezuela. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 26: 1008–1011.
- DE MARMELS, J. 2003. Odonatos. Pp. 312–325. En: Aguilera, M., A. Azócar y E. Gonzáles (Eds.). Biodiversidad en Venezuela. Fundación Polar y Ministerio de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Caracas, Venezuela.
- FERNÁNDEZ, H. R. Y E. DOMÍNGUEZ (Eds.). 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Serie: Investigaciones de la UNT. Subserie: Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. 282 pp.
- FERREIRA-PERUQUETTI, P.S. Y A. A. FONSECA-GESNNER, 2006. Spatial distribution and seasonality of *Heliocharis amazona* Selys in a Cerrado area of Sao Paulo State, Brazil (Zygoptera: Dicteteriidae). *Odonatologica* 35(1): 41–46.
- FLECKER, A. 1992. Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: Evidence from neotropical stream. *Ecology* 73 (2): 438–448.
- FLECKER, A. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical stream. *Ecology* 77 (6): 1845–1854.
- FLECKER, A. Y B. FEIFARECK, 1994. Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. *Freshwater Biology* 31: 131–142.
- GARCÍA, J. Y G. PEREIRA. 2003. Diversidad de macroinvertebrados bentónicos de la cuenca del río Caura, Estado Bolívar, Venezuela. Pp. 144–150. En: Chernoff, B., A. Machado-Allison., K. Riseng y J. Montambault (Eds.). Una Evaluación Rápida de los Ecosistemas Acuáticos de la Cuenca del Río Caura, Estado Bolívar, Venezuela. Boletín RAP de Evaluación Biológica 28. Conservation International Washington, DC.
- GRAÇA M. A. S. Y C. GRESSA. 2010. Leaf Quality of Some Tropical and Temperate Tree Species as Food Resource for Stream Shredders. *International Review of Hydrobiology*. 95, (1): 27–41.
- GRILLET, M. E. Y R. BARRERA. 1997. Spatial and temporal abundance, substrate partitioning and species co-occurrence in a guild of Neotropical blackflies (Diptera: Simuliidae). *Hydrobiologia*. 345 (2–3): 197–208.
- GUERRERO, E. 2007. Aspectos de la estructura comunitaria de los insectos acuáticos de ríos del sector este de la Gran Sabana (P.N. Canaima). Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. 68 pp.
- HAMADA, N. S. Y R. MARQUES. 2003. An illustrated key to nymphs of Perlidae (Insecta, Plecoptera) genera in Central Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 47 (3): 477–480
- HAMADA, N. J., W. MCCREADIE Y P. H. ADLER. 2002. Species richness and spatial distribution of blackflies (Diptera: Simuliidae) in stream of Central Amazonia, Brasil. *Freshwater Biology* 47 (1): 31–40.
- LASSO, C., D. LEW, D. TAPHORN, C. DONASCIMENTO, O. LASSO-ALCALÁ, F. PROVENZANO Y A. MACHADO-ALLISON. 2004 (“2003”). Biodiversidad Ictiológica Continental de Venezuela. Parte I: Lista de especies y distribución por cuencas. *Memoria Fundación La Salle Ciencias Naturales* 159-169: 105–196.
- LASSO, C. A., L. MESA, J. I. MOJICA, O. M. LASSO-ALCALÁ, A. MARCANO, A. GIRALDO, D. PISAPIA, O. FARINA, A. MACHADO-ALLISON, F. PROVENZANO Y K. GONZÁLEZ-OROPEZA. 2009a. Peces de los ríos Cuyuní y Uey, cuenca del Cuyuní, Estado Bolívar (Venezuela): inventario, distribución, conservación y algunos aspectos ecológicos. Pp:106–119. En: Evaluación Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos de la Cuenca Alta del Río Cuyuní, Estado Bolívar, Venezuela. Boletín de Evaluación Biológica 55. Conservation International Washington, D. C.

- LASSO C.A., J. C. SEÑARIS, A. RIAL Y A.L. FLORES. (Ed.) 2009b. Evaluación Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos de la Cuenca Alta del Río Cuyuní, Estado Bolívar, Venezuela. Boletín de Evaluación Biológica 55. Conservation International Washington, D. C. 235 pp.
- LÓPEZ-ORTAZ A., R. MARTÍN, M. ORTAZ 2010. Macroinvertebrados acuáticos del Ramal de Calderas, Andes de Venezuela. Pp. 59–66. *En*: Rial, B. A., J. C. Señaris, C. A. Lasso, A. Flores (Eds.) Evaluación rápida de la biodiversidad y aspectos socioeconómicos del Ramal de Calderas, Andes de Venezuela. RAP Bulletin of Biological Assessment. 56. Conservation International. Arlington, VA. USA.
- LUGO, S. M. Y A. FERNÁNDEZ 1994. Cambios en la composición y diversidad de la entomofauna del río Guey, Parque Nacional Henri Pittier, estado Aragua, Venezuela. *Boletín de Entomología Venezolana*. 9: 25–32.
- MALDONADO, V. 2001. Biodiversidad de plecópteras (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en Venezuela. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 92 pp.
- MCCAFFERTY, W. P. 1981. Aquatic Entomology. Boston USA: Jones and Bartlett Publishers. 448 pp.
- MCCREADIE J., N. HAMADA Y M. E. GRILLET. 2004. Spatial and temporal distribution of preimaginal blackflies in neotropical stream. *Hidrobiología* 513 (1): 183–196.
- MCCREADIE J. W., P. H. ADLER Y N. HAMADA. 2005. Patterns of species richness for blackflies (Diptera: Simuliidae) in the Nearctic and Neotropical regions. *Ecological Entomology* 30 (2): 201–209.
- MOLANO-RENDÓN F., E I. T. MORALES-CASTAÑO. 2008. Clasificación y hábitats de Gerridae (Heteroptera-Gerromorpha) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. Vol. 13 No. 2: 41-60.
- MORA-DAY, J. Y L. BLANCO-BELMONTE. 2008. Macroinvertebrados acuáticos del alto río Paragua, cuenca del río Caroni, Estado Bolívar, Venezuela. Pp. 97–109. *En*: Evaluación Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos de la Cuenca Alta del Río Paragua, Estado Bolívar, Venezuela. Boletín RAP de Evaluación Biológica 49. Conservation International Washington, D. C.
- MORA-DAY, J. C. MAGALHÃES, M. EL SOUKI, L. BLANCO-BELMONTE. 2009. Macroinvertebrados acuáticos de los Ríos Cuyuní y Uey, cuenca del Cuyuní, Estado Bolívar, Venezuela. Pp. 89–105. *En*: Evaluación Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos de la Cuenca Alta del Río Cuyuní, Guayana Venezolana. Boletín RAP de Evaluación Biológica 55. Conservation International Washington, D. C.
- NAUMANN, I. D. 1991. Insects of Australia. Segunda edición. CSIRO. Melbourne University Press. Canberra, Australia. 1037 pp.
- PEREIRA G, J. V. GARCÍA, A. MARCANO, O. LASSO-ALCALÁ, R. MARTINEZ-ESCARBASSIERE. 2006. Los macroinvertebrados bentónicos de la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari. Pp. 96–106. *En*: Lasso, C. A., J. C. Señaris, L. Alonso, 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. Conservation International, Washington.
- PÉREZ, B. Y S. SEGNINI. 2005. Variación espacial de la composición y diversidad de géneros de Ephemeroptera (Insecta) en un río tropical altandino. *Entomotropica* 20(1): 49–57.
- PISAPIA D. A. MORA, O. FARINA, C.A. LASSO, RUDOLF JAFFE Y H. Q. BRICEÑO. 2009. Geoquímica de los sistemas acuáticos de la cuenca alta del río Cuyuní, Estado Bolívar, Venezuela: RAP Alto Cuyuní 2009. Pp: 60-73. *En*: Evaluación Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos de la Cuenca Alta del Río Cuyuní, Estado Bolívar, Venezuela.

- Boletín de Evaluación Biológica 55. Conservation Internacional Washington, D. C.
- RAMÍREZ, A. Y L. R. HERNÁNDEZ-CRUZ. 2004. Aquatic insect assemblage in shrimp-dominated tropical streams, Puerto Rico. *Biotropica* 36(2): 259–266.
- RIINA, R. Y O. HUBER. 2003. Ecosistemas exclusivos de la Guayana. Pp: 828–861. *En*: Aguilera M., A. Azocar y E. González (Eds.). Biodiversidad en Venezuela. Fundación Polar y Ministerio de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Caracas, Venezuela.
- RINCÓN J. E. 1996. Análisis de la comunidad de insectos acuáticos en el caño Paso del Diablo, Guasare-Edo. Zulia. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 196 pp.
- RINCÓN, J. E. Y C. CRESSA. 2000. Temporal variability of macroinvertebrates assemblages in a neotropical intermittent stream, Venezuelen. *Archiv Für Hydrobiologie* 148: 421–432.
- RINCÓN J.E., L. MARTINEZ, E. LEÓN Y N. AVILA. 2005. Procesamiento de la hojarasca de *Anacardium excelsum* en una corriente intermitente tropical del noreste de Venezuela. *Interciencia*. 30(4): 228–234.
- ROLDÁN, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Impreandes Presencia S. P., Fondo FEN, Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá, Colombia. 217 pp.
- ROSALES, J., C. VISPO, N. DEZZEO, L. BLANCO-BELMONTE, C. KNAB-VISPO, N. GONZALEZ, C. BRADLEY, D. GILVEAR, G. ESCALANTE, N. CHACÓN AND G. PETTS. 2002. 6. “Ecohydrology of Riparian Forest in the Orinoco River Basin” *En*: The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands”. IAHS Special Publication no. 6: 93–110.
- ROSALES, J., L. BLANCO-BELMONTE Y C. BRADLEY 2007. 16. Hydrogeomorphological and Ecological Interactions in Tropical Floodplains: The Significance of Confluence Zones in the Orinoco Basin, Venezuela. *En*: Hydroecology and Ecohydrology: Past, Present and Future, Edited by Paul J. Wood, David M. Hannah and Jonathan P. Sadler. John Wiley & Son. 295–316.
- SAMUDIO H., C. A. LASSO, A. GIRALDO, J. MORA-DAY Y O. M. LASSO-ALCALÁ. 2005. Hábitos alimenticios de los peces de un río de aguas claras afluente del río Paragua, Escudo Guayanés, Venezuela. Pp. 125-134. *En*: Señaris J. C., C. A. Lasso y A. L. Flores (Eds.). Evaluación Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos de la Cuenca Alta del Río Paragua, Estado Bolívar, Venezuela. Boletín RAP Evaluación Biológica 49. Conservation Internacional Washington, D.C.
- SEGNINI, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos* 16 (2):45-63.
- SENA, L. 2003. Comparación teórico-práctica de varios métodos matemáticos para estimar el número total de especies de una comunidad a partir de muestras parciales. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas. pp. 71.
- STEHR, F. W. (Ed.). 1987. Immature Insects. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuqueque, Iowa, Vol. I (754 pp) - Vol. II (975 pp).
- STEHR F. W. 1991. Immature insects, vol. 2. Kendal/Hunt, Dubuque, Iowa. 658pp.
- TER BRAAK C. J. Y P. SMILAUER 1998. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for window. –Software for canonical community ordination. Microcomputer Power, Ithaca, N.Y. 351 pp.
- VINSON, M. R. Y C. P. HAWKINS. 1998. Biodiversity of stream insects: Variation at local, basin and regional scales. *Annual Review of Entomology* 43: 271–93.
- WALLACE, J. B. Y J. R. WEBSTER 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology* 41:115–139.

Anexo 1 Variables ambientales, riqueza y abundancia de peces medidos. Pisapia *et al.* (2009) y Lasso *et al.* (2009b).

	Ancho (m)	Prof (cm)	Transp (cm)	Temp. (°C)	pH	Turb (NTU)	OD (mg/L)	STD (gr/L)	Cond. (μS/cm)	STS (mg/L)	Riq Insec	Riq pec	Abu pec
AF1 1	6	60	50	24,6	5,27	4,36	2,61	0,007	10	3,4	10	26	512
AF1 2	4	75	25	25	5,47	66,3	3,85	0,026	40	45,3	7	33	613
AF1 4	3,5	55	55	23,6	5,38	3,24	1,04	0,007	15	3,3	7	9	54
AF1 6	3,9	55	55	24,1	6,87	1,86	2,76	0,007	10	4,4	7	24	397
AF1 9	4,5	40	40	24,06	5,88	3,4	3,21	0,008	12	4,4	9	33	636
AF1 13	1,3	30	30	23,63	5,83	6,15	3,9	0,007	11	8,563	11	25	229
AF2 16	4	40	10	25,66	6,03	105,5	4,21	0,007	10	73,6	9	24	83
AF2 17	4	20	20	24	5,66	1,89	5	1,89	10,4	6,78	7	15	206
AF2 19	5	60	60	24,39	5,61	1,89	3,99	0,005	8	2,94	2	27	276
AF2 20	2	30	30	24,2	6,14	1,89	3,99	0,005	17,4	16,16	3	16	260
AF3 24	1,5	20	100	23,7	5,67	0	5,47	0	11,5	3,3	5	14	140
AF3 25	1,3	20	100	24,2	5,67	0	4,54	0	10,2	3,3	3	15	55
AF3 26	3,5	50	7	24,8	6	0	5,7	0	17,1	323,24	4	22	136
AF3 27	4	1,1	100	24	5,95	0	7,07	0	6,2	0,87	2	10	78
AF3 29	1,5	20	100	23,9	5,32	0	2,82	0	8	0,76	3	13	60
AF4 35 (Y1)	11	20	100	19,5	5,68	0	5,6	0	11,9	2,08	12	3	65
AF4 40 (Y6)	6	20	100	19,8	5,29	0	7	0	20,6	2,34	7	1	3
AF5 21	1,5	50	100	22	5,72	1,62	3,81	0,008	12	1,36	8	9	10
AF5 21B (X2)	2	50	100	23,5	5,71	1,99	3,92	0,008	13	4,18	6	2	8
AF5 22	12	38	100	22,04	6,15	1,36	5,34	0,006	9	1,98	5	13	23
AF5 33	3	30	100	22,3	5,84	1,36	5,02	0,006	11,5	6,62	7	24	110 9

Anexo 2 Lista de especies colectadas en cada una de las áreas focales (AF) y sus valores de frecuencia de aparición.

Taxón	Abreviaturas	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5
<b>EFEMEROPTERA</b>						
<b>Caenidae</b>						
Caenidae sp.1		0,13	0	0	0	0
<b>Euthyplociidae</b>						
<i>Campylocia anceps</i> Eaton, 1883	<i>Campy-1</i>	0,13	0,25	0	0	0,4
<b>Leptophlebiidae</b>						
<i>Leentvaaria palpalis</i> Demoulin, 1966	<i>L. palpalis</i>	0	0	0	0,5	0
<i>Traverella</i> sp.1	<i>Traver-1</i>	0	0,5	0	0	0
<i>Miroculis</i> sp.1	<i>Miro-1</i>	0,25	0,25	0	0,5	0,4
<i>Ulmeritoides</i> sp.1	<i>Ulme-2</i>	0,5	0	0	0	0,6
<b>ODONATA Anisoptera</b>						
<b>Aeshnidae</b>						
<i>Staurophlebia</i> sp.1		0	0	0,17	0	0
<b>Corduliidae</b>						
<i>Aeshnosoma forcipula</i> Selys, 1875	<i>A. forcipula</i>	0,38	0,75	0,5	0	0,2
Corduliidae sp.1	<i>Cord-1</i>	0,5	0,5	0	0	0
<b>Gomphidae</b>						
<i>Ebegomphus</i> = <i>Cyanogomphus conchinus</i> ?						
Williamson, 1916		0	0,25	0	0	0
<i>Phyllogomphoides</i> sp.1		0	0,25	0	0	0
<i>Progomphus</i> sp.1	<i>Progom-1</i>	0	0	0	0	0,6
<i>Desmogomphus</i> sp.1		0	0	0	0	0,2
<i>Melanocacus mungo</i> Belle, 1986		0,13	0	0	0	0
<i>Aphylla dentata</i> Selys, 1859	<i>A. dentata</i>	0,38	0	0	0	0
<b>Libellulidae</b>						
<i>Brachymesia</i> sp.1	<i>Brachyme-1</i>	0,75	0,5	0,33	0	0
<i>Erythemis</i> sp.1	<i>Erythe-1</i>	0	0	0	0,5	0
<i>Elasmothemis</i> sp.1		0,13	0	0	0	0
<i>Elga</i> sp.1	<i>Elga-1</i>	0,38	0	0,33	0	0,2
<i>Libellulidae</i> sp.1	<i>Libel-1</i>	0,25	0	0	0	0,4
<i>Libellulidae</i> sp.2		0,13	0	0	0	0
<i>Libellulidae</i> sp.3	<i>Libel-3</i>	0,13	0,25	0	0	0
<i>Elasmothemis</i> sp.1		0	0	0	0	0,2
<i>Elasmothemis</i> sp.2	<i>Elasm-2</i>	0,13	0	0	0	0,2
<i>Erythrodiplax</i> sp.1		0	0	0,17	0	0
<i>Cannaphila vibex</i> Hagen 1861	<i>C. vibex</i>	0	0	0	0,5	0
<b>ODONATA Zygoptera</b>						
<b>Calopterigidae</b>						
<i>Hetaerina</i> sp.1	<i>Hetae-1</i>	0,38	0	0,17	0,5	0
<b>Coenagrionidae</b>						
<i>Telebasis</i> sp.1		0	0,25	0	0	0
Coenagrionidae sp.1	<i>Coen-1</i>	0,38	0,5	0,17	0,5	0
<i>Acanthagrion</i> sp.1	<i>Acantha-1</i>	0	0	0	0,5	0
<i>Acanthagrion</i> sp.2		0,13	0	0	0	0
<i>Argia</i> sp.1		0,13	0	0	0	0
<i>Argia</i> sp.2	<i>Argia-1</i>	0	0	0	0,5	0
<b>Dicteriadiidae</b>						
<i>Heliocharis amazona</i> Selys, 1853		0	0	0,17	0	0
<b>Perislestidae</b>						
<i>Perissolestes</i> sp.1	<i>Perisso-1</i>	0,38	0	0	0	0
<b>Megaponagrionidae</b>						
<i>Filogenia</i> sp.1	<i>Filoge-1</i>	0,13	0	0	0	0,2

## Anexo 2 (Continuación)

Taxón	Abreviaturas	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5
<b>PLECOPTERA</b>						
<i>Anacroncura</i> sp.1	<i>Anac-1</i>	0	0	0	0,5	0,2
<i>Anacroncura</i> sp.2	<i>Anac-2</i>	0	0	0	0,5	0
<i>Anacroncura</i> sp.3	<i>Anac-3</i>	0	0	0	0,5	0
<b>HEMIPTERA</b>						
<b>Belostomatidae</b>						
<i>Weberiella</i> sp.1		0,13	0	0	0	0
<b>Guerridae</b>						
<i>Rheumatobates</i> sp.1	<i>Rheuma-1</i>	0,13	0	0,17	0	0,2
<i>Trepobates</i> sp.1	<i>Trepo-1</i>	0	0,25	0	0	0,2
<i>Trepobates</i> sp.2		0,13	0	0	0	0
<b>Naucoridae</b>						
<i>Ambrysus</i> sp.1	<i>Ambry-1</i>	0,5	0	0	0	0,2
<i>Limnocoris</i> sp.1	<i>Limno-1</i>	0	0	0	0,5	0
<b>Notonectidae</b>						
<i>Martarega</i> sp.1		0	0	0	0	0,2
<b>COLEOPTERA</b>						
<b>Dytiscidae</b>						
<i>Copelatus</i> sp.1	<i>Copela-1</i>	0	0	0,5	0	0
<i>Copelatus</i> sp.2		0	0	0,17	0	0
<i>Copelatus</i> sp.3	<i>Copela-3</i>	0,38	0,5	0,33	0	0
<i>Dytiscidae</i> sp.4		0	0	0,17	0	0
<i>Brachyvatus</i> sp.1	<i>Brachyva-1</i>	0	0	0,33	0	0
<i>Laccophilus</i> sp.1		0,13	0	0	0	0
<b>Gyrinidae</b>						
<i>Gyretes</i> sp.1	<i>Gyret-1</i>	0,13	0	0	0,5	0,2
<i>Gyretes</i> sp.2		0	0	0,17	0	0
<b>Hydrophilidae</b>						
<i>Dibolocelus</i> sp.1		0,13	0	0	0	0
<b>DIPTERA</b>						
<b>Chironomidae</b>						
Chironomidae sp.1	<i>Chiro-1</i>	0	0,25	0	0,5	0
Chironomidae sp.2		0	0	0	0	0,2
<b>Tipulidae</b>						
Tipulidae sp.1	<i>Tipul-1</i>	0	0	0	0,5	0
<b>TRICHOPTERA</b>						
<b>Hydrobiosidae</b>						
<i>Atopsyche</i> sp.1	<i>Atopsy-1</i>	0	0	0	0,5	0
<b>Hydropsychidae</b>						
<i>Leptonema</i> sp.1	<i>Lepton-1</i>	0	0	0	0,5	0
<i>Leptonema</i> sp.2	<i>Lepton-2</i>	0,13	0	0	0,5	0
<i>Macronema</i> sp.1		0,13	0	0	0	0
<i>Polyplectropus</i> sp.1	<i>Polypl-1</i>	0	0	0	0,5	0,2

Recibido: 16 enero 2009

Aceptado: 10 agosto 2015

Publicado en línea: 24 noviembre 2015

---

Máyida El Souki<sup>1</sup>, Ligia Blanco-Belmonte<sup>2</sup>, Carlos A. Lasso<sup>2</sup>, Julián Mora-Day<sup>4</sup>, Célio Magalhães<sup>5</sup>, Daniel Pisapia<sup>2</sup>, Abrahan Mora<sup>2</sup>, Oriana Farina<sup>2</sup> y Oscar M. Lasso-Alcalá<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela. Apartado Postal 47072, Caracas 1041-A. Venezuela. mayida.elsouki@ciens.ucv.ve.

<sup>2</sup> Estación Hidrobiológica de Guayana “Dr. Enrique Vásquez”, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Carrera Alonso de Herrera, UD 104, El Roble, San Félix, Estado Bolívar, Venezuela. ligia.blanco@fundacionlasalle.org.ve.

<sup>3</sup> Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IavH). Colombia. classo@humboldt.org.co

<sup>4</sup> Museo de Historia Natural La Salle, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Apartado. 1930, Caracas 1050 A, Venezuela. julianmoraday@gmail.com, oscar.lasso1@fundacionlasalle.org.ve

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas, INPA/CBA, Cx. Postal 478, 69011-970 Manaus, Brasil. celiomag@inpa.gov.br

