

REPÚBLICA DE PANAMÁ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

MAESTRÍA EN BIOLOGÍA

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD
DEL AGUA DEL RÍO CHIRIQUÍ VIEJO, CHIRIQUÍ, PANAMÁ.

MAGDALENA DEL CARMEN TAPIA CASTILLO

CIP: 4-704-445

2013

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios por guiarme con Su luz, darme perseverancia, valor y mucha salud, ante las circunstancias adversas.

A mis padres Edward y Julia por ser mi fortaleza e inspiración.

A mi hermana Paula y a mi esposo Javier por demostrarme el valor del esfuerzo y de que cuando algo se quiere, se puede lograr.

A mis tesoros más preciados: mi pequeño científico Edward Javier y la coqueta Audry Teresa, por ser mi alegría de vivir y mis dos motivos para culminar esta investigación.

RJIT1205

Agradecimiento

A Dios por darme vida.

A mis padres, por su tiempo, paciencia y dedicación mientras realizaba esta investigación.

Al Dr. Juan A. Bernal Vega por encaminarme al estudio de macroinvertebrados acuáticos y sus atinados momentos de discusiones y consejos para culminar este trabajo.

A mis asistentes de campo: Edward, Javier, Edward Javier, Paula y Julia, por su valioso tiempo y compañía durante los muestreos.

Al personal administrativo y amigos del Museo de Peces e Invertebrados de la UNACHI, por su valiosa colaboración al facilitarme literatura y ayudarme en la identificación de las muestras.

A todos mis amigos biólogos, compañeros de trabajo y personas que de una u otra forma me dieron ánimo y contribuyeron directa o indirectamente con la culminación de esta investigación.

¡Muchas gracias!

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general	iv
Índice de cuadros	vii
Índice de figuras	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- Objetivos	2
1.1.1.- Objetivo general.....	2
1.1.2.- Objetivos específicos	2
2.- MARCO TEÓRICO.....	3
2.1.- Antecedentes	3
2.2.- Bioindicación y biomonitoreo.....	7
2.3.- Índice Biological Monitoring Working Party “BMWP”	10
2.4.- Índice Biológico a Nivel de Familias de Invertebrados Acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).....	11
2.4.1.- Cálculo del índice Biológico a Nivel de Familias de Invertebrados Acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)12	
2.5.- Muestreo para evaluar parámetros físico – químicos	12
3.- MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1.- Localización y descripción de los sitios de muestreo	14
3.1.1.- Generalidades del río Chiriquí Viejo	15
3.1.2.- Descripción de los sitios de muestreo.....	17
3.2.- Muestreo biológico	19
3.2.1.- Recolección de las muestras	19
3.2.2.- Procesamiento e identificación de las muestras	20
3.3.- Variables físico – químicas.....	21
3.4.- Tratamiento de la información	21
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22

4.1.- Muestreo biológico	22
4.1.1.- Diversidad de los macroinvertebrados acuáticos en el río Chiriquí Viejo	22
4.1.2.- Índice de diversidad y de similitud de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en el río Chiriquí Viejo.....	31
4.2.- Índices bióticos	39
4.2.1.- Índice Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP'/PAN)	39
4.2.2.- Índice Biological Monitoring Working Party Costa Rica (BMWP'/COL)	41
4.2.3.- Índice Biological Monitoring Working Party Panamá (BMWP'/CR)	42
4.2.4.- Comparación entre los resultados obtenidos al utilizar los Índices BMWP' PAN, BMWP' / COL y BMWP' / CR	44
4.2.5.- Índice Biológico a nivel de Familias de Invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)	45
4.3.- Parámetros físico – químicos	48
4.4.- Características generales de las taxa más comunes de macroinvertebrados encontrados en la cuenca del río Chiriquí Viejo	54
4.4.1.- Orden Coleoptera	54
4.4.2.- Orden Diptera	56
4.4.3.- Orden Ephemeroptera	57
4.4.4.- Orden Megaloptera	58
4.4.5.- Orden Trichoptera	60
4.4.6.- Orden Heteroptera	61
4.4.7.- Orden Lepidoptera	62
4.4.8.- Orden Odonata	63
4.4.9.- Phylum Annelida	64
4.4.10.- Phylum Mollusca	66

4.5.- Descripción de las familias y géneros más comunes de macroinvertebrados encontrados durante el estudio en la cuenca del río Chiriquí Viejo.....	67
4.5.1.- Orden Coleoptera	67
4.5.2.- Orden Diptera	72
4.5.3.- Orden Ephemeroptera	77
4.5.4.- Orden Megaloptera	79
4.5.5.- Orden Trichoptera.....	80
4.5.6.- Orden Heteroptera	84
4.5.7.- Orden Lepidoptera	87
4.5.9.- Orden Odonata	87
6.- CONCLUSIONES.....	89
7.- RECOMENDACIONES	90
8.- LITERATURA CITADA.....	91
9.- ANEXOS	98

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Coordenadas geográficas de los cuatro sitios de muestreo de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca del río Chiriquí Viejo.....	15
Cuadro 2.- Taxas, familias, géneros, número de individuos y porcentaje de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.....	22
Cuadro 3.- Valores generales de diversidad de los macroinvertebrados acuáticos del río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.....	32
Cuadro 4.-Valores de diversidad por sitio de muestra de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.....	33
Cuadro 5.- Índice de Similitud de Jaccard en cuatro estaciones de muestreo en el río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.....	35
Cuadro 6. Grupo dietario al que pertenecen los macroinvertebrados acuáticos recolectados en el río Chiriquí Viejo, Chiriquí.....	37
Cuadro 7.- Aplicación del Método BMWP'/PAN.....	40
Cuadro 8.- Aplicación del Método BMWP'/COL.....	41
Cuadro 9.- Aplicación del Método BMWP'/CR.....	43
Cuadro 10.- Comparación entre los resultados obtenidos al utilizar los índices BMWP/ PAN, BMWP'/ Col y BMWP'/ CR.....	44
Cuadro 11.- Resultados obtenidos al utilizar el Índice Biológico a nivel de Familia de Invertebrados Acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010).....	46
Cuadro 12.- Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el Índice BMWP'/COL.....	103
Cuadro 13.- Clases de calidad de agua, valores BMWP'/COL., significado y colores.....	104

Cuadro 14.- Índice BMWP'/CR. Puntajes para las familias identificadas en Costa Rica.....	105
Cuadro 15.- Clasificación de la calidad del agua en función del puntaje total obtenido para las familias de macroinvertebrados de Costa Rica.....	107
Cuadro 16.-Valores de BMWP'/PAN para cada familia de macroinvertebrados acuáticos	107
Cuadro 17.- Categorías de calidad de agua para ríos de Panamá con el significado y los colores para representaciones cartográficas.....	108
Cuadro 18.- Asignación de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos presentes en las aguas de los principales ríos de El Salvador.....	109
Cuadro 19.- Categorías de calidad del agua, obtenidas a través del cálculo del IBF-SV-2010.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de los sitios de muestreo en la cuenca del río Chiriquí Viejo (CHV1, CHV2, CHV3, CHV4)	17
Figura 2. Abundancia de macroinvertebrados encontrados por estación en el río Chiriquí Viejo, durante diciembre de 2008 hasta mayo de 2009.....	26
Figura 3. Abundancia de macroinvertebrados encontrados en el río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009	34
Figura 4. Valores promedio de alcalinidad, calcio, cloruros y dureza obtenidos en las estaciones de muestreo en el río Chiriquí Viejo de diciembre de 2008 a mayo de 2009	49
Figura 5. Temperatura promedio del agua y ambiental en las cuatro estaciones de muestreo en el río Chiriquí Viejo (2008-2009	49
Figura 6. Temperatura promedio del agua y ambiental durante cada mes de muestreo en el río Chiriquí Viejo (2008-2009	51
Figura 7. Valores promedio de sólidos disueltos en los cuatro sitios de muestreo en el río Chiriquí Viejo, de diciembre de 2008 a mayo de 2009.....	53
Figura 8. Valores promedio de conductividad obtenidos en las estaciones de muestreo del río Chiriquí Viejo durante diciembre de 2008 a mayo de 2009	54
Figura 9. Vista dorsal de larva de <i>Macrelmis</i> sp. (Elmidae).....	98
Figura 10. Vista ventral de larva de <i>Macrelmis</i> sp. (Elmidae).....	98
Figura 11. Vista dorsal de larva de <i>Psephenus</i> sp. (Psephenidae)	98
Figura 12. Vista ventral de larva de <i>Psephenus</i> sp. (Psephenidae)	98
Figura 13. Larva de <i>Marilia</i> sp. (Odontoceridae)	98
Figura 14. Larva de <i>Atopsiche</i> sp. (Hydrobiosidae).....	98
Figura 15. Pupa de Limnephilidae (sin determinar)	99
Figura 16. Larva de <i>Smicridea</i> sp. (Hydropsichidae).....	99
Figura 17. Larva de <i>Maruina</i> sp. (Psychodidae)	99
Figura 18. Pupa de <i>Lymnophora</i> sp. (Muscidae).....	99

Figura 19. Larva de Chironomidae (sin determinar)	99
Figura 20. Pupa de <i>Chelifera</i> sp. (Empididae).....	99
Figura 21. Pupa de <i>Simulium</i> sp. (Simuliidae).....	99
Figura 22. Ninfa de <i>Baetis</i> sp. (Baetidae).....	100
Figura 23. Ninfa de <i>Baetodes</i> sp. (Baetidae).....	100
Figura 24. Ninfa de <i>Leptohyphes</i> sp. (Leptohyphidae)	100
Figura 25. Adulto de <i>Rhagovelia</i> sp. (Veliidae).....	100
Figura 26. Adulto de <i>Aquarius</i> sp. (Gerridae)	100
Figura 27. Ninfa de <i>Hetaerina</i> sp. (Calopterygidae)	100
Figura 28. Larva de Crambidae (sin determinar)	101
Figura 29. Familia Ampullaridae (sin determinar)	101
Figura 30. Sitio 1. Puente Los González, Las Nubes, Cerro Punta	101
Figura 31. Sitio 1. Características físicas del sitio 1	101
Figura 32. Sitio 2. La Garita, Las Nubes, Cerro Punta	102
Figura 33. Principales aspectos ambientales y físicos del sitio 2	102
Figura 34. Vista del sitio 3. Palo Santo, vía Renacimiento, Volcán	102
Figura 35. Características físicas de la orilla del río en el sitio 3	102
Figura 36. Muestro en el sitio 3. Palo Santo, Volcán	102
Figura 37. Sitio 4, puente Paso Canoas, Frontera, Barú	102
Figura 38. Características ambientales y físicas del río Chiriquí Viejo en el sitio 4	103
Figura 39. Características físicas de la orilla del río en el sitio 4	103

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CHIRIQUÍ VIEJO, CHIRIQUÍ, PANAMÁ

Resumen

Con el propósito de determinar la calidad del agua en el río Chiriquí Viejo utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, se muestrearon cuatro estaciones: Puente Los González (1) en Las Nubes, La Garita (2) en Cerro Punta, Palo Santo (3) en Volcán y Frontera (4) en Paso Canoas, desde diciembre de 2008 hasta mayo de 2009. Las muestras se recolectaron con una red triangular, una red Surber y manualmente. En total se identificaron 2232 individuos correspondientes a 50 géneros, en 34 familias y 12 órdenes en tres phylum de macroinvertebrados acuáticos. El índice de diversidad de Shannon-Weaver para cada sitio fue $H'_1=1,40$; $H'_2=1,29$; $H'_3=1,64$; $H'_4= 2,29$. En general se obtuvo una diversidad entre baja a media. En términos de abundancia se encontraron diferencias entre las estaciones de muestreo. En la estación 3 se encontró la mayor abundancia (42,2 %) y la estación 1, la menor abundancia (8,3 %). El Índice de Similitud de Jaccard indica que la mayor similitud se da entre las estaciones 2 y 3, con 45,5 % de similitud. En las tres primeras estaciones de muestreo, la familia Chironomidae (64,4 %) fue la más abundante, seguido de Simuliidae (19,6 %), Baetidae (6,5 %), Glossosomatidae (2,4 %) e Hydropsichidae (1,9 %). En la estación 4, adicional a las familias ya mencionadas, se encontraron Gerridae (2,0%) y Veliidae (12,0 %). El Índice BMWP'/PAN mostró valores de 54, 80, 80 y 89, para las estaciones 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Esto indica que la calidad del agua se encuentra entre mala a regular o de contaminadas a moderadamente contaminadas y, de manera alarmante, el mal estado en que se encuentra este ecosistema.

DIVERSITY AND COMMUNITY STRUCTURE OF AQUATICS
MACROINVERTEBRATES AS INDICATOR OF WATER QUALITY IN CHIRIQUI
VIEJO RIVER, CHIRIQUI, PANAMA.

Abstract

In order to determinate the quality of water in the Chiriqui Viejo river using aquatic macroinvertebrates as bioindicator, were sampled four places: Puente Los Gonzalez (1) in Las Nubes, La Garita (2) in Cerro Punta, Palo Santo (3) in Volcan and The Border (4) in Paso Canoas International, from december 2008 until may 2009. The samples were collected with a triangular net, a Surber net and manual collect. A total of 2232 individuals were identified corresponding to 50 genera in 34 families and 12 orders on three phylum of aquatic macroinvertebrates. The diversity index of Shannon-Weaver for each site was $H'_1=1,40$; $H'_2=1,29$; $H'_3=1,64$; $H'_4= 2,29$. In general we obtained a low to medium diversity. In terms of abundance differences were found between the sampling stations. In station 3 had the highest abundance (42,2 %) and station 1, the lowest abundance (8,3). The Jaccard Similarity Index indicates that the greatest similarity is between station 2 and 3, with 45,5 % similarity. In the first three sampling stations, the family Chironomidae (64,4 %) was the most abundant, followed by Simuliidae (19,8%), Baetidae (6,5 %), Glossosomatidae (2,4 %) and Hydropsichidae (1,9 %). In station 4, in addition to families ready mentioned, were found Gerridae (2,0 %) and Veliidae (12,0 %). BMWP/Pan Index showed values of 54, 80, 80 and 89, for stations 1, 2, 3 and 4 respectively. This indicates that water quality is bad or regular average or contaminated to moderately contaminated and, at an alarming rate the poor condition in which this ecosystem is.

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos son apropiados para estudiar la variabilidad de las comunidades biológicas y su relación con la variabilidad del ambiente. Durante las últimas décadas, se han generado investigaciones para conocer el estado actual de los cuerpos de agua, ya sea a través de parámetros físicos, químicos o biológicos, con el fin de establecer estándares de calidad que permitan satisfacer las demandas de uso del recurso (Roldán 1988).

Los macroinvertebrados acuáticos, por sus cualidades, son los más idóneos para medir la calidad biológica de las aguas (Alba-Tercedor 1996). Cambios en la presencia o ausencia, número, morfología, fisiología o comportamiento de la comunidad bioindicadora, se reconocen como señales de trastorno en las condiciones físico químicas preferidas por los individuos integrantes de la comunidad (Resh & Jackson 1993) y es la herramienta más sensible para la detección rápida y segura de alteraciones en los ecosistemas acuáticos (Roldán 1988).

El término calidad biológica surge al analizar la composición y estructura de las comunidades de organismos, generalmente macroinvertebrados, que se encuentran en el agua (Alba-Tercedor 1996, Roldán 1988). A la vez, los aspectos biológicos han adquirido una creciente importancia en el estudio de los ecosistemas acuáticos, debido a que las variables fisicoquímicas sólo dan una idea puntual sobre la calidad del agua y no informan sobre las variaciones en el tiempo (Alba-Tercedor 1996).

La bioindicación es importante como un método para evaluar la calidad del agua. La presencia de una comunidad en un medio determinado, es un indicador de las condiciones que dominan ese lugar y que las fluctuaciones de contaminación que pueden presentarse, no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en el mismo (Roldán 1988). Entre los cambios que se pueden detectar con los insectos acuáticos están: alteraciones del hábitat, cambios de

temperatura, sustrato y concentración de desechos domésticos e industriales (Rosenberg & Resh 1993), en función del tiempo de recurrencia e intensidad del evento (Guevara 2011). Los organismos indicadores ideales son aquellos que tienen tolerancias ambientales específicas y estrechas, y deben presentar una baja variabilidad genética y ecológica, amplia distribución, abundancia numérica, movilidad limitada y un ciclo vital relativamente largo, además de poseer características ecológicas bien conocidas y presentar características fácilmente reconocibles (solidez taxonómica) (Johnson *et al.* 1993).

Esta investigación fortalecerá la línea base de referencia y el intercambio de información acerca de los ecosistemas acuáticos panameños, especialmente la fauna de macroinvertebrados en el río Chiriquí Viejo, y enriquecerá el conocimiento del comportamiento de la misma fuente a los diferentes impactos ambientales al utilizar índices biológicos para medir la calidad del agua.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Determinar la variación en la diversidad y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la cuenca alta y baja del río Chiriquí Viejo.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca alta y baja del río Chiriquí Viejo.
- Utilizar diversos índices biológicos para evaluar y comparar la calidad y el estado ecológico del agua en la cuenca alta y baja del río Chiriquí Viejo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

El uso de organismos en la evaluación de la calidad del agua ha sido ampliamente utilizado (Cairns & Pratt 1993). Sin embargo, de todos los grupos que han sido considerados en los monitoreos biológicos, los macroinvertebrados bentónicos han sido los más recomendados (Rosenberg & Resh 1993, Roldán 1988, 2003). Esto se debe a que estos organismos ofrecen numerosas ventajas tales como: encontrarse en todos los ecosistemas acuáticos por lo que favorecen los estudios comparativos; su naturaleza sedentaria, lo que permite un efectivo análisis espacial de los efectos de las perturbaciones, presentan ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, los que pueden ser realizados con equipos simples y baratos, la taxonomía de muchos grupos está bien estudiada, ya que existen numerosos métodos para el análisis de datos, incluyendo índices bióticos y de biodiversidad (Fernández & Domínguez 2001).

La base fundamental para el entendimiento a nivel ecológico, se encuentra precedida por el conocimiento taxonómico necesario para el desarrollo apropiado de medidas biológicas. El estudio de los ríos tropicales es especialmente importante, ya que la comprensión de su funcionamiento y de la estructura de sus comunidades es relativamente pobre, en comparación al extenso conocimiento de los ríos de zonas templadas (Boyero & Bailey 2001). Los estudios más recientes de los ríos apuntan a que existe mayor diversidad en ríos tropicales, aunque algunos grupos taxonómicos son más abundantes en zonas templadas (Merritt & Cummins 1996).

En el Neotrópico se han realizado estudios para caracterizar fisicoquímica y biológicamente la calidad de las aguas (Posada *et al.* 2000). Otros se han realizado como evaluaciones ecológicas para medir el impacto por alguna actividad antropogénica como la contaminación por hidrocarburos (Maldonado *et al.* 2000) o por aguas residuales (Caicedo & Palacios 1998, Medianero & Samaniego 2004). La mayoría de los estudios han sido para determinar la

estructura y diversidad de las comunidades de insectos acuáticos (Muñoz & Ospina 1999, Roldán 1988, 2003, Ruiz–Moreno & Ospina 2000, Fernández & Domínguez 2001, Roldán 2002).

En el caso de Panamá, la información existente sobre la fauna de insectos acuáticos es muy pobre e incipiente, publicada en revistas inaccesibles o inéditas. En la mayoría de los casos, se limitan al levantamiento de inventarios de macrofauna en un nivel taxonómico general, como es el caso de los estudios de impacto ambiental, o bien, estas investigaciones han sido realizadas como trabajo de tesis, inventarios en diferentes puntos del país o informes realizados por investigadores foráneos (Sánchez-Argüello *et al.* 2010).

Actualmente en la mayoría de las provincias se han hecho algunas investigaciones en los ríos de mayor importancia potencial para sus comunidades y también para áreas turísticas (Rodríguez & Bonilla 1999, Araúz *et al.* 2000, Rodríguez *et al.* 2000, Cornejo 2001, Rodríguez & Mendoza 2003, Rodríguez & León 2003, Lombardo & Rodríguez 2007, Arias & Andreve 2004, Pino & Bernal 2009, Bernal & Castillo 2012). Son pocos los trabajos que tratan en detalle sobre la dinámica poblacional y la aplicación práctica de conocimiento derivado sobre este tema (Boyero & Bailey 2001, Boyero & De Lope 2002, Boyero & Bosch 2004, Lombardo & Rodríguez 2007, Sánchez-Argüello *et al.* 2010).

Por la necesidad de estudiar los ríos, se han efectuado investigaciones en ecología y estructura de sus comunidades. Se ha enfatizado en insectos acuáticos para evaluar las relaciones existentes entre insectos-ambiente que inciden en los diversos microhábitats (Sánchez 2010). En el campo de la ecología de insectos acuáticos algunos trabajos se han realizado en Panamá. Entre éstos se puede mencionar el de Boyero & Bailey (2001), quienes evaluaron la organización de las comunidades de macroinvertebrados bénticos en rápidos a diferentes escalas espaciales en el río Juncal, isla de Coiba. Se obtuvo grandes variaciones en cuanto a densidades totales y riqueza en los órdenes de macroinvertebrados bénticos.

Boyero & De Lope (2002), estudiaron en cuatro períodos la recolonización de piedras por los macroinvertebrados acuáticos en río Escondido, en la isla de Coiba. Se encontró que la recolonización comienza inmediatamente después de la perturbación. Se destacaron los órdenes Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Lepidoptera e Hydracarina, como los principales recolonizadores. Pero la riqueza taxonómica no varió entre períodos.

Boyero & Bosch (2004), investigaron el efecto de los factores ambientales sobre la variabilidad en la composición de macroinvertebrados acuáticos, el cual se convierte en el primer estudio que cuantifica la heterogeneidad del sustrato y su influencia sobre las comunidades fluviales en ríos tropicales.

Otros estudios se enmarcan en determinar la entomofauna acuática de algunos ríos del país, como los realizados por Rodríguez & Sánchez (2001), en el río Santa Clara en Veraguas, Rodríguez & León (2003), en el río Tríbique en Soná, Veraguas, y Rodríguez & Mendoza (2003) en el río Agué en La Mesa, provincia de Veraguas. Todas estas investigaciones determinan la diversidad de familias y géneros de macroinvertebrados acuáticos. Arias & Andreve (2004), evaluaron la diversidad mediante la riqueza de especies y la abundancia de familias presentes en la región occidental de la cuenca del Canal. Encontraron asociaciones de familias de insectos acuáticos con el sustrato y la velocidad de la corriente.

En cuanto a la bioindicación de la calidad del agua, Cornejo (2001), investigó la calidad del agua del río Coco Solo. Encontró que el vertimiento de aguas residuales y desechos sólidos en áreas de ocupación urbana, causan cambios drásticos en la estructura de la comunidad de insectos acuáticos. También, Lombardo & Rodríguez (2007), determinaron la calidad biológica del agua en la cuenca media-baja del río Santa María utilizando el índice BMWP'/COL adaptado para Veraguas. Se encontró que la calidad del agua decrece a medida que avanza río abajo y las variables fisicoquímicas muestran estabilidad a pesar del vertido de aguas de uso doméstico e industrial.

Rodríguez *et al.* (2009), estudiaron la calidad biológica de los ríos Sábalo, Piña, Ponuga, Pocrí y Suay en la provincia de Veraguas. Encontraron que la calidad del agua es de contaminada a muy contaminada en los cinco ríos estudiados y que dicha perturbación se puede atribuir mayormente, a la prácticas de ganadería y a las quemadas que se dan en la región, lo que provoca un fuerte impacto en la calidad biológica de estos cuerpos de agua.

Para la provincia de Chiriquí los estudios de macroinvertebrados acuáticos son escasos. Araúz *et al.* (2000), describen la estructura de la comunidad de insectos a través del cauce del Río Chico. En esta investigación no se obtienen diferencias en las diversidades entre las estaciones de muestreo, pero si una relación positiva entre el aumento de biomasa en el río y el número de familias e individuos de insectos.

Garcés (2002), determinó la composición y abundancia de algunos de los principales representantes de la fauna acuática en el río San Félix. La mayoría de la entomofauna acuática encontrada fueron quironómidos, lo que permite sugerir que algunos organismos acuáticos pueden ser utilizados como indicadores de cambios en la calidad del ambiente de un área estudiada.

Pino & Bernal (2009), estudiaron la entomofauna de la subcuenca del río David. Se encontraron 91 géneros agrupados en 48 familias, en nueve órdenes de la Clase Insecta. Esto demuestra una alta diversidad en este ecosistema, y según el índice BMWP'/COL la calidad del agua fue aceptable.

Bernal & Castillo (2012), determinaron la diversidad, similitud y distribución de los insectos acuáticos en la subcuenca alta y media del río Mula donde se encontró una alta diversidad agrupada en 58 géneros, 34 familias pertenecientes a ocho órdenes de la Clase Insecta. El índice biótico indica que en el sitio 1 las aguas están ligeramente contaminadas, en la estación 2 y 3, ligeramente limpias y en el sitio 4, las aguas son muy limpias.

Con este estudio se espera determinar la diversidad y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca del río Chiriquí Viejo, una de las más importantes del país, y a la vez, medir la calidad del agua haciendo comparaciones entre diferentes índices bióticos.

2.2. Bioindicación y biomonitoreo

La "bioindicación" es un término que hace referencia a la posibilidad de detectar de manera indirecta, aquello que no es susceptible de ser percibido de forma directa o al menos no tan fácilmente (Zonneveld 1983). Guillot Monroy (1997), presenta algunas consideraciones generales sobre el concepto de bioindicación y afirma que la bioindicación es un fenómeno íntimamente ligado al proceso de adaptación a lo largo de toda la evolución de la vida. Por otro lado, el concepto de "biomonitoreo" se refiere a un programa de evaluación periódica del ambiente, utilizando variables biológicas, usualmente para detectar cambios causados por acciones de origen antropogénico.

La importancia de utilizar métodos de evaluación biológicos se debe a que los métodos físico-químicos son puntuales en el tiempo y en la mayoría de los casos, no reflejan el verdadero estado de salud de un río, aunque son metodologías complementarias. El uso de seres vivos para determinar la calidad del ambiente que nos rodea, ha sido ampliamente utilizado por los seres humanos desde periodos antiguos. El uso de macroinvertebrados para valorar y determinar la calidad del agua tiene más de 100 años de antigüedad (Cairns & Pratt 1993). En sus orígenes, se intentaba detectar la contaminación orgánica que fue la principal fuente de contaminación durante muchos años en Europa. Consecuentemente, se inició el levantamiento de inventarios de especies presentes en sitios con diferente grado de alteración (Segnini 2003).

Los ecólogos descubrieron lo engorroso que resultaba comparar una por una estas listas generales en especial sin el uso de computadoras como se hace en la actualidad. Esto condujo a la selección de especies indicadoras, es decir, especies que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares (Segnini

2003). Así fue posible asociar grupos de especies a distintos grados de contaminación. El primer esquema de este tipo fue el que plantearon Kolwitz & Marson (1908), quienes introdujeron la idea de saprobidad como medida del grado de contaminación de un cuerpo de agua. La asociación de este concepto y el de especies indicadoras, permitió evaluar el grado de contaminación orgánica y la recuperación progresiva de diferentes sitios, determinando la presencia de ciertos tipos de organismos. Sin embargo, las especies indicadoras se volvieron controversiales, ya que muchas especies bajo esta categoría son de distribución geográfica muy restringida. El punto de vista del investigador y el tipo de perturbación influyen sobre la clasificación de una especie como indicadora y las especies indicadoras pierden su validez cuando los problemas de contaminación son diferentes al enriquecimiento orgánico.

Esto generó desconfianza en el uso de especies indicadoras, dando como resultado que su uso sea restringido a algunos países europeos (Cairns & Pratt 1993). Posteriormente, con el avance de las técnicas ecológicas, surgió el estudio de dos atributos de la comunidad biológica: la diversidad y la estabilidad. Se inició el enfoque en los cambios de los patrones de riqueza y abundancia de especies como una manera de evaluar el impacto de los tipos de perturbaciones ambientales, partiendo de la premisa ecológica de que la estabilidad de una comunidad incrementa con su complejidad (Lampert & Sommer 1997).

Así, se inicia durante la década de los años 60, una nueva etapa en el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores (Segnini 2003). El uso de índices de diversidad como método de bioindicación comenzó a perder importancia debido a que se debilitaron las hipótesis de causa-efecto entre diversidad y estabilidad de los ecosistemas, a que las medidas de diversidad empezaron a ser cuestionadas y en especial a que los índices de diversidad son incapaces de diferenciar interacciones ecológicas que existen entre las especies de la comunidad (Hughes 1978).

Los sistemas de bioindicación deben ser desarrollados y ajustados con un enfoque local, siempre tomando en consideración que la estructura espacio temporal del ecosistema y las actividades de tipo agropecuario, urbano o industrial generadoras de vertidos contaminantes, podrían considerarse el mejor indicador de la salud de la cuenca. Debe tenerse presente que la bioindicación mediante organismos acuáticos no es la única, ni siempre la mejor alternativa, sino un instrumento más de interpretación de las relaciones y procesos complejos que conducen hacia evaluaciones y decisiones de control y manejo de un recurso en circunstancias específicas de modo, tiempo y lugar (Guillot-Monroy 1997). La selección más apropiada de la población como de las mediciones de la comunidad para utilizar en un biomonitoreo para realizar una "evaluación rápida", son decisiones de importancia crítica y controversial.

Las mediciones que se utilizan en el biomonitoreo con macroinvertebrados acuáticos se pueden agrupar en cinco categorías: 1. Riqueza biológica, 2. Enumeraciones (listados con cantidades), 3. Diversidad de la comunidad e índices de similaridad, 4. Índices bióticos, y 5. Grupos funcionales según tipo de alimentación (Resh & Jackson 1993).

Los insectos acuáticos (entre un 70-90 % de la fauna de los organismos dulceacuícolas) constituyen el grupo más estudiado para evaluar la calidad del agua por muchos investigadores (McCafferty & Provonsha 1981, Johnson *et al.* 1993, Rosenberg & Resh 1993) y los más utilizados para biomonitorear el impacto humano en aguas dulces. Dentro de los insectos, solamente el 3 % de especies son acuáticas, sin embargo, cerca de la mitad de los órdenes poseen especies que cuentan con al menos una etapa que se desarrolla en ambientes dulceacuícolas (Merritt & Cummins 1996).

2.3. Índice Biological Monitoring Working Party "BMWP"

Como consecuencia al relativo desuso de las medidas de diversidad en la bioindicación de ecosistemas acuáticos surgen los índices bióticos (Segnini 2003). Estos utilizan técnicas cualitativas, integrando conceptos de saprobiidad y diversidad, así como la composición y adaptabilidad de los taxa mediante la determinación de la tolerancia de los organismos a los factores de perturbación, ponderando tanto la abundancia como la presencia/ausencia de acuerdo con la sensibilidad que presenta al factor que se quiere valorar.

Estos índices han tenido una gran acogida en Europa y los más populares son el BMWP y el BMWP' o ASPT (Alba-Tercedor 1996), en los cuales a cada taxón se le asigna un puntaje de 1 a 10 de acuerdo con su tolerancia a la contaminación orgánica. La suma de todos los puntajes de todos los taxa presentes produce el valor del índice que permite ubicar la calidad del agua en una escala de cinco categorías (Segnini 2003).

Pese a la comodidad del método, este sistema es cualitativo (Hawkes 1997, Walley & Hawkes 1996, 1997), basado únicamente en la presencia de familias, sin tomar en consideración la diversidad genérica presente. Estos géneros pueden tener diferentes tolerancias en polos opuestos (Alba-Tecedor & Sánchez-Ortega 1988, Roldán, 1993) y pueden responder de manera distinta a factores de alteración.

Por otro lado, dado que es un índice cualitativo, se pierde la información ecológica básica (distribución y abundancia) en el cuerpo de agua, por lo que se pierde el enfoque ecológico integral, limitando el análisis de la variabilidad del ecosistema en sí. La tolerancia de las especies está determinada, en su mayoría, por la contaminación orgánica, siendo poco informativo cuando se responde a eventos de afectación con características diferentes a la contaminación de ese tipo. Por ejemplo, valores bajos de calidad por exceso de erosión o intervención en el cauce de un río y no necesariamente por contaminación orgánica.

Los organismos acuáticos viven en condiciones físicas y químicas características y a menudo predecibles. Cualquier alteración antropogénica en el medio repercutirá sobre su distribución y supervivencia. Este hecho permite precisamente que algunos de éstos organismos puedan ser utilizados como bioindicadores (De la Lanza Espino *et al.* 2000).

Gracias a los trabajos de investigación por especialistas, Colombia y Costa Rica poseen desde hace algunos años su Biological Monitoring Working Party (BMWP') adaptado para estos países (Roldán 2003, MINAE 2007). En Panamá, existe un índice preliminar propuesto por Cornejo (2010), con el cual se puede cotejar y determinar la calidad del agua.

Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en nuestros países vecinos Colombia y Costa Rica, y lo que actualmente está trabajando Panamá sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se utilizó el Índice BMWP'/COL, el Índice BMWP'/CR y el Índice BMWP'/PAN (Cornejo 2010) como una aproximación para evaluar un ecosistema acuático como lo es el río Chiriquí Viejo y comparar los resultados con otros estudios en ríos que presenten características bióticas y físicas parecidas a las de este estudio.

2.4. Índice Biológico a Nivel de Familias de Invertebrados Acuáticos de El Salvador (IBF-SV-2010)

El Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF-SV-2010) tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición, propuestos por Hilsenhoff (1987). Esencialmente, consiste en el promedio de los puntajes de los grupos taxonómicos encontrados en cada punto o sitio de muestreo, ponderado por su abundancia relativa. De esta manera, el índice presenta dos componentes principales: a) El puntaje asignado a cada grupo de invertebrado acuático, b) La abundancia relativa de los grupos de invertebrados acuáticos encontrados.

El puntaje de los grupos de invertebrados acuáticos es un valor predeterminado que indica su tolerancia a las condiciones de perturbación (grado de sensibilidad a la contaminación del agua), siguiendo el modelo propuesto por Hilsenhoff (1987), según el cual los valores cercanos a "0" indican baja tolerancia y los cercanos a "10" alta tolerancia a la contaminación del agua. Por otro lado, la abundancia relativa se considera como una característica propia de cada punto o sitio muestreado en los principales ríos de El Salvador y es un indicativo del nivel de perturbación. El IBF-SV-2010 presenta una buena capacidad para separar a las comunidades de invertebrados acuáticos, provenientes de puntos o sitios de muestreo con diferentes niveles o grados de perturbación. Esta capacidad se observa principalmente en las categorías intermedias (Pobre, Regular Pobre y Regular) (Sermeño *et al.* 2010).

2.4.1. Cálculo del Índice Biológico a Nivel de Familias de invertebrados Acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)

Dependiendo de los grupos taxonómicos encontrados en el punto o sitio de muestreo, éstos deben ubicarse en la primera columna, en la segunda columna se representa la abundancia en cada sitio (número de individuos) y en la tercera columna, el puntaje asignado de sensibilidad a la contaminación. En primer lugar se multiplica la abundancia de cada grupo taxonómico por el puntaje asignado, para posteriormente dividirse entre el número total de individuos recolectados en el punto o sitio de muestreo (abundancia total). El valor del IBF-SV-2010 se obtiene sumando estos valores y posteriormente se ubica dentro de los rangos de las categorías del índice. Luego se compara con los valores establecidos y la categoría y calidad del agua (Cuadro 8) (Sermeño *et al.* 2010).

2.5. Muestreo para evaluar parámetros físico – químicos

Para complementar la investigación se midieron los siguientes parámetros físico – químicos:

Oxígeno Disuelto (OD): El cual corresponde a la cantidad de oxígeno por unidad de volumen de agua (Lampert & Sommer 1997). Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo, indica contaminación con materia orgánica, incremento de organismos con potencial patogénico, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.

Fosfatos: El fósforo generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos. Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras (Lampert & Sommer 1997). Los fosfatos son nutrientes para las plantas y también estimulan el crecimiento de las algas, que se pueden reconocer con facilidad como capas de limo verde y pueden eventualmente, cubrir la superficie del agua. Al crecer las plantas y las algas, ahogan a otros organismos. Estas grandes poblaciones de plantas producen oxígeno en las capas superiores del agua, pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por las bacterias que usan gran parte del OD en las capas inferiores.

Las aguas con altos niveles de fosfatos, generalmente, tienen niveles altos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), debido a las bacterias que consumen los desechos orgánicos de las plantas, y posteriormente, niveles bajos de OD.

Nitratos: El nitrógeno es un nutriente que actúa como fertilizante para las plantas acuáticas y algas (Lampert & Sommer 1997). Puede proceder de desechos humanos, abonos agrícolas o desechos pecuarios. Se puede encontrar en forma de Nitratos (NO_3), Nitritos (NO_2) y amonio (NH_4^+).

Dureza del agua: La dureza del agua es definida como la concentración de sales disueltas en el agua, compuestas principalmente por calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Lampert & Sommer 1997). Se puede dividir en dos tipos: A. Dureza alcalina o

carbonatada (KH), le da al agua mayor o menor capacidad de neutralizar ácidos y se compone principalmente de iones de bicarbonato (HCO_3^-). Valores considerados normales se encuentran alrededor de 80 ppm y menor que éste, se asocia generalmente a aguas con valores bajos de pH. B. Dureza general (GH), la cual influye en los niveles de calcio de la sangre y regulación osmótica de los organismos. Valores entre 0 – 60 ppm se consideran bajos y mayores a 200 ppm se consideran extremadamente altos, es decir, con una mayor dureza.

pH: Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO_2 disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos, por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo (Lampert & Sommer 1997). La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO_2 , formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, tratamientos de depuración, etc.

Temperatura: El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases como el oxígeno y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y descripción de los sitios de muestreo

Los sitios de muestreo en la cuenca del río Chiriquí Viejo se seleccionaron con base en las características ecológicas en un gradiente desde menor alteración, hasta las zonas de mayor intervención. Para cada sitio de muestreo se identificaron los impactos ambientales de origen antropogénico, mediante observación directa de las actividades humanas e indirecta utilizando las variables físicas y químicas.

El trabajo de campo se efectuó desde diciembre de 2008 hasta mayo de 2009. Se realizaron dos giras por mes en cuatro sitios a lo largo del río Chiriquí Viejo. El recorrido se realizó desde uno de los brazos en la naciente del río en el corregimiento de Las Nubes en el distrito de Bugaba, hasta las partes bajas en el distrito de Barú, provincia de Chiriquí. En el cuadro 1 se muestran en detalle la ubicación de los cuatro sitios de muestreo.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de los cuatro sitios de muestreo de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca del río Chiriquí Viejo.

	Sitios de muestreo	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas	
			Oeste	Norte
1	Puente Los González. Las Nubes, Cerro Punta	2119	82°35'22.25"	8°53'22.19"
2	Puente La Garita, Cerro Punta	1858	82°34'59.95"	8°51'59.93"
3	Puente Palo Santo, Volcán	1273	82°40'33.61"	8°48'11.14"
4	Puente Paso Canoas, Frontera	106	82°49'55.39"	8°31'51.54"

Algunas variables que se tomaron en consideración al describir el sitio de estudio fueron: el ancho del cauce: se refiere a la distancia (m) que existe desde un lado hasta el otro de la ribera del río, uso del suelo: se refiere al tipo de ocupación que tiene el terreno adyacente al sitio de muestreo, estructura vegetal: se refiere al tipo de vegetación que se encuentra alrededor del sitio de muestreo. Este puede ser bosque primario, bosque secundario, zona de cultivo o pastizal y la altitud: se refiere a la elevación (m.s.n.m.).

3.1.1. Generalidades del río Chiriquí Viejo

Nace a 2274 m.s.n.m. en las faldas de Cerro Picacho, dentro del Parque Internacional La Amistad. De acuerdo con el Patrón de Koopen, el clima de la cuenca del río Chiriquí Viejo es el Tropical Lluvioso con variantes de Tropical

Húmedo variedad Monzónica. En el curso medio se presenta el subtipo Tropical Húmedo, con lluvias copiosas durante todo el año y caracterizado por tener una precipitación anual mayor a los 2500 mm y uno o más meses con precipitaciones menores a los 60 mm. El área de cuenca está influenciada por el régimen climático del Pacífico, el cual se caracteriza por presentar dos estaciones secas y dos lluviosas. Los periodos secos ocurren de diciembre a marzo y entre julio y agosto, éste último llamado veranillo de San Juan. Los meses más secos son febrero y marzo. Los periodos más húmedos se presentan de mediados de abril a junio y de septiembre a noviembre, generalmente octubre es el mes más lluvioso.

En toda la cuenca, las temperaturas máximas oscilan entre 26,8 °C y 27,4 °C con un máximo promedio de 30,0 °C. Las temperaturas mínimas registradas están entre 18,4 °C y 18,9 °C con un mínimo promedio de 18,6 °C. Los meses más calientes son febrero y marzo y los más frescos son octubre y noviembre.

Este río tiene una longitud de 128 kilómetros y su cuenca es de 1355 km². Tiene un patrón de drenaje de tipo dendrítico, cuya característica típica son las fuertes pendientes, en su mayoría superiores al 60 %, por las que discurren ríos con perfiles topográficos muy inclinados y por cauces en V (CATIE 1987).

La cuenca del río Chiriquí Viejo es la más importante del occidente chiricano debido a los recursos que posee, especialmente en producción hídrica y agricultura. Además, se encuentra sometida a diferentes efectos estresantes como la producción agrícola, actividades agroindustriales, asentamientos urbanos, deforestación, sedimentación, producción de energía hidroeléctrica e impacto turístico, entre otros (Figuras 1 y 2).

La cobertura vegetal presenta diferentes estratos con fragmentos de bosques de diferentes edades y desarrollo. También posee áreas de pasto debido a que el medio natural ha sido alterado por actividades antrópicas, donde generalmente, cortan la vegetación natural para establecer cultivos agrícolas y pastizales para la cría de ganado. En consecuencia, se presenta un panorama con un paisaje

intervenido, donde predomina el bosque de galería como formación boscosa, rastrojos jóvenes y pastizales.

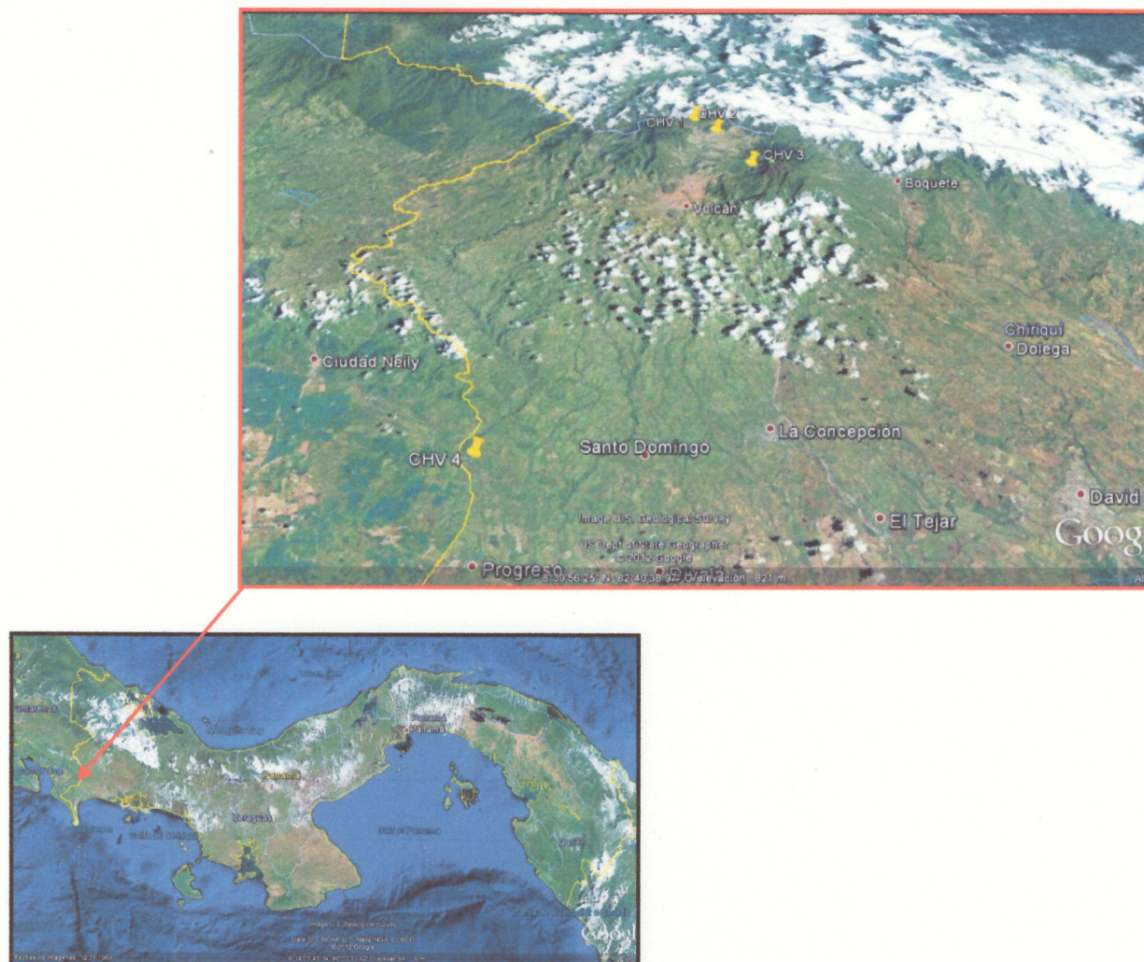


Figura 1. Localización geográfica de los sitios de muestreo en la cuenca del río Chiriquí Viejo (CHV1, CHV2, CHV3, CHV4).

3.1.2. Descripción de los sitios de muestreo

Sitio 1. Puente Los González, Las Nubes, Cerro Punta

La estación de muestreo se localiza a 2119 m.s.n.m., en los límites del Parque Internacional La Amistad, en la llamada zona de amortiguamiento, entre las coordenadas geográficas UTM 8°53'22.19" N, 82°35'22.25" O (Cuadro 1). Se

coordenadas geográficas UTM 8°53'22.19" N, 82°35'22.25" O (Cuadro 1). Se caracteriza por presentar aguas claras con corriente abundante y fuerte, que corren por un lecho compuesto principalmente por rocas grandes y grava. En esta parte, el río tiene un ancho de 15 metros. La vegetación ribereña está compuesta por un cordón de vegetación conformada por bosques de galería en ambos márgenes del río. Este bosque presenta unos 15 metros de ancho en cada margen y la vegetación arbórea está conformada principalmente por ficus (*Ficus* sp. H. G. Richter), palma tigre (*Cyathea* sp. Hook. ex F. J. Muell.), canillo (*Miconia* sp. Ruiz & Pav.), entre otras.

A la altura de este puente, se puede observar la degradación de la cobertura vegetal, la cual ha sido reemplazada por cultivos agrícolas propios de la región y algunas viviendas, las cuales se encuentran muy cerca del río. El camino de tosca pasa muy cerca del afluente.

Sitio 2. Puente La Garita. Cerro Punta

La estación de muestreo se localiza a 30 metros aguas abajo del puente La Garita a 1858 m.s.n.m. entre las coordenadas geográficas UTM 8°51'59.93" N, 82°34'59.95" O (Cuadro 1). Se caracteriza por aguas con mucha corriente, poca turbidez y un permanente olor a pesticidas y gallinaza. Muy cerca del margen del río se encuentra el poblado de La Garita. Allí se encuentran varias viviendas, comercios y sembradíos de zanahoria, papa y apio. El ancho de esta sección es de 25 metros. La vegetación ribereña es escasa, no hay bosques de galería y sobresalen herbáceas como paja de sombrero (*Carludovica palmata* Ruiz & Pav.), *Selaginella* sp., *Anthurium* sp. (Schott), algunas Asteráceas y el helecho trepador (*Odontosoria gymnogramnoides* Laos). Entre las especies arbustivas tenemos: nance (*Byrsonima crassifolia* L.) y palma tigre (*Cyathea* sp.).

Sitio 3. Palo Santo, Volcán

La estación de muestreo se localiza a 200 metros aguas abajo del puente del río Chiriquí Viejo, vía Renacimiento, entre las coordenadas UTM 8°48'11.14" N,

82°40'33.61" O a 1273 m.s.n.m. (Cuadro 1). La vegetación ribereña es casi nula por la presencia de potreros, sólo encontramos algunas herbáceas arbustivas pertenecientes a la familia Poaceae. El caudal es abundante, el sustrato es rocoso arenoso; en esta parte el ancho del río es de 45 metros.

Sitio 4. Puente Paso Canoas, Frontera

Esta estación se localiza en la comunidad de San Isidro, a unos 800 metros antes de Paso Canoas Internacional, límite con Costa Rica, en las coordenadas geográficas UTM 8°31'51.54" N y 82°49'55.39" O a 106 m.s.n.m. (Cuadro 1). En este sitio la vegetación ribereña está compuesta por bosque de galería de diferentes estratos, edades y desarrollo, de unos 20 metros de ancho en cada margen del río. Al borde del bosque de galería se observan potreros y rastrojos jóvenes. Entre los árboles que forman el bosque de galería se observan el balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam. Urb.), caimito (*Chrizophyllum cainito* L.), carate (*Bursera simaruba* L.), espavé (*Anacardium excelsum* Bertero & Balb. ex Kunth), guabo (*Inga* sp.), guarumo (*Cecropia* sp.), malagueto (*Xylopia frutescens*), sigua (*Nectandra* sp.) cedro (*Cedrela odorata*), ficus (*Ficus* sp. L.), nance (*Byrsomina crassifolia* L.). Entre las herbáceas se observan bijao (*Heliconia latispatha* L.), begonia (*Begonia* sp. L.).

Esta sección del río presenta 45 metros de ancho, de cauce muy rápido. El sustrato está compuesto principalmente por grava, gravilla, arena y piedras de mediano tamaño.

3.2. Muestreo biológico

3.2.1. Recolección de las muestras

Se realizaron muestreos cualitativos y cuantitativos en cuatro puntos de la cuenca del río Chiriquí Viejo de diciembre de 2008 a mayo de 2009, con dos giras de recolecta por mes. Se mantuvo un esfuerzo de captura de 45 minutos por método

de muestreo en todos los sitios. Se tomaron transectos de 50 metros a lo largo del cauce y 2 metros desde la orilla del río hacia el centro. Se utilizaron tres tipos de muestreo para dos tipos de microhábitats de la cuenca. Para aguas corrientes poco profundas y obtener muestras cuantitativas se usó la red Surber, la cual consta de un marco metálico de 900 cm². Sujeta una red de nylon. El marco se colocó sobre el fondo de la corriente y con las manos se removió el material del fondo. Las larvas quedaron atrapadas en la red. Para complementarlo, se recolectaron organismos en las rocas, piedras, ramas y hojas sumergidas, usando pinzas entomológicas flexibles y un cepillo de cerdas suaves para cepillar piedras y otras superficies.

Para corrientes con vegetación marginal, se utilizó una red triangular con la cual se hizo un barrido a lo largo de las orillas con vegetación sumergida para recolectar macroinvertebrados nadadores en la superficie o en la columna de agua, o macroinvertebrados acuáticos que se encuentran adheridos a los tallos y hojas de la vegetación sumergida. El material recolectado se depositó en una bandeja blanca para observar mejor los organismos y capturarlos con pinzas entomológicas. Cada procedimiento se repitió tres veces en cada sitio. Los organismos recolectados se colocaron en bolsas Ziploc grandes, previamente rotuladas, y se les agregó alcohol al 70 % para su preservación y posterior identificación en el laboratorio.

3.2.2. Procesamiento e identificación de las muestras

Se separaron e identificaron las muestras en el laboratorio, las mismas se colocaron en bandejas de color blanco, ayudados con buena iluminación y pinzas entomológicas para manipulación y separación de los macroinvertebrados. Las muestras identificadas se conservaron en frascos plásticos debidamente rotulados con alcohol al 70 % y tres gotas de glicerina para evitar el endurecimiento de las estructuras de los organismos.

La identificación de los organismos se realizó en el Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados (MUPADI) de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI). Para la identificación de los organismos se utilizó un estereoscopio binocular marca Tenko modelo TK-1195S y las claves taxonómicas publicadas por Merritt & Cummins (1996), Roldán (1988), Fernández & Domínguez (2001) y De La Lanza Espino *et al.* (2000) al nivel más detallado posible, en la mayoría de los casos a nivel de género. Los individuos identificados en un mismo taxón se preservaron en frascos individuales para la colección de macroinvertebrados del MUPADI de la UNACHI.

Para determinar la calidad del agua se aplicaron los índices BMWP'/PAN, BMWP'/CR y BMWP'/COL, que se basan en la utilización de familias de insectos acuáticos asociadas con los cuerpos de agua. También se calculó el IBF-SV-2010 para tener criterios diferentes en cuanto a la valorización de la calidad del agua en el río Chiriquí Viejo.

3.3. Variables físico-químicas

En cada estación de muestreo se realizó la caracterización de la calidad del agua considerando las siguientes variables: temperatura del aire y del agua, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total, calcio, cloruros, conductividad, dureza, sólidos disueltos totales y turbiedad. Parámetros como oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, riqueza del agua y pH, se obtuvieron tomando muestras de agua en envases estériles de 500 mL., que luego se transportaron al laboratorio del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) para analizarlas y establecer relaciones con la diversidad y estructura de la comunidad de macroinvertebrados.

3.4. Tratamiento de la información

Los datos fueron analizados por estación. Se obtuvo un número de familias e individuos que se tabularon y graficaron. Para determinar la estructura de la

comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca del río Chiriquí Viejo se utilizó el Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H') en cada estación (Margalef 1998). Para obtener el índice de Similitud en el río Chiriquí Viejo se utilizó el Índice de Jaccard (Suess 1982). Para analizar la variabilidad de los ecosistemas, cada muestra se describió en términos de densidad (número total de individuos/muestra) y riqueza (número total de géneros/muestra) para cada sitio (Krebs 1999, Boyero & Bailey 2001).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Muestreo biológico

4.1.1. Diversidad de los macroinvertebrados acuáticos en el río Chiriquí Viejo

Durante los cinco meses de muestreo se recolectaron en total 2232 individuos ubicados en 50 géneros, 34 familias y 12 órdenes, pertenecientes a tres phylum de macroinvertebrados acuáticos. La composición taxonómica de macroinvertebrados acuáticos fue dominada por insectos de los órdenes Diptera con 1431 individuos (64,4 %), Heteroptera con 317 individuos (14,3 %), Ephemeroptera con 285 individuos (12,8 %) y Trichoptera con 114 individuos (5,1 %). Éstos constituyeron el 91,5 % del total de macroinvertebrados acuáticos recolectados en los sitios evaluados (Cuadro 2).

Por otra parte, los otros macroinvertebrados acuáticos tuvieron su representación con el Phylum Annelida y las clases Hirudinea con 3 individuos (0,1 %) y Oligochaeta con 4 individuos (0,2 %) y el Phylum Mollusca y la clase Gastropoda con 2 individuos (0,1 %) (Cuadro 2).

Los órdenes de macroinvertebrados con mayor abundancia encontrados en este estudio fueron Diptera, Heteroptera y Ephemeroptera. El orden Diptera estuvo representado con ocho familias con 14 géneros (1431 individuos, 63,6 %), de las cuales la familia Chironomidae fue la más abundante específicamente el género

Chironomus (877 ejemplares, 42,3 %); seguido de la familia Simuliidae (438 individuos, 19,6 %) y el género *Simulium* (437 individuos, 19,5 %).

Cuadro 2. Taxas, familias, géneros, número de individuos y porcentaje de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.

Orden	Familia	Género	S1	S2	S3	S4	Total	%
Coleoptera	Curculionidae	Sin determinar	0	0	1	0	1	0.04
	Dryopidae	<i>Pelonomus</i>	0	0	0	4	4	0.18
		<i>Dryops</i>	0	0	0	9	9	0.40
	Elmidae	<i>Lara</i>	1	0	0	1	2	0.09
		<i>Disersus</i>	1	0	0	0	1	0.04
		<i>Macrelmis</i>	0	1	0	0	1	0.04
		<i>Phanocerus</i>	0	0	1	7	8	0.36
		<i>Hexacylloepus</i>	0	0	0	1	1	0.04
		<i>Microcyllloepus</i>	0	0	0	1	1	0.04
		<i>Macronychus</i>	0	0	0	1	1	0.04
		<i>Onychylis</i>	0	0	1	0	1	0.04
	Staphylinidae	<i>Psephenus</i>	1	0	0	2	3	0.13
		<i>Psamathobledius</i>	1	0	0	0	1	0.04
		<i>Bledius</i>	1	7	1	3	12	0.54
Sin determinar		0	0	7	0	7	0.31	
Diptera	Chironomidae	<i>Ablabesmya</i>	13	0	0	0	13	0.58
		<i>Chironomus</i>	124	318	321	114	877	39.26
		<i>Orthocladus</i>	2	41	1	0	44	1.97
		<i>Procladius</i>	2	8	0	0	10	0.44
	Empididae	<i>Chelifera</i>	0	9	1	0	10	0.44
		<i>Hemerodromia</i>	0	0	0	1	1	0.04
	Muscidae	<i>Limnophora</i>	0	5	5	0	10	0.04
	Pelecorhynchidae	<i>Glutops rossi</i>	0	0	1	0	1	0.04
	Psychodidae	<i>Maruina</i>	9	1	5	0	15	0.67
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	14	24	387	12	437	19.56
		<i>Stegoptera</i>	1	0	0	0	1	0.04
	Tabanidae	Sin determinar	0	2	3	2	7	0.31
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	2	0	1	0	3	0.13
		<i>Dixella aliciae</i>	2	0	0	0	2	0.09
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	4	3	16	0	23	1.03
		<i>Baetodes</i>	4	1	48	20	73	3.27
		<i>Camelobaetidius</i>	0	6	54	84	144	6.45
		<i>Procleon</i>	0	0	4	0	4	0.18
	Leptophlebiidae	<i>Thaulodes</i>	0	0	0	13	13	0.58
Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>	0	0	0	28	28	1.25	
Heteroptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	0	0	1	0	1	0.04
	Gerridae	<i>Aquarius</i>	0	0	0	45	45	2.02
		Sin determinar	0	0	1	0	1	0.04
	Saldidae	<i>Micracanthia</i>	0	0	2	0	2	0.09
	Veliidae	<i>Microvelia</i>	0	0	0	93	93	4.17
		<i>Rhagovelia</i>	0	0	0	175	175	7.83

Lepidoptera	Crambidae	<i>Sin determinar</i>	0	0	0	9	9	0.40
		<i>Petrophila confusalis</i>	0	0	0	7	7	0.31
	Noctuidae	Sin determinar	0	0	0	1	1	0.04
Neuroptera	Corydalidae	<i>Chauloides</i>	1	0	0	0	1	0.04
		<i>Corydalis</i>	0	0	0	1	1	0.04
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	0	4	4	0.18
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Protoptila</i>	0	9	45	0	54	2.42
	Hidrobiosidae	<i>Atopshyche</i>	0	0	3	0	3	0.13
	Hidropsichidae	<i>Smicridea</i>	0	1	23	17	41	1.84
		<i>Leptonema</i>	0	0	2	1	3	0.13
	Hidroptilidae	<i>Ochotrichia</i>	0	3	5	1	9	0.40
	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	2	0	0	0	2	0.09
	Limnephilidae	Sin determinar	0	1	0	0	1	0.04
Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	1	0	0	1	0.04	
Hirudinea	Sin determinar	Sin determinar	0	3	0	0	3	0.13
Oligochaeta	Tubificidae	Sin determinar	0	4	0	0	4	0.17
Gastropoda	Ampullaridae	Sin determinar	0	1	1	0	2	0.09
TOTAL	34, 1 sin determinar	50, 9 sin determinar	185	449	941	657	2232	99.38

Al compararlo con otros estudios realizados en el país, se encontró que el orden Diptera también fue el más abundante en el río Capira (957 individuos, 43,7 %) (Sánchez-Argüello *et al.* 2010) y en el río Curundú (5948 individuos, 73,0 %) (Medianero & Samaniego 2004). Estos últimos autores señalan que la contaminación provoca una drástica disminución en la diversidad y una simplicidad en las comunidades de insectos acuáticos.

Según Nieves (1999) y Caicedo & Palacios (1998), cuando las comunidades están constituidas por más del 60,0 % de individuos de la familia Chironomidae es un indicativo de una condición de entre moderada y alta contaminación. Este relativamente alto porcentaje de dípteros en el río Chiriquí Viejo posiblemente se deba a factores físicos como la turbiedad y a la agricultura intensiva, los cuales se convierten en fuente de sedimentos que al depositarse en el fondo de los ríos, condicionan el comportamiento de las poblaciones de insectos acuáticos (Guevara 2011). *Chironomus* es uno de los géneros que tolera mayor grado de

contaminación orgánica en diferentes latitudes (Paggi 1999) y en este estudio fue el género más dominante en todos los sitios.

Otros estudios que demuestran la presencia de dípteros en menores porcentajes, son: Pino & Bernal (2009) (207 individuos, 3,7 %), González (2010) (474 individuos, 6,0 %), Guinnard (2012) (70 individuos 1,1 %).

El orden Heteroptera estuvo representado por cuatro familias y seis géneros (317 individuos, 14,2 %), de los cuales Veliidae y específicamente con el género *Rhagovelia*, fue el más abundante (175 individuos, 7,8 %). Este orden es el más abundante en los estudios realizados por Rodríguez *et al.* (2000) (7 familias, 18 géneros), Rodríguez & Sánchez (2001) (8 familias, 17 géneros), Rodríguez & León (2003) (11 familias, 23 géneros), Lombardo & Rodríguez (2007) (10 familias, 17 géneros), Pino & Bernal (2010) (2620 individuos, 47,3 %), Bernal & Castillo (2012) (798 individuos 10,0 %) y Guinnard (2012) (2880 individuos 43,8 %). La abundancia de heterópteros como segundo grupo posiblemente se deba a las variaciones estacionales de los organismos, en función del efecto que ocasionan las lluvias, el cual altera la disponibilidad de hábitats, y en segundo caso, a las condiciones adaptativas, ya que estos organismos viven en aguas limpias o ligeramente contaminadas.

El orden Ephemeroptera presentó tres familias y seis géneros (244 individuos, 10,9 %), de los cuales la familia Baetidae y el género *Camelobaetidius*, fueron los más abundantes (144 individuos, 6,5 %). En los estudios realizados en Panamá, este orden es abundante sobre todo en lugares con poca intervención antropogénica, como lo demuestran los siguientes autores: Rodríguez *et al.* (2000) (5 familias, 10 géneros), Rodríguez & Sánchez (2001) (3 familias, 8 géneros), Rodríguez & León (2003) (6 familias, 11 géneros), Lombardo & Rodríguez (2007) (5 familias, 10 géneros), Pino & Bernal 2009 (4 familias, 7 géneros), Bernal & Castillo (2012) (3 familias, 5 géneros), González (2010) (3 familias, 6 géneros) y Guinnard (2012) (3 familias, 7 géneros).

El orden Trichoptera contó con siete familias y ocho géneros (114 individuos, 5,1%). La familia Glossosomatidae fue la más representativa, con el género *Protoptila* (54 individuos, 2,4 %). Estudios realizados en el país, apuntan a los tricópteros como un grupo importante. Las variaciones físicas y ambientales parecen influir en la abundancia y distribución de tricópteros en la zona de estudio y como bioindicadores de aguas limpias.

Los órdenes de menor abundancia fueron: Coleoptera con cinco familias y 16 géneros (53 individuos, 2,4 %), Lepidoptera con dos familias y tres géneros (17 individuos, 0,8 %); Odonata con la familia Calopterygidae y el género *Hetaerina* (cuatro individuos, 0,2 %) (Figura 2).

Sitio 1. Puente Los González, Las Nubes

Se recolectaron 185 individuos (8,3 %) distribuidos en cinco órdenes con 10 familias y 18 géneros de insectos acuáticos (Cuadro 4). En esta estación se encontró el menor número de individuos, géneros y familias.

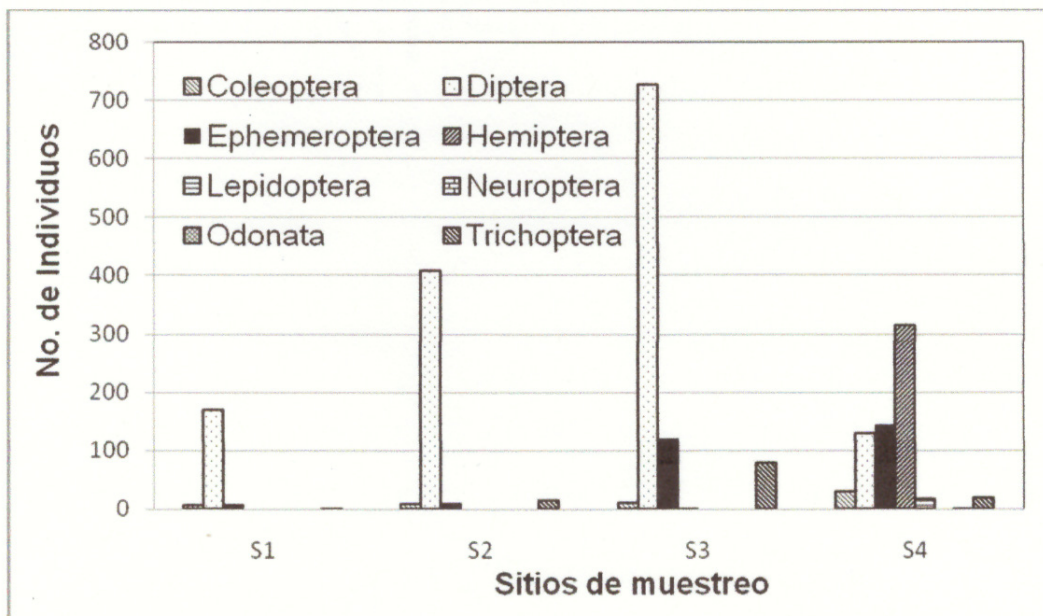


Figura 2. Abundancia de macroinvertebrados encontrados por estación en el río Chiriquí Viejo, durante diciembre de 2008 hasta mayo de 2009.

El orden más abundante fue Diptera con 169 individuos (91,4 %), seguido por Ephemeroptera con ocho individuos (4,3 %); Coleoptera con cinco (2,7 %); Trichoptera con dos (1,1 %) y Megaloptera con un individuo (0,5 %) (Figura 3).

El orden Diptera estuvo representado por cinco familias, Chironomidae fue la más abundante (141 individuos, 76,2 %), con el género *Chironomus* como el más representativo (124 individuos, 87,9 %). También se encontraron los géneros *Ablabesmya*, *Orthocladius* y *Procladius* pero en menor abundancia. La familia Simuliidae estuvo representada con los géneros, *Simulium* (14 individuos, 7,5 %) y *Stegoptera* (un individuo, 0,5 %). La familia Tipulidae con el género *Tipula* (dos individuos, 1,0 %), la familia Dixidae con el género *Dixella* (dos individuos, 1,0 %) y la familia Psychodidae con el género *Maruina* (nueve individuos, 4,8 %). Los dípteros acuáticos habitan en más tipos de agua que cualquier otro grupo de insectos (Springer 2008).

El orden Ephemeroptera estuvo representado por la familia Baetidae con los géneros *Baetis* y *Baetodes* (cuatro individuos cada uno). El orden Coleoptera registró tres familias: Staphylinidae y los géneros *Psamathobledius* y *Bledius*, Psephenidae, con el género *Psephenus*, y Elmidae, con los géneros *Lara* y *Disersus*.

El orden Trichoptera estuvo representado por la familia Leptoceridae y el género *Oecetis*, con dos individuos. En el orden Megaloptera se encontró la familia Corydalidae y el género *Chauloides*, con un individuo.

Sitio 2. La Garita, Las Nubes

En este sitio se recolectaron 449 individuos pertenecientes a tres phylum: Arthropoda, Mollusca y Annelida. El más abundante fue el phylum Arthropoda (442 individuos, 98,2 %), seguido del phylum Annelida (7 individuos, 0,3 %) y por último el phylum Mollusca (4 individuos, 0,1 %) (Cuadro 2).

El orden Diptera estuvo representado por seis familias (408 individuos, 91,0 % del total). La familia Chironomidae fue la más abundante (367 individuos, 83,0%). Aquí se destacan los géneros *Chironomus* (318 individuos, 86,6 %), *Orthocladius* (41 individuos, 11,2 %) y *Procladius* (ocho individuos, 2,2 %). Seguido por la familia Simuliidae y el género *Simulium* (24 individuos), la familia Empididae y el género *Chelifera* (nueve individuos), la familia Muscidae y el género *Limnophora* (cinco individuos) y la familia Tabanidae, con un género sin determinar (dos individuos).

El orden Trichoptera estuvo representado por cinco familias. La familia Glossosomatidae con el género *Protoptila* (nueve individuos, 60,0 %). En el orden Ephemeroptera sólo se recolectó la familia Baetidae con tres géneros, *Baetis* (tres individuos), *Baetodes* (un individuo) y *Camelobaetidius* (seis individuos).

En el orden Coleoptera se identificaron las familias: Staphylinidae con el género *Bledius* (siete individuos) y Elmidae, con el género *Macrelmis* (un individuo). También se destaca la presencia de otros macroinvertebrados acuáticos. El más abundante fue el Phylum Annelida, Clase Oligochaeta, familia Tubificidae (cuatro individuos), la Clase Hirudinea (tres individuos, sin determinar), seguido por el Phylum Mollusca, Clase Gastropoda (un individuo, sin determinar).

Sitio 3. Palo Santo, Vía Renacimiento

En este sitio se encontraron 941 individuos, distribuidos en dos Phylum: Arthropoda y Mollusca. En los Arthropoda, la Clase Insecta fue la más abundante (con cinco órdenes) y la Clase Arachnida, con un orden. En Mollusca se identificó la clase Gastropoda (con un individuo sin determinar). A pesar de que en este sitio se encontró la mayor cantidad de individuos, se identificó una menor cantidad de géneros e igual número de familias que el sitio 4.

Los insectos acuáticos dominaron el muestreo. Se encontró 940 individuos, con cinco órdenes, 19 familias y 26 géneros. Los órdenes dominantes fueron Diptera (725 individuos, 77,1 %), Ephemeroptera (122 individuos, 13,0 %), Trichoptera (78

individuos, 8,3 %), Coleoptera (11 individuos, 1,2 %) y Hemiptera (cuatro individuos, 0,4 %) (Cuadro 2).

El orden Diptera fue el más abundante y la familia Simuliidae la más representativa. Se recolectaron (387 individuos, 53,4 %) del género *Simulium*; seguido de la familia Chironomidae con el género *Chironomus* (321 individuos, 44,3 %) y el género *Orthocladius* (un individuo). La familia Psychodidae estuvo representada por el género *Maruina* (cinco individuos, 0,7 %), al igual que la familia Muscidae con el género *Lymnophora* (cinco individuos, 0,7 %). Las familias Tipulidae con el género *Tipula*, Empididae, con el género *Chelifera*, y Pelecorrhynchidae, con el género *Glutops* y un individuo cada una.

El orden Ephemeroptera estuvo representado por la familia Baetidae, donde el género *Camelobaetidius* (54 individuos, 44,3 %), el género *Baetodes* (48 individuos, 39,3 %), *Baetis* (16 individuos, 13,1 %) y *Proclleon* (cuatro individuos, 3,3 %).

En el orden Trichoptera se encontraron cuatro familias y cinco géneros, distribuidos en las familias Glossosomatidae y el género *Protoptila* (45 individuos, 57,7 %), la familia Hydropsichidae con el género *Smicridea* (23 individuos, 29,5 %) y el género *Leptonema* (dos individuos, 2,6 %), la familia Hydroptilidae con el género *Ochotrichia* (cinco individuos, 6,4 %) e Hydrobiosidae con el género *Atopshyche* (tres individuos, 3,8%).

En menor abundancia se encuentran el orden Coleoptera con tres familias y cinco géneros. En la familia Staphylinidae se encontró el género *Bledius* (un individuo, 12,0 %) y un género sin determinar (siete individuos, 88,0 %), de la familia Elmidae se encontraron los géneros *Phanocerus* y *Onychylis* (un individuo cada una), de la familia Curculionidae se encontró un individuo sin determinar.

El orden Heteroptera estuvo representado por las siguientes tres familias y tres géneros: Saldidae y el género *Micracanthia*, se encontraron dos individuos, Belostomatidae y el género *Belostoma* y Gerridae con un género sin determinar.

Por otro lado, se destaca la presencia de otros macroinvertebrados acuáticos pertenecientes al Phylum Mollusca, Clase Gastropoda, familia Ampullariidae, y el Phylum Arthropoda, Clase Arachnida, familia Hydrachnidae, ambas con un individuo sin determinar.

Sitio 4. Puente Paso Canoas, Frontera

En este sitio se recolectaron 657 individuos distribuidos en ocho órdenes, 19 familias y 28 géneros de insectos acuáticos. Los órdenes dominantes fueron Heteroptera (47,6 %, 313 individuos), Ephemeroptera (22,1 %, 145 individuos), y Diptera (19,6 %, 129 individuos). Estos tres órdenes abarcaron el 89,3 % del total de insectos recolectados en este sitio (Cuadro 2). En el cual se registró el mayor número de órdenes, familias y géneros.

El orden Heteroptera estuvo representado por las familias: Veliidae y Gerridae. La primera fue la más abundante con 268 individuos, donde se destacan los géneros *Rhagovelia* con 175 individuos y *Microvelia* con 93 individuos, constituyendo el 85,6 % del total del orden. De la familia Gerridae se recolectaron 45 individuos del género *Aquarius*.

Estudios donde se ha documentado la mayor abundancia de heterópteros son: en el río Chico (Rodríguez *et al.* 2000), en el río Los Corrales (Rodríguez & Bonilla 1999) y en el río La Villa (Wittgreen & Villanero 1998), donde las familias más representativas fueron también Veliidae y Gerridae.

El orden Ephemeroptera estuvo representado por tres familias, de las cuales Baetidae, específicamente el género *Camelobaetidius* con 84 individuos fue el más abundante. El orden Diptera presentó los siguientes cuatro familias: Chironomidae, la más abundante representado por el género *Chironomus* (114 individuos, 88,0 %), el orden Simuliidae con el género *Simulium* (12 individuos), Tabanidae con un género (dos individuos sin determinar), Empididae con el género *Hemerodromia* (un individuo).

Los órdenes con menor abundancia fueron Coleoptera con 29 individuos (4,4 %), distribuidos en las familias Staphylinidae (3 individuos), Psephenidae (2 individuos), Elmidae (11 individuos) y Dryopidae (13 individuos); Trichoptera con 19 individuos (29,0 %) pertenecientes a dos familias, Hydroptilidae (1 individuo) e Hydropsichidae (18 individuos); Lepidoptera con 17 individuos (2,6 %) y dos familias, Noctuidae (1 individuo) y Crambidae (16 individuos). El orden Odonata con sólo una familia, Calopterygidae y cuatro individuos (0,6 %) y Neuroptera con la familia Corydalidae y el género *Corydalus* (0,2 %).

4.1.2. Índice de diversidad y de similitud de los macroinvertebrados acuáticos recolectados en el río Chiriquí Viejo

Índice de Diversidad

La diversidad de Shannon-Weaver (H') para los macroinvertebrados acuáticos (Cuadro 3) fue de 2,25, lo que representa una diversidad media ($H' \geq 1,50$). En cuanto a la diversidad por estación de muestreo se obtuvo $H'=1,40$; $H'=1,29$; $H'=1,64$; $H'=2,29$, para las estaciones 1, 2, 3 y 4 respectivamente (Cuadro 4). Se considera que valores de $H' < 1,50$ representan áreas de baja diversidad, $1,50 \leq H' \leq 2,70$ representan áreas de media diversidad y $H' > 2,70$, de alta diversidad.

Según Vannote *et al.* (1980), los ecosistemas fluviales que presentan una estabilidad ambiental suelen presentar una baja diversidad biótica, a diferencia de ecosistemas con alto grado de variación ambiental que exhiben un aumento en la diversidad de especies o la complejidad funcional.

Los sitios 1 y 2 presentaron bajos valores de diversidad, pudiendo deberse al caudal, el cual puede alterar los tipos de sustratos y la diversidad de los hábitats (Alba-Tercedor 1996, Morris & Hawkins 1998, Roldán 2003). Esta alteración también se puede dar por actividades de origen antropogénico en el lugar (Rodríguez, *et al.* 2009), ya que hay cultivos de hortalizas variadas que llegan hasta los márgenes del río. Según McCoy (1990), la distribución de las especies

se reduce en mayores altitudes por la severidad del clima y la reducción en la oferta de recursos, mientras que en sitios más bajos, la diversidad se encuentra afectada por la presión de la depredación.

En el área donde se llevaron a cabo los muestreos de los sitios 3 y 4, los resultados pudieron deberse a que son áreas con poca vegetación riparia. Un factor determinante para encontrar una diversidad media en estos sitios, podría ser el flujo constante de sedimento a las aguas del río, producto de la actividad de remoción de tierras para la construcción de las hidroeléctricas aguas arriba de los mismos. Guevara (2011) evaluó la calidad del agua en la cuenca y embalse del río Peñas Blancas en Costa Rica y encontró que variables como la fluctuación del caudal, la presencia de embalses y el transporte de sedimentos, condicionan el comportamiento de las poblaciones de insectos acuáticos. Los aspectos fisicobióticos como presencia de detrito, la temperatura y la turbiedad en cada sitio de muestreo en el río Chiriquí Viejo pueden ser la causa de las diferencias en la diversidad (Cuadro 4).

Cuadro 3. Valores generales de diversidad de los macroinvertebrados acuáticos del río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.

Variables	Periodo de estudio
Número de individuos	2232
Riqueza de especies	59
Uniformidad	0.55
Índice de Shannon – Weaver	2.25

$H' \leq 1,50$ = diversidad baja, $1,50 \leq H' \leq 2,70$ = diversidad media; $H' > 2,7$ = diversidad alta.

Se encontraron variaciones temporales en las condiciones del sustrato, como es la presencia de arena y lodo en el primer sitio; sedimento, pocas piedras y mucha corriente en el sitio 2; arena, rocas pequeñas y mucha corriente en el sitio 3 y piedras grandes, grava y mucha corriente en el sitio 4. Esto puede compararse con los resultados obtenidos por Aguirre *et al.* (2004) en Quebrada La Vega,

donde también la variación en las condiciones hidrológicas e hidráulicas de las corrientes influyó en la composición y estructura de los macroinvertebrados acuáticos.

Cuadro 4. Valores de diversidad por sitio de muestra de los macroinvertebrados acuáticos en el río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.

Variables	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Número de individuos	185	449	941	657
Riqueza de especies	18	22	28	28
Uniformidad	0,48617	0,41094	0,49399	0,68751
Índice de Shannon – Weaver	1,40521	1,29528	1,64608	2,29091

$H' \leq 1,5$ = diversidad baja, $1,5 < H' < 2,7$ = diversidad media, $H' > 2,7$ = diversidad alta.

En términos de abundancia se obtuvieron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo. El sitio 3, Palo Santo, fue el de mayor abundancia y la estación 1, Puente Los González, el de menor abundancia (Cuadro 4). En enero donde se capturó la mayor cantidad de macroinvertebrados acuáticos (586 individuos) y en febrero la menor cantidad de macroinvertebrados acuáticos (114 individuos). Esta situación puede deberse a las crecidas del río en febrero de 2009. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Medianero & Samaniego (2004) en los que durante los meses con menor precipitación, capturó una mayor cantidad de insectos acuáticos (Figura 3).

Estudios realizados por Medianero & Samaniego (2004), mostraron que tanto el número de individuos como el de taxa aumentan durante la temporada seca, alcanzando un máximo en enero y febrero. En nuestros resultados, a mediados de febrero hubo un aumento en el caudal y desbordamientos, por lo que la fauna de macroinvertebrados acuáticos casi desapareció y al hacer el segundo muestreo del mes, fue muy poca la cantidad de organismos recolectados. Esto nos podría sugerir que hay relación entre la precipitación pluvial y el número de insectos en el río, pues muchos de ellos están sujetos al fenómeno de deriva.

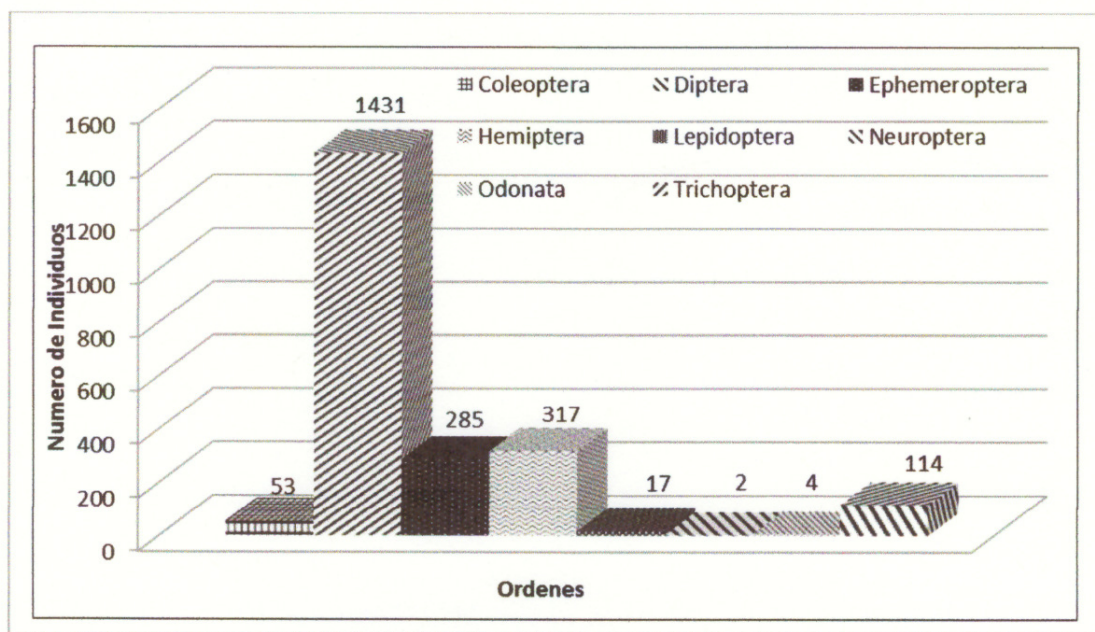


Figura 3. Abundancia de macroinvertebrados recolectados en el río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.

Con relación a la riqueza de géneros, se encontraron diferencias entre los sitios de muestreo. Palo Santo y Frontera fueron los sitios más ricos, mientras que Las Nubes fue el más pobre. En cuanto a la uniformidad se encontraron diferencias entre las estaciones, en donde Frontera fue la más heterogénea y La Garita la menos heterogénea (Cuadro 4).

Índice de Similitud de Jaccard en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos

Según el Índice de Similitud de Jaccard la mayor similitud se encontró entre los sitios La Garita y Palo Santo con 45,5 % de similitud (Cuadro 5). Esto probablemente se debe a la cercanía entre sitios y las características fisicobióticas similares que poseen como el gradiente altitudinal (1858–1273 m.s.n.m.), el flujo y el encadenamiento de las comunidades a lo largo del río (Margalef 1983), y el concepto de río como un Continuum (Vannote *et al.* 1980).

Sin embargo, estos resultados aun son bajos para la similitud entre los diferentes sitios de muestreo en comparación con otros estudios. Araúz *et al.* (2000), encontró un índice de Similitud en promedio de 65,0 % entre las distintas estaciones de muestreo en el cauce del río Chico (Chiriquí). Según Roldán (2012), los ríos y quebradas que se encuentran en situaciones intermedias de contaminación, ya sea porque muestran síntomas de contaminación o que comienzan a recuperarse, comúnmente encuentran poblaciones dominantes de turbelarios, hirudíneos, ciertos moluscos, quironómidos y oligoquetos, mezclados en menor proporción con ciertos efemerópteros y tricópteros.

Cuadro 5- Índice de Similitud de Jaccard en cuatro estaciones de muestreo en el río Chiriquí Viejo, diciembre de 2008 a mayo de 2009.

Estaciones	2	3	4
1	0,258 (25,8 %)	0,216 (21,6 %)	0,122 (12,2 %)
2		0,455 (45,5 %)	0,194 (19,4 %)
3			0,222 (22,2 %)

Una explicación a las diferencias en el índice de Similitud puede deberse a las diferencias en el microhábitat y factores biofísicos, ya que los sitios Las Nubes, La Garita y Palo Santo están más cercanas, a diferencia del sitio en Frontera que está separada muchos kilómetros aguas abajo y presenta poca similitud con los otros sitios (12,2 %, 19,4 % y 22,2 % respectivamente) (Cuadro 5). Los factores abióticos, biofísicos y las actividades antropogénicas cercanas a cada estación, influyen en la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, y éstos a su vez, influyen en los hábitos dietarios de cada género encontrado. En los macroinvertebrados acuáticos, se han documentado diversos grupos dietarios dependiendo del hábitat, sustrato y distribución geográfica del organismo (Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna *et al.* 2010).

Los resultados de este estudio pueden servir como base de otros estudios de composición de la fauna béntica y su interacción con el hábitat. Por ejemplo, el

hecho de encontrar más cantidad de organismos de hábito alimenticio recolector distribuidos en algunos órdenes como Coleoptera, algunos Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera, concuerda con los resultados obtenidos por Chará-Serna *et al.* (2010), en ocho quebradas protegidas en la ecorregión cafetera colombiana, donde se encontraron géneros del orden Diptera, Coleoptera, Ephemeroptera y Trichoptera. Esto demuestra la importancia de la cobertura boscosa en las márgenes, pues la fotosíntesis es limitada por la sombra y esta limitación define estos ecosistemas como heterotróficos, y puede explicar la escasa presencia de raspadores, cuya principal fuente de alimento son las algas (Cuadro 6).

Se podría suponer que la comunidad de macroinvertebrados responde más al tipo de sustrato, que a la composición química (Guevara 2011). Así, en el sustrato de arena y grava dominan más los dípteros, mientras que en el sustrato rocoso dominan los efemerópteros y tricópteros. Pero en ambientes mixtos, se encontraron mayor número de órdenes y mayor variabilidad de su abundancia en los diferentes ambientes.

El segundo grupo dietario mayormente encontrado fue el de los depredadores representados por los órdenes Coleóptera, Neuroptera, Trichoptera, Heteroptera, Lepidoptera, Odonata y algunos Diptera, que aunque no tuvieron mucha abundancia en cuanto al número de individuos, con excepción de los dípteros, dan indicio de la variedad de microhábitats que podemos encontrar en la cuenca.

El tercer grupo dietario encontrado fue el de los detritívoros (Coleoptera, algunos Diptera y algunos Trichoptera), que al igual que los depredadores, los encontramos en una amplia variedad de microhábitats, como el fondo de aguas lólicas (entre sedimento y detrito), en medios turbios y fondos arenosos, debajo de piedras, grava, troncos y hojas, o en aguas lentas, en remansos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Grupo dietario al que pertenecen los macroinvertebrados acuáticos capturados en el río Chiriquí Viejo, Chiriquí.

Orden	Familia	Género	Hábito alimentario	Referencia	
Coleoptera	Staphylinidae	<i>Psamathobledius</i>	Detritívoro	Merritt & Cummins 1996, Fernández 2001	
		<i>Bledius</i>	Depredador	Merritt & Cummins 1996	
	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	Raspador	Merritt & Cummins 1996	
	Elmidae	<i>Lara</i>	Detritívoro	Merritt & Cummins 1996	
		<i>Disersus</i>	*	*	
		<i>Macrelmis</i>	Recolector-raspador-herbívoro-detritívoro	Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna <i>et al.</i> 2010, Hernández & Algecira 2007	
		<i>Phanocerus</i>	Recolector-herbívoro-detritívoro	Hernández & Algecira 2007	
		<i>Hexacylloepus</i>	*	*	
		<i>Microcyllloepus</i>	*	*	
		<i>Macronychus</i>	Recolector – detritívoro	Merritt & Cummins 1996	
		<i>Onychylis</i>	*	*	
	Dryopidae	<i>Pelonomus</i>	Herbívoro	Solís 2010	
		<i>Dryops</i>			
	Diptera	Chironomidae	<i>Ablabesmya</i>	Recolector	Merritt & Cummins 1996
			<i>Chironomus</i>		
<i>Orthocladius</i>					
<i>Procladius</i>					
Simuliidae		<i>Simulium</i>	Recolector	Merritt & Cummins 1996	
		<i>Stegoptera</i>			
Tipulidae		<i>Tipula</i>	Fragmentador	Chará-Serna <i>et al.</i> 2010	
		<i>Dixella</i>	Recolector	Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna <i>et al.</i> 2010	
Psychodidae		<i>Maruina</i>	Recolector	Merritt & Cummins 1996	
Empididae		<i>Chelifera</i>	Recolector-fragmentador	Merritt & Cummins 1996,	

			Chará-Serna <i>et al.</i> 2010
		<i>Hemerodromia</i>	*
	Muscidae	<i>Limnophora</i>	Depredador Merritt & Cummins 1996
	Tabanidae	*	Depredador Merritt & Cummins 1996
	Pelecorhynchidae	<i>Glutops</i>	Depredador Merritt & Cummins 1996
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	Recolector Merritt & Cummins 1996
		<i>Baetodes</i>	Recolector-Detrítivoro Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna <i>et al.</i> 2010
		<i>Camelobaetidius</i>	* *
		<i>Procleon</i>	Recolector Merritt & Cummins 1996
	Tricorythidae	<i>Leptohyphes</i>	Recolector Chará-Serna <i>et al.</i> 2010
	Leptophlebiidae	<i>Thaulodes</i>	Recolector Chará-Serna <i>et al.</i> 2010
Neuroptera	Corydalidae	<i>Chauloides</i>	Depredador Merritt & Cummins 1996
		<i>Corydalus</i>	Depredador-Carnívoro Merritt & Cummins 1996, Contreras 2000
Trichoptera	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>	Depredador Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna <i>et al.</i> 2010
	Limnephilidae	*	Recolector-Depredador Merritt & Cummins 1996
	Hidroptilidae	<i>Ochotrichia</i>	Recolector – Filtrador Merritt & Cummins 1996, Reynaga 2009
	Glossosomatidae	<i>Protoptila</i>	Raspador Merritt & Cummins 1996
	Odontoceridae	<i>Marilia</i>	Fragmentador - Recolector – Raspador Chará-Serna <i>et al.</i> 2010
	Hidropsichidae		<i>Smicridea</i>
<i>Leptonema</i>			Recolector-Fragmentador-Filtrador Chará-Serna <i>et al.</i> 2010, Merritt & Cummins

				1996, Reynaga 2010
	Hidrobiosidae	<i>Atopshyche</i>	Depredador	Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna et al. 2010
Heteroptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	Depredador	Merritt & Cummins 1996
	Saldidae	<i>Micracanthia</i>	Depredador	Merritt & Cummins 1996
	Gerridae	<i>Aquarius</i>	Depredador	Merritt & Cummins 1996
	Veliidae	<i>Microvelia</i>	Depredador	Merritt & Cummins 1996
		<i>Rhagovelia</i>	Depredador	Merritt & Cummins 1996, Hernández & Algecira 2007
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Sin determinar</i>	*	*
	Cambridae	<i>Sin determinar</i>	Recolector-Depredador	Merritt & Cummins 1996
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	Depredador	Merritt & Cummins 1996, Lara & Villeda 2000
Annelida / Oligochaeta	Tubificidae	*	Detritivoro	Merritt & Cummins 1996

* No especificado

4.2. Índices bióticos

4.2.1. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP'/PAN)

Los puntajes obtenidos para las categorías de calidad del agua utilizando el Índice preliminar BMWP'/PAN fueron, 54 para el sitio 1, esto indica aguas de Clase IV, mala; para el sitio 2 y 3, el puntaje fue de 80, lo que indica aguas de Clase III, regular y para el sitio 4, el puntaje de 89 también indica aguas de Clase III, regular (Cuadro 7).

Sitio 1: Las Nubes: Se refleja un puntaje de 54, lo cual indica aguas de clase IV, de mala calidad, contaminadas (Cuadro 7).

Sitio 2. La Garita: Presenta un puntaje de 80, esto indica aguas de Clase III, de calidad regular, eutróficas y moderadamente contaminadas (Cuadro 7).

Sitio 3. Palo Santo: Las familias Ampullariidae, Gerridae, Hydrachnidae, Pelecorhynchidae y Saldidae no aparecen en el listado BMWP'/PAN por lo que no se incluyen en los puntajes. El puntaje total de 80 para el Índice BMWP'/PAN indica aguas de Clase III, de calidad regular, eutróficas y moderadamente contaminadas (Cuadro 7).

Sitio 4. Frontera: La suma de todas las familias da un total de 89, lo cual indica aguas de Clase III, de calidad regular, eutróficas y moderadamente contaminadas. Las familias Noctuidae y Gerridae no aparecen en el listado BMWP'/PAN, por lo que no se incluyen en los resultados.

Cuadro 7. Aplicación del Método BMWP'/PAN.

SITIO 1	Puntaje BMWP'/ PAN	SITIO 2	Puntaje BMWP'/ PAN	SITIO 3	Puntaje BMWP'/ PAN	SITIO 4	Puntaje BMWP'/ PAN
Baetidae	6	Ampullariidae		Ampullariidae		Baetidae	6
Chironomidae	2	Baetidae	6	Baetidae	6	Calopterygidae	5
Corydalidae	6	Chironomidae	2	Belostomatidae	4	Chironomidae	2
Elmidae	5	Elmidae	5	Chironomidae	2	Corydalidae	6
Leptoceridae	10	Empididae	4	Curculionidae	4	Dryopidae	5
Psephenidae	8	Glossosomatidae	8	Elmidae	5	Elmidae	5
Psychodidae	4	Hydrachnidae		Empididae	4	Empididae	4
Simuliidae	5	Hydropsichidae	6	Gerridae		Gerridae	
Staphylinidae	4	Hydroptilidae	6	Glossomatidae	8	Hydropsychidae	6
Tipulidae	4	Limnephilidae	8	Hydrobiosidae	10	Hydroptilidae	6
		Muscidae	4	Hydroptilidae	6	Leptohyphidae	6
		Odontoceridae	10	Hydrachnidae		Leptophlebiidae	8
		Psychodidae	4	Hydropsychidae	6	Noctuidae	
		Simuliidae	5	Muscidae	4	Psephenidae	8
		Staphylinidae	4	Pelecorhynchidae		Crambidae	5
		Tabanidae	4	Psychodidae	4	Simuliidae	5
		Tubificidae	1	Saldidae		Staphylinidae	4
		Hirudinea	3	Simuliidae	5	Tabanidae	4
				Staphylinidae	4	Veliidae	4
				Tabanidae	4		
				Tipulidae	4		
Total	54		80		80		89

4.2.2. Índice Biological Monitoring Working Party/Colombia (BMWP'/COL)

Los valores BMWP'/COL en el río Chiriquí Viejo fueron en el Puente Los González un puntaje de 63, lo cual indica aguas aceptables (Clase II); para La Garita, un puntaje de 88, es aceptable (Clase II); mientras que en Palo Santo, con puntaje 110 y Frontera con puntaje 119, son aguas de calidad buena (Clase I) (Cuadro 8). Conforme se avanza río abajo, hay tendencia a mejorar la calidad del agua.

Sitio 1: Puente Los González: el resultado indica que la calidad del agua es aceptable (Clase II) y el valor ASPT es 6,3, lo que indica aguas ligeramente contaminadas.

Sitio 2: La Garita: el resultado indica que la calidad del agua es aceptable (Clase II), el valor ASPT es 4,8, el cual indica aguas ligeramente contaminadas. A la familia Limnephilidae no se le asignó puntaje ya que no aparece en el listado de este índice (BMWP'/COL).

Cuadro 8. Aplicación del Método BMWP'/COL.

SITIO 1	Puntaje BMWP'/ Col	SITIO 2	Puntaje BMWP'/ Col	SITIO 3	Puntaje BMWP'/ COL	SITIO 4	Puntaje BMWP'/ Col
Baetidae	7	Ampullariidae	9	Ampullariidae	9	Baetidae	7
Chironomidae	2	Baetidae	7	Baetidae	7	Calopterygidae	7
Corydalidae	6	Chironomidae	2	Belostomatidae	5	Chironomidae	2
Elmidae	6	Elmidae	6	Chironomidae	2	Corydalidae	6
Leptoceridae	8	Empididae	4	Curculionidae		Dryopidae	7
Psephenidae	10	Glossosomatidae	7	Elmidae	6	Elmidae	6
Psychodidae	7	Hydrachnidae		Empididae	4	Empididae	4
Simuliidae	8	Hydropsichidae	7	Gerridae	8	Gerridae	8
Staphylinidae	6	Hydroptilidae	7	Glossomatidae	7	Hydropsychidae	7
Tipulidae	3	Limnephilidae		Hydrobiosidae	9	Hydroptilidae	7
		Muscidae	2	Hydroptilidae	7	Leptohyphidae	7
		Odontoceridae	10	Hydrachnidae		Leptophlebiidae	9
		Psychodidae	7	Hydropsychidae	7	Noctuidae	
		Simuliidae	8	Muscidae	2	Psephenidae	10
		Staphylinidae	6	Pelecorhynchidae		Crambidae	5
		Tabanidae	5	Psychodidae	7	Simuliidae	8
		Tubificidae	1	Saldidae	8	Staphylinidae	6

		Hirudinea		Simuliidae	8	Tabanidae	5
				Staphylinidae	6	Veliidae	8
				Tabanidae	5		
				Tipulidae	3		
Total	63		88		110		119
Valor ASPT	6,3		4,8		5,2		6,3

Sitio 3: Palo Santo: El valor del BMWP'/COL fue de 110, lo que indica que la calidad del agua es buena, de Clase I, y el resultado ASPT de 5,2 indica aguas poco alteradas. La familia Pelecorrynchidae no aparece en el listado del Índice BMWP'/COL.

Sitio 4. Frontera: La puntuación para el sitio cuatro fue de 119, con un ASPT de 6,3. Esto indica que el agua es de Clase I, no contaminadas o poco alteradas. A la familia Noctuidae no se le asignó puntuación porque no aparece en el listado del Índice BMWP' /COL.

4.2.3. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP'/CR)

En cuanto a los resultados obtenidos utilizando el Índice BMWP'/CR se observan diferencias notorias, ya que el Puente Los González tiene un puntaje de 48, lo que indica aguas de calidad mala, contaminadas. Este porcentaje aumentó gradualmente en La Garita, que obtuvo un puntaje de 73, Palo Santo con puntaje de 72 y Frontera con puntaje de 79, lo cual indica aguas de calidad regular, eutrofia y contaminación moderada (Cuadro 9).

Para los resultados obtenidos utilizando el Índice BMWP'/CR tomado del Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales dictado por el Poder Ejecutivo, el Ministro de Ambiente y Energía y la Ministra de Salud, en La Gaceta Digital (2007), la calidad del agua del río Chiriquí Viejo se encuentra entre mala y regular.

Sitio 1. Puente Los González: El puntaje de 48 en la sumatoria de las familias encontradas establece que la calidad del agua en esta parte del río es mala, contaminada.

Sitio 2. La Garita: El sitio La Garita presenta un puntaje de 72, lo que nos indica que son aguas de calidad regular, eutrofizada y contaminación moderada. En la aplicación del método BMWP'/CR, la familia Ampullariidae no está incluida, por lo que no se le asignó ningún valor.

Sitio 3. Palo Santo: La suma total de las familias es de 75, lo que indica que son aguas de calidad regular, eutrofia y contaminación moderada. En este sitio se encontraron las familias Saldidae, Gerridae, Pelecorrhynchidae y Ampullariidae, las cuales no están incluidas en el Índice BMWP'/CR, por lo que no se le asignó valor.

Sitio 4. Frontera: El puntaje suma 79, lo cual indica aguas de calidad regular, eutrofia y contaminación moderada. Las familias Gerridae, Veliidae y Noctuidae no aparecen registradas en el BMWP'/CR, por lo que no se le asignó valor.

Cuadro 9: Aplicación del Método BMWP'/CR

SITIO 1	Puntaje BMWP'/ CR	SITIO 2	Puntaje BMWP'/ CR	SITIO 3	Puntaje BMWP'/ CR	SITIO 4	Puntaje BMWP'/ CR
Baetidae	5	Ampullariidae		Ampullariidae		Baetidae	5
Chironomidae	2	Baetidae	5	Baetidae	5	Calopterygidae	4
Corydalidae	6	Chironomidae	2	Belostomatidae	4	Chironomidae	2
Elmidae	5	Elmidae	5	Chironomidae	2	Corydalidae	6
Leptoceridae	8	Empididae	4	Curculionidae	4	Dryopidae	5
Psephenidae	7	Glossosomatidae	8	Elmidae	5	Elmidae	5
Psychodidae	3	Hidrachnidae		Empididae	4	Empididae	4
Simuliidae	4	Hydropsychidae	5	Gerridae		Gerridae	
Staphylinidae	4	Hydroptilidae	6	Glossomatidae	8	Hydropsychidae	5
Tipulidae	4	Limnephilidae	8	Hydrobiosidae	9	Hydroptilidae	6
		Muscidae	4	Hydroptilidae	6	Leptohiphidae	5
		Odontoceridae	9	Hydrachnidae		Leptophlebiidae	8
		Psychodidae	3	Hydropsychidae	5	Noctuidae	
		Simuliidae	4	Muscidae	4	Psephenidae	7
		Staphylinidae	4	Pelecorrhynchidae		Crambidae	5

		Tabanidae	4	Psychodidae	3	Simuliidae	4
		Tubificidae	1	Saldidae		Staphylinidae	4
		Hirudinea		Simuliidae	4	Tabanidae	4
				Staphylinidae	4	Veliidae	
				Tabanidae	4		
				Tipulidae	4		
Total	48		72		75		79

4.2.4. Comparación entre los resultados obtenidos al utilizar los índices bióticos BMWP'/PAN, BMWP'/COL y BMWP'/CR.

El cuadro 10 muestra diferencias entre los resultados de la calidad del agua al comparar el BMWP'/PAN con el BMWP'/COL y el BMWP'/CR. Estos índices trabajan para los respectivos países, sin embargo, el valor BMWP'/CR se asemeja más al BMWP'/PAN que al resultado del BMWP'/PAN en comparación con el BMWP'/COL.

Cuadro 10. Comparación entre los resultados obtenidos al utilizar los índices BMWP'/PAN, BMWP'/COL y BMWP'/CR.

Sitio	BMWP'/COL			BMWP'/CR			BMWP'/PAN		
	Punt.	Nivel de Calidad	Color	Punt.	Nivel de Calidad	Color	Punt.	Nivel de Calidad	Color
1	63	Aceptable, aguas ligeramente contaminadas	Verde	48	Aguas de mala calidad, contaminadas	Amarillo	54	Aguas de calidad mala, contaminadas	Amarillo
2	88	Aceptable, aguas ligeramente contaminadas	Verde	72	Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	Verde	80	Aguas de calidad regular, eutróficas, moderadamente contaminadas	Verde

3	110	Calidad buena, aguas de muy limpias a limpias	Azul	71	Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	Verde	80	Aguas de calidad regular, eutróficas, moderadamente contaminadas	Verde
4	119	Calidad buena, aguas de muy limpias a limpias	Azul	79	Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	Verde	89	Aguas de calidad regular, eutróficas, moderadamente contaminadas	Verde

La calidad del agua en el sitio 1, Las Nubes, para los tres índices es de ligeramente contaminada a contaminada y aguas de mala calidad; esto puede deberse a que el río recibe material alóctono que contiene compuestos orgánicos que pueden contaminar el agua. La calidad del agua en el sitio 3, Palo Santo, es un importante referente de la calidad del agua en un lugar que ha sido intervenido por sobre-pastoreo. Las márgenes de este río están constantemente sometidas al pisoteo del ganado y a la erosión, lo cual, unido a la alta precipitación, provoca que aumente la cantidad de sedimentos en el agua.

En el río Chiriquí Viejo se observaron dos categorías de calidad de agua de los índices BMWP'/CR y BMWP'/PAN, y tres categorías de agua con el índice BMWP'/COL. Esto demostraría que los puntajes del BMWP'/PAN son más exigentes y dan valores diferentes a las familias de macroinvertebrados acuáticos a los obtenidos con el BMWP'/COL, que sugiere que son aguas de mejor calidad.

4.2.5. Índice Biológico a Nivel de Familias de Invertebrados Acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)

Se calculó para compararlo con los índices BMWP' aplicados para Colombia, Costa Rica y Panamá.

Los resultados llamaron la atención cuando al analizarlos, el sitio 1 tiene un valor de 7.48108108, el cual indica que está en categoría 7, con calidad del agua muy

pobre y contaminación severa probable. Esto puede deberse a la gran cantidad de materia orgánica utilizada por los agricultores en los cultivos que se encuentran en un área que es zona de amortiguamiento del Parque Internacional La Amistad y al ancho del río, pero al igual que en los otros índices aplicados, es el resultado más bajo (Cuadro 11).

El sitio 2 se encuentra aguas abajo, aproximadamente a 5 km. del sitio 1, se obtuvo un valor IBF de 7.55928413, también catalogado como categoría 7 con calidad de agua muy pobre y contaminación orgánica severa probable. La mayoría de esta zona es de cultivos agrícolas, por lo que el uso de grandes cantidades de gallinaza eutrofizan el agua. Al realizar el cálculo del índice biológico y ubicarlo dentro de los rangos de categoría del mismo, refleja el mal estado en que se encuentra esta parte del río.

Cuadro 11. Resultados obtenidos al utilizar el Índice Biológico a nivel de Familias de Invertebrados Acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)

Sitio	Valor	Categoría - Color	Calidad del agua	Interpretación del grado de contaminación orgánica
1	7.48108108	7 Rojo	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable
2	7.55928413	7 Rojo	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable
3	6.5311514	6 Naranja	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
4	5.80438184	5 Amarillo	Regular pobre	Contaminación sustancial probable

El sitio 3 presentó un valor IBF de 6.53411514, esto indica que este tramo del río se encuentra en la categoría 6, con calidad de agua pobre y contaminación orgánica muy sustancial probable. Este sitio de muestreo presenta remansos en ciertas áreas y mucha corriente en otras. El sitio 4 presentó un valor IBF de 5.80438184, esto indica que este tramo del río presenta una categoría 5, con calidad de agua regular a pobre y con contaminación orgánica sustancial probable.

Al comparar los valores obtenidos en cada sitio, la calidad muy pobre, pobre y regular pobre del río, nos indica de manera alarmante el mal estado en que se encuentra el río Chiriquí Viejo y coinciden con los análisis físicos y químicos determinados más adelante. Este índice IBF-SV-2010 es muy estricto en cuanto a las valoraciones y se convierte en una alternativa de monitoreo de la calidad ambiental de las aguas de los ríos tropicales, ya que esta metodología permite reducir significativamente los costos económicos en relación al análisis fisicoquímico y microbiológico convencionales.

Al comparar el IBF-SV-2010 de El Salvador con el BMWP'/PAN, BMWP'/Col y BMWP'/CR, se obtiene que estos últimos índices una reducida capacidad de discriminación y tienden a sobreestimar la calidad ambiental del agua en los sitios muestreados en el río Chiriquí Viejo. La diferencia en la capacidad de separar los sitios de muestreo con diferente calidad ambiental de las aguas se debe principalmente, al hecho que el IBF-SV-2010 en El Salvador toma en consideración la abundancia relativa de cada grupo taxonómico encontrado, con lo que se obtiene un puntaje más balanceado y representativo de la comunidad de invertebrados acuáticos en estudio y no se ve afectado por la riqueza de grupos taxonómicos encontrados. Rosero & Fossati (2009), realizaron un estudio comparativo en Ecuador y compararon los índices ABI (Andean Biotic Index) y BMWP'/COL con ríos del páramo de Papallacta, demostrando que la fauna de la zona se ajusta a la fauna analizada por el índice ABI.

4.3. Parámetros Físico-químicos

Los análisis físico-químicos muestran variabilidad desde la parte alta hacia la parte baja del río durante el período de muestreo, tendiendo a aumentar sus valores conforme el río avanza hacia su parte baja. La abundancia de macroinvertebrados en el río Chiriquí Viejo tiene relación con los parámetros fisicoquímicos, presentando relación con los sólidos disueltos, la concentración de Calcio, la alcalinidad, conductividad, dureza y temperatura (Figura 4).

Gran parte de los macroinvertebrados acuáticos recolectados prefieren temperaturas entre los 18 °C y 25 °C (Figuras 5 y 6) y un pH entre 7,0 y 8,5. La variación de los caudales se asume como un factor importante que influye sobre la calidad del agua. Esto se asocia con la cantidad de material alóctono que puede ingresar a la corriente por escorrentía cuando llueve lo cual muestra sus efectos inmediatos en el caso del contenido de sólidos transportados (Aguirre *et al.* 2004).

La dureza presentó su máximo valor en el sitio 4 con 60,0 mg/L de CaCO₃, mientras que el sitio 1 presentó el mínimo valor de 16,0 mg/L de CaCO₃. Para Lampert & Sommer (1997), los valores normales están alrededor de 80,0 mg/L de CaCO₃ y menor que éste, se asocia a aguas con valores bajos de pH. Con estas características se pueden calificar estas aguas como blandas (Aguirre *et al.* 2004) y el aumento en la dureza puede estar relacionado con la movilización de nutrientes causada por las lluvias.

En cuanto a los sólidos disueltos totales, Las Nubes presentó un promedio de 30,0 mg/L, mientras que en Frontera el promedio fue de 74,0 mg/L (Figura 7).

Los valores de temperatura variaron a lo largo del río durante los días de muestreo en un ámbito entre 13,6 °C en Las Nubes a 23,2 °C en Frontera (Figura 6).

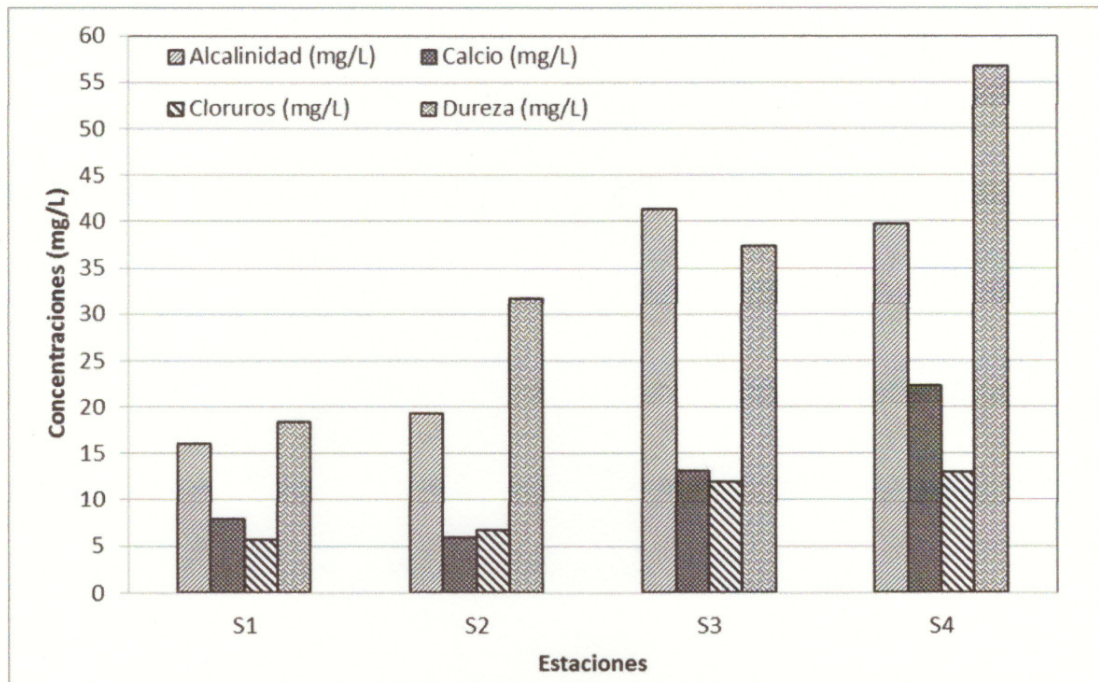


Figura 4. Valores promedio de alcalinidad, calcio, cloruros y dureza obtenidos en las estaciones de muestreo en el río Chiriquí Viejo, durante diciembre de 2008 a mayo de 2009.

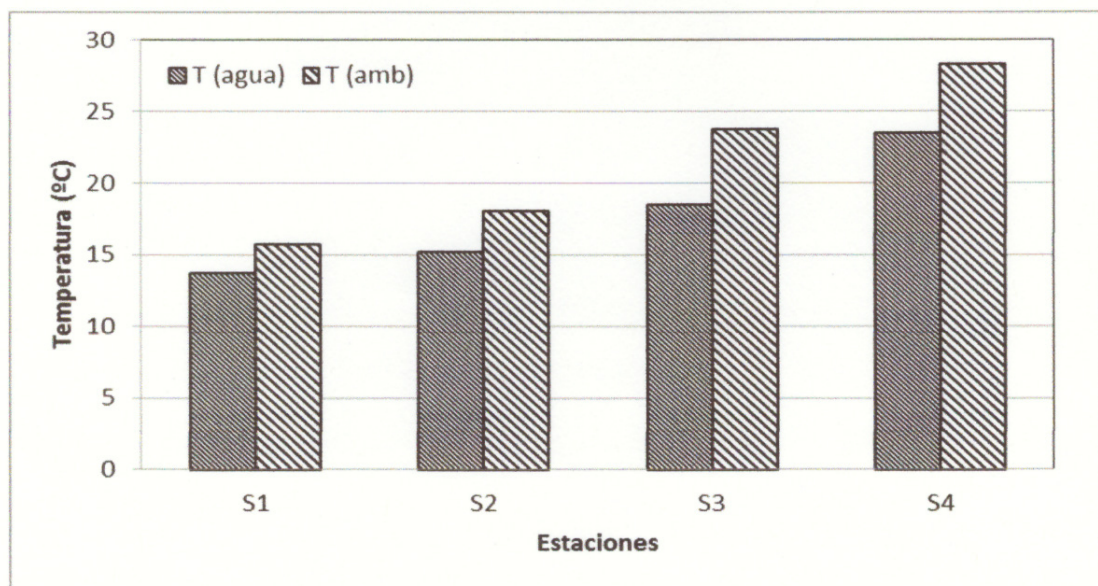


Figura 5. Temperatura promedio del agua y del ambiente en las cuatro estaciones de muestreo en el río Chiriquí Viejo (2008-2009).

Cuando existen alteraciones de carácter antropogénico, la condición fisicoquímica del agua presenta variaciones que limitan las poblaciones de insectos acuáticos (Guevara 2011). Los microhábitats pueden presentar un estado trófico tendiente a la oligotrofia, que es muy dependiente de pequeñas contribuciones de nutrientes provenientes de la vegetación riparia (Rivera *et al.* 2010). Así, grandes aportes de materia orgánica podrían modificar de manera importante las condiciones de estos ecosistemas.

La transparencia del agua es una de las variables más importantes que podría afectar la productividad en estos microhábitats (Rivera *et al.* 2010). Los aumentos en la carga de sólidos asociados a cambios en el uso del suelo, podrían generar una reducción importante de las películas algales que se desarrollan en el lecho rocoso y por lo tanto, afectan a las poblaciones de organismos de hábito trófico raspador, como algunos de coleópteros (*Psephenus*, *Macrelmis*), dípteros (Psychodidae) y trichópteros (Glossosomatidae).

En el sitio 1, puente Los González en Las Nubes, la corriente es muy rápida, el sustrato dominante es grava y enormes rocas, se observa la presencia de arena y algo de lodo. El ancho del río en este sitio es de 15 m. La cobertura boscosa está presente en un 75 % de bosque secundario en las orillas. Aquí la temperatura del agua tuvo un promedio de 14,0 °C, con mínimo de 12,0 °C en diciembre de 2008 y en un máximo de 15,0 °C en abril y mayo de 2009 (Figura 6). En este mismo sitio la temperatura ambiental estuvo entre los 14,0 °C en diciembre de 2008 y 19,0 °C en abril de 2009 con un promedio de 16,0 °C en todos los meses de muestreo. No hubo grandes variaciones en las temperaturas de los tres primeros sitios, pues las condiciones ambientales eran muy parecidas, a diferencia del sitio 4, donde la temperatura es más alta debido a factores como el descenso en la altitud (Figura 6).

Los valores de pH registraron un promedio de 8.4 con un valor mínimo de 7,0 y un valor máximo de 9,8. Según Flanagan (1992), el ámbito normal en el cual pueden fluctuar los valores de pH es de 6,5 a 8,0. Por tanto, las aguas de los sitios

muestreados presentan valores por encima del ámbito normal de pH. Una razón podría ser la carga de sólidos disueltos que caen al río, los cuales tienen la capacidad de amortiguar el pH.

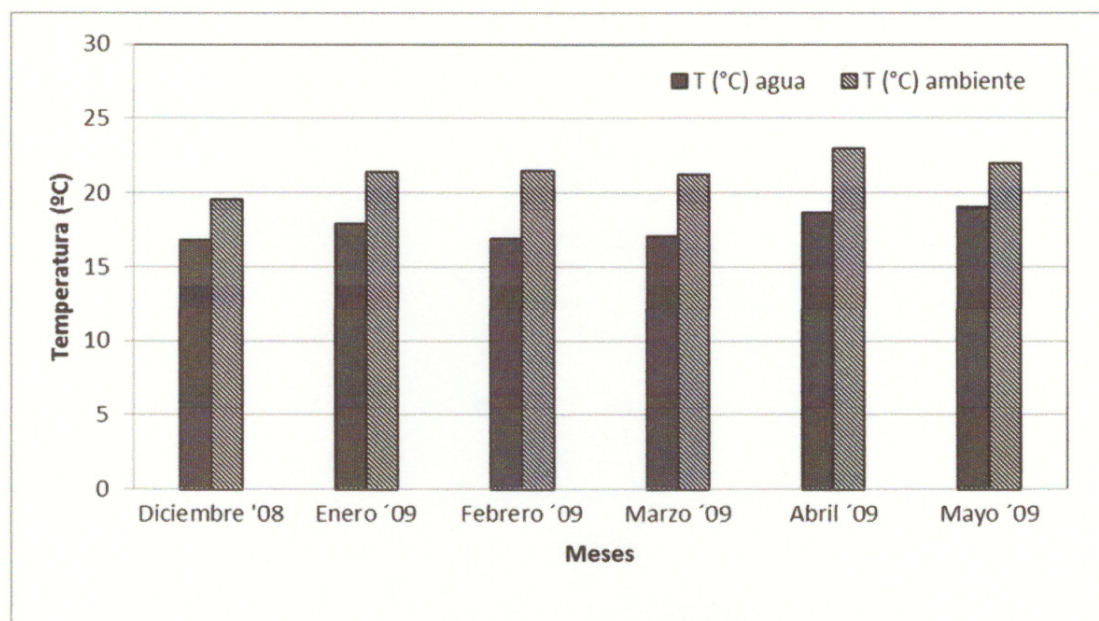


Figura 6. Temperatura promedio del agua y ambiental durante seis meses de muestreo en el río Chiriquí Viejo (Dic. 2008 a Mayo 2009).

En el sitio 2, La Garita, hay poca corriente y poca orilla para muestrear. El sustrato dominante son rocas medianas y grava. El ancho del río es de 20 metros. La temperatura del agua se mostró un promedio de 16,0 °C con un mínimo de 14,0 °C en marzo y un máximo de 18,0 °C en abril. La temperatura ambiental tuvo un promedio de 18,0 °C, con un mínimo de 15,0 °C en diciembre y un máximo de 21,0 °C en abril (Figura 6). Los valores de pH registraron un promedio de 8,2 con mínimo de 7,0 y máximo de 9,5.

El sitio 3, Palo Santo, registra mucha corriente, sustrato formado por piedras grandes, grava y arena. El ancho del río es de 45 m. La temperatura del agua tuvo un promedio de 18,3 °C, con temperatura mínima de 17,0 °C en febrero de 2009 y

máxima de 20,0 °C en abril y mayo. Sin embargo, la temperatura ambiental tuvo un promedio de 23,7 °C, con temperatura mínima de 19,0 °C registrada a finales de diciembre de 2008 y principio de enero de 2009, y máxima de 31 °C a finales de enero (Figura 6). Los valores de pH registraron un promedio de 8,2 con mínima de 7,0 y máxima de 9,1.

El sitio 4, en Frontera, que posee mucha corriente, piedras grandes y algunas partes con bancos de arena en sus orillas. El ancho del río en el sitio de muestreo es de 45 m. La temperatura del agua tuvo un promedio de 23,2 °C, con temperatura mínima durante febrero y marzo de 22,0 °C y temperatura máxima de 25,0 °C en abril y mayo. Sin embargo, la temperatura ambiental se promedió en 28,2 °C; con temperatura mínima de 25,0 °C en la segunda quincena de enero y máxima de 30,0 °C entre finales de diciembre de 2008 y principio de enero de 2009 (Figura 6). Los valores de pH registraron un promedio de 8,5 con pH mínimo de 7,0 y máximo de 9,4. El promedio de pH en los sitios muestreados fue de 8,3 con un valor máximo de 9,8 y un mínimo de 7,0.

La alcalinidad presentó una medida de 29,0 UNT, con un máximo de 44,0 en Frontera y un mínimo de 16,0 en Las Nubes. Este resultado puede estar muy relacionado con el uso del suelo en las zonas próximas a los sitios de muestreo, la geomorfología del cauce y las alteraciones de origen antrópico (Figura 4).

La turbiedad estuvo entre 1,0 UNT y 2,8 UNT en Las Nubes y Frontera respectivamente. Esto puede deberse a que Las Nubes presenta menor impacto antrópico que Frontera, ya que en este sitio hay mayor cobertura boscosa en las márgenes, contrario a aguas arriba en Frontera, donde se estaba construyendo el sitio de presa de la hidroeléctrica Baitún en el corregimiento de Caizán.

Los resultados anteriores concuerdan con los de Guevara (2011), Aguirre *et al.* (2004) y Roldán (2003), quienes afirman que la forma más frecuente como el hombre aumenta la turbiedad del agua es por la construcción de obras de ingeniería, en especial en el trópico, donde las precipitaciones son frecuentes y altas. También la deforestación y la agricultura intensiva se convierten en fuente

de sedimentos, que al depositarse en el fondo de ríos y lagos, destruyen el hábitat de numerosas especies (Roldán 2003).

La conductividad se asocia con los sólidos disueltos. La misma es baja en Las Nubes con 33,3 mg/L, mientras que en Frontera, los valores ascienden a 111,0 mg/L (Figura 8).

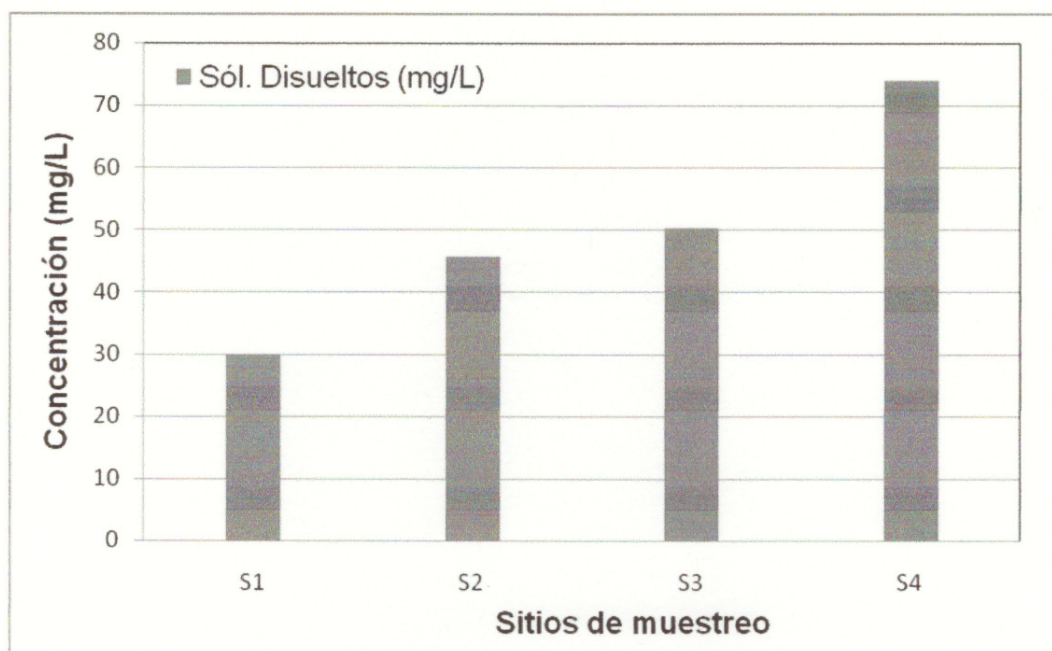


Figura 7. Valores promedio de sólidos disueltos (mg/L) totales en los cuatro sitios de muestreo del río Chiriquí Viejo, durante diciembre de 2008 a mayo de 2009.

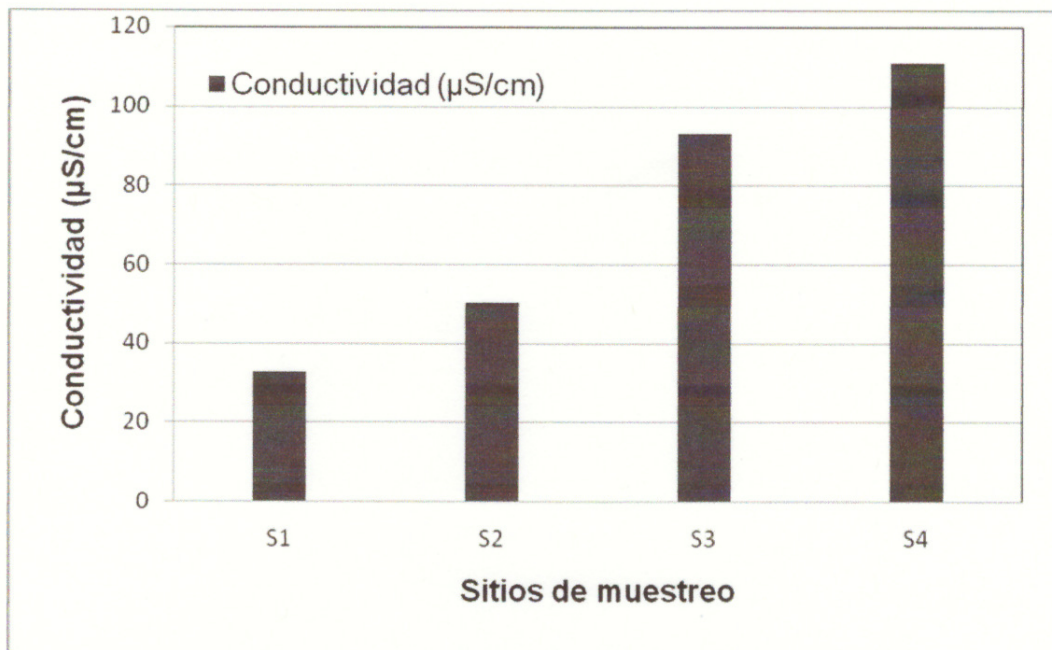


Figura 8. Valores promedio de conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos en las estaciones de muestreo del río Chiriquí Viejo, durante diciembre 2008 a mayo de 2009.

4.4. Características generales de los taxa más comunes de macroinvertebrados encontrados en la cuenca del río Chiriquí Viejo.

4.4.1. Orden Coleoptera: Las larvas son variadas, con o sin patas torácicas, la cabeza se encuentra bien desarrollada, con antenas y piezas bucales del tipo mandibulado (rara vez suctorias); no suelen tener patas abdominales. Las pupas son adécticas y exaratas (rara vez obtectas) (Fernández & Domínguez 2001). El abdomen presenta agallas laterales o ventrales, de forma variada. El abdomen está dividido en esternitos y, por lo general, el último esternito abdominal presenta un opérculo.

Ecología: Si bien son más numerosos en ambientes lénticos y entre la vegetación litoral, la mayoría de las familias presenta especies que viven en ambientes lóticos y que forman parte de las comunidades bentónicas (Fernández & Domínguez 2001).

En las zonas lólicas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergente y emergente. Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias.

Pese a que generalmente no alcanzan grandes densidades, los coleópteros acuáticos son importantes en las cadenas tróficas; muchas especies son fuente de alimento para peces y anfibios, mientras que otras son importantes como predadores, y otras especies se alimentan de algas o de detrito orgánico (Fernández & Domínguez 2001). Algunos de ellos se pueden encontrar en varios niveles tróficos, por lo tanto, pueden ser herbívoros, carnívoros o detritívoros (Roldán 1988).

Distribución geográfica: Se encuentran en todo tipo de aguas continentales, con excepción de ciertos lugares como partes muy profundas de lagos o aguas muy contaminadas (Fernández & Domínguez 2001).

Taxonomía: En general las identificaciones hasta nivel de familia no suelen presentar problemas; identificaciones hasta nivel de género y especies son más difíciles.

Los coleópteros acuáticos adultos poseen un cuerpo compacto, las partes bucales se pueden observar fácilmente y la forma de su mandíbula puede determinar su nicho ecológico. Las antenas son visibles y por lo general varían en forma y número de segmentos. En la clasificación a nivel de familia, la fórmula tarsal juega un papel determinante y por lo general las alas están modificadas en élitros los cuales cubren dorsalmente el tórax y el abdomen en la mayoría de los coleópteros. En cuanto a las larvas, las partes bucales son visibles y presentan una cápsula esclerotizada en la cabeza; el abdomen presenta agallas laterales o ventrales de forma variada (Fernández & Domínguez 2001). Los coleópteros presentan una metamorfosis completa, pero la forma adulta es muy diferente

morfológicamente a la larva. Su ciclo de vida presenta un periodo que puede variar de meses a años dependiendo de la especie.

4.4.2. Orden Diptera

Generalidades: Los dípteros son insectos holometábolos que se reconocen por la presencia de un solo par de alas membranosas; el par posterior está reducido a balancines o halterios en forma de clava; en concordancia con este carácter el pro y metatórax también están reducidos; algunos son secundariamente ápteros. Las larvas pueden ser acéfalas, hemicéfalas o eucéfalas, apnéusticas, anfipnéusticas, o metapnéusticas, no poseen verdaderas patas, pero pueden tener varios pares de falsas patas o espuripedios. Las pupas pueden ser activas (ej. Culicidae) en las familias menos evolucionadas, pero a medida que avanza el árbol filogenético, tienden a estar encerradas en la última exuvia larval, que forma un pupario protector (ej. Ephydriidae) (Fernández & Domínguez 2001).

Ecología: Se les encuentra en hábitat muy variados. Son los primeros colonizadores de hábitats acuáticos (Merritt & Cummins 1996). Se les puede encontrar en ríos, arroyos, quebradas y lagos en todas las profundidades; depósitos de agua, en brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos; y aun en las costas marinas (Ruíz-Moreno & Ospina 2000). No suelen encontrarse en grandes profundidades porque dependen de su respiración atmosférica; con excepción de algunos culícidos que utilizan un sifón especializado para obtener oxígeno de la vegetación sumergida y algunas larvas de nado libre como las de Chironomidae y Ceratopogonidae que no dependen de la respiración atmosférica y pueden colonizar cuerpos de agua profundos (Merritt & Cummins 1996). La posibilidad de ser acuáticos está íntimamente relacionada con sus mecanismos de respiración, algunos hasta poseen pigmentos respiratorios (Chironomidae) (Fernández & Domínguez 2001).

Distribución geográfica: Los dípteros son cosmopolitas. Aproximadamente la mitad de las especies que constituyen el orden tienen relación con el agua. Algunas familias tienen todos sus estados preimaginales acuáticos (Blephariceridae, Culicidae, Chironomidae), otras tienen escasa representación en las aguas dulces (ej. Phoridae, Canaceidae, Scatophagidae) (Fernández & Domínguez 2001).

Taxonomía: Para su clasificación se tiene en cuenta la esclerotización de la cabeza, si ésta es o no retráctil, si las mandíbulas funcionan en un plano horizontal o vertical, si la cabeza está o no fusionada con el tórax, o si el cuerpo es aplanado o cilíndrico, entre otras (Ruiz-Moreno & Ospina 2000).

4.4.3. Orden Ephemeroptera

Generalidades: Es un grupo más bien pequeño en cuanto al número de géneros y especies descritas a nivel mundial. Sin embargo, son conspicuos componentes del bentos en sus etapas inmaduras. Los Ephemeroptera presentan un aparato bucal masticador, que se haya reducido a vestigios no esclerotizados en el adulto, ya que en este estadio parte del aparato digestivo está modificado en un órgano aerostático lleno de aire, que mejora la flotabilidad durante el vuelo (Fernández & Domínguez 2001).

Los efemerópteros reciben este nombre debido a su vida corta o "efímera" que llevan como adultos (Roldán, 1988). Los huevos los depositan generalmente en la superficie del agua y poseen estructuras que les permiten fijarse al sustrato. La respiración la realizan a través de agallas, generalmente abdominales, las cuales varían en forma y número de acuerdo con la especie.

Ecología: Los efemerópteros como consumidores primarios son un componente importante de la fauna bentónica, tanto en número de individuos como en biomasa. Procesan una cantidad importante de materia orgánica, ya sea triturando las partículas grandes, o filtrando las pequeñas.

Las ninfas viven en diferentes ambientes acuáticos, tanto en aguas corrientes como estancadas. Se encuentran en todos los microambientes disponibles: bajo rocas, enterrados en los fondos lodosos o arenosos, entre paquetes de hojas, minando en tejidos vegetales vivos o muertos, o en túneles en el fondo de lagos y ríos, inclusive existen especies cuyas ninfas viven como comensales en las branquias de bivalvos.

Distribución geográfica: Son prácticamente cosmopolitas, estando ausentes sólo en Nueva Zelanda y algunas pequeñas islas.

Taxonomía: En la ninfa la cabeza puede presentar diferente forma y orientación, pero lo que provee los caracteres más importantes es el aparato bucal, con la forma de sus piezas y número de segmentos en los palpos.

El tórax está formado por tres segmentos, cada uno de los cuales posee un par de patas. Las pterotecas se encuentran en el meso y metatórax. Las patas están formadas por cinco segmentos, coxa y trocánter cortos, fémur más o menos aplanado, tibia de sección cilíndrica o subtriangular y tarso unisegmentado. Éste lleva una uña tarsal generalmente con dentículos. Las patas son más cortas y fuertes que en el adulto.

El abdomen está formado por diez segmentos, aunque algunos pueden estar ocultos debajo del mesonoto. Los tergos pueden presentar diferentes espinas y/o tubérculos; y la forma de los ángulos posterolaterales son valiosos para la determinación. Las branquias son variadas y están todas en el abdomen.

4.4.4. Orden Megaloptera

Generalidades: Este grupo de insectos holometábolos acuáticos contiene unas de las más grandes y espectaculares especies. Las larvas son depredadores y habitan ambientes lóticos y lénticos, en climas tropicales y templados; sin

embargo, los huevos, las pupas y los adultos son terrestres (Merritt & Cummins 1996).

Las larvas alcanzan de 30,0 – 65,0 mm o más cuando están maduras. Las partes bucales son similares a las de los sílidos pero las mandíbulas son más robustas. Las antenas tienen cuatro a cinco segmentos. Las patas torácicas tienen dos uñas. La cabeza y el tórax presentan un color uniforme o patrón (Merritt & Cummins 1996).

Ecología: Los adultos se encuentran generalmente en las proximidades de los cuerpos de agua, viven brevemente (una semana) y prácticamente no se alimentan. Durante el día se encuentran sobre piedras, ramas o troncos con sus alas plegadas sobre el abdomen, la mayoría de las especies aumentan su actividad a partir del crepúsculo, pero son malos voladores.

Las larvas de Corydalidae se encuentran en hábitats lóticos, rápidos de ríos montañosos, pero también se pueden encontrar en hábitats inusuales como huecos de árboles u ocultas en los primeros sustratos de ríos intermitentes.

Viven en agua corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida; son grandes depredadores. Se pueden considerar indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas.

Distribución geográfica: Los Megaloptera y Neuropteros acuáticos, constituyen un pequeño pero cosmopolita grupo de probablemente menos de 300 especies, representadas en tres familias (Sialidae, Corydalidae, y Sisyridae) (Merritt & Cummins 1996).

Taxonomía: Incluye numerosas especies de la más diversa apariencia, por lo general de color amarillento grisáceo o castaño; miden entre 25.0 – 90.0 mm; presentan ocelos; el cuarto segmento tarsal cilíndrico. Las larvas presentan 8 pares de filamentos laterales en el abdomen con un penacho de branquias accesorias en los siete primeros segmentos y con falsas patas en el extremo (Fernández & Domínguez 2001).

Hay pocas claves disponibles; y en general solamente son para adultos. Para las especies del género *Corydalus* podemos citar a Contreras–Ramos (1995). Mientras que Roldán (1988), ha adoptado la clasificación propuesta por Penny (1981).

4.4.5. Orden Trichoptera

Generalidades: Los tricópteros son insectos que se caracterizan por hacer casas o refugios que construyen en un estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación (Roldán 1988). Los refugios fijos al sustrato les sirven por lo regular de protección y captura de alimento. Las casas portables le sirven de protección y de movimiento en busca de oxígeno y alimento.

En general, hay cinco estadios larvales. Los subórdenes Annulipalpia, Integripalpia y las tres familias del orden Spicipalpia (*Hydrobiosidae*, *Glossosomatidae* e *Hidroptilidae*) tienen morfología, desarrollo larval, construcciones larvales y capullos larvales diferentes (Fernández & Domínguez 2001).

Ecología: En agua dulce han invadido distintos tipos de ambientes lóticos y lénticos, con preferencia los primeros (Fernández & Domínguez 2001).

A lo largo de un río las especies de tricópteros se van reemplazando entera o parcialmente en tramos sucesivos, definiendo zonas biocenóticas distintas. En esta distribución tienen influencia, entre otros factores, la velocidad de la corriente, ya que actúa sobre la distribución del alimento, la construcción del capullo, y ejerce un fenómeno directo sobre el fenómeno de la deriva. En general son buenos indicadores de aguas oligotróficas (Roldán 1988).

Distribución geográfica: Los tricópteros son cosmopolitas, pero para el neotrópico se han descrito familias, géneros y especies propios de esta región. La mayoría de las especies tiene distribuciones geográficas más o menos restringidas o endémicas, pocas están ampliamente distribuidas.

Taxonomía: En la clasificación de tricópteros se tiene en cuenta la presencia o no de placas esclerotizadas en los segmentos torácicos; la presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen; si el labrum es membranoso o no y el número de setas a lo largo de la parte central, y longitud de antena, entre otros (Roldán 1988).

4.4.6. Orden Heteroptera

Generalidades: Contiene familias acuáticas y terrestres. Llamados “chinchas de agua”, las larvas y los adultos presentan estilos de vida similares. Muchos son depredadores de otros insectos, incluyendo especies de importancia médica como los mosquitos.

Tanto los adultos como las larvas presentan formas que van desde ovaladas hasta elongadas, muchos son aplanados dorsoventralmente. Su longitud varía desde 1,0 a 65,0 mm. Los ojos y la cabeza están bien desarrollados. La boca está modificada en un “pico” chupador insertado cerca al extremo anterior de la cabeza.

Su metamorfosis es incompleta, y adultos y larvas son similares excepto en su tamaño y el desarrollo de sus alas. Su ciclo de vida generalmente consiste en una generación por año (algunas especies tienen más) y cinco estadios larvales. Su crecimiento es rápido, más o menos una semana por cada estadio larval (McCafferty & Provonsha 1981).

Ecología: Ocupan una amplia variedad de ambientes. La mayoría de las especies prefiere aguas tranquilas, remansos de quebradas y ríos. Pocas se encuentran en aguas rápidas. Sus hábitats incluyen aguas con cierto grado de salinidad, ciénagas, pantanos y lagos.

Los heteropteros son depredadores de otros insectos acuáticos y terrestres; las especies más grandes pueden alimentarse de peces pequeños y crustáceos. (Roldán 1988, McCafferty & Provonsha 1981).

Distribución geográfica: Los heteropteros son cosmopolitas. Se conocen cerca de 3800 especies acuáticas y semiacuáticas alrededor del mundo. De éstas, cerca de 700 especies se han documentado para el trópico americano.

Taxonomía: Las larvas de los heterópteros acuáticos y semiacuáticos tienen tarso de un segmento, una característica usada para la separación de los adultos, especialmente las formas de gérridos ápteros, los cuales tienen dos segmentos tarsales. Con excepción de pocas familias con cabeza y tórax fusionados (ej. Pleidae, Naucoridae), la cabeza, tórax y abdomen están bien definidos (Merritt & Cummins 1996).

4.4.7. Orden Lepidoptera

Generalidades: Los lepidópteros acuáticos son quizás el grupo más desconocido en el neotrópico (Roldán 1988). Hay numerosas especies dentro de este orden cuyos estadios larvales se desarrollan en el agua e inclusive hay algunas en la que también los adultos son acuáticos como la familia Schoenobiidae (Fernández & Domínguez 2001).

Los pirálidos, miembros de la familia Crambidae son los que mejor se ubican en ambientes acuáticos. En la tribu Argyractini, las larvas y pupas se encuentran en una variedad de hábitats acuáticos, incluyendo lagos, quebradas, ciénagas (Merritt & Cummins 1996). Las larvas fabrican especies de capullos de seda, a través de los cuales puede circular el agua. Las hembras adultas están en el agua donde depositan los huevos en grupos sobre rocas y en corrientes rápidas (Roldán 1988).

Ecología: La metamorfosis es de tipo holometábolo. El crecimiento larval incluye de cinco a siete estadios en algunas especies pero en otras no es fijo. Para empupar construyen un capullo con seda. Las especies que tienen las larvas sumergidas también tienen su pupa igual adherida a piedras o sobre plantas (Fernández & Domínguez 2001).

Las especies bentónicas asociadas al sustrato en el fondo de algunos ríos, pueden ser utilizadas como bioindicadores, ya que sus poblaciones responden sensiblemente a los cambios físicos y químicos que se producen (Fernández & Domínguez 2001).

Distribución geográfica: La familia Pyralidae es la única reportada para el Neotrópico (Roldán 1988).

Taxonomía: Las características taxonómicas que se deben tener en cuenta en la clasificación de los lepidópteros son: presencia de patas torácicas, de agallas abdominales y torácicas, propatas abdominales ventrales y tamaño de las mandíbulas, entre otras (Roldán 1988).

4.4.8. Orden Odonata

Generalidades: Los odonatos adultos son conocidos como libélulas o caballitos del diablo y vuelan cerca de cuerpos de agua lóticos o lénticos. Son insectos hemimetábolos, cuyo período larval es acuático, empleando desde dos meses hasta tres años en su desarrollo hasta adultos, de acuerdo con el tipo de especie y clima. En su estado adulto, viven desde pocos días hasta tres meses (McCafferty & Provonsha 1981, Roldán 1988).

La mayoría de las especies neotropicales completan su desarrollo larval entre 100 y 200 días. Las larvas son generalmente depredadoras, el intercambio gaseoso lo realizan a través de la piel y agallas anales (Roldán 1988).

Ecología: Las larvas de odonatos habitan una variedad de ambientes acuáticos, los más comunes son estanques, orillas de lagos, remansos de ríos y quebradas que por lo regular tienen abundante vegetación acuática o emergente. Pocas especies se encuentran en hábitats salinos. Viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas.

Distribución geográfica: El número de especies descritas en todo el mundo es cerca de 5,500 (Merritt & Cummins 1996) y de las 26 familias existentes, cuatro son exclusivamente neotropicales (Pseudostigmatidae, Polythoridae, Perilestidae y Heliocharitidae).

Taxonomía

Para identificar subórdenes de odonatos (Zygoptera y Anisoptera), se basan en aspectos morfológicos como: las ninfas son delgadas o robustas, si la cabeza es más ancha que el abdomen y el tórax o es más estrecha que el tórax; presencia de tres agallas traqueales largas, o cortas y puntiagudas al final del abdomen.

4.4.9. Phylum Annelida

Clase Oligochaeta

Generalidades: Son un grupo complejo y poco conocido en nuestro medio. Los oligoquetos acuáticos tienen la misma estructura que los terrestres, representados éstos últimos por la lombriz de tierra. Su tamaño varía entre 1,0 y 30,0 mm. Las setas quitinoides varían en número y forma, constituyéndose, por lo tanto, en caracteres taxonómicos importantes. Su alimentación consiste principalmente de algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales (Roldán 1988).

Ecología: La mayoría de los oligoquetos viven en aguas eutrofizadas, sobre fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus.

Los tubificidos pueden vivir a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea. En los ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras, los tubificidos se encuentran en términos de miles por metro cuadrado, constituyéndose éstos en indicadores de contaminación acuática.

Distribución geográfica

Los oligoquetos acuáticos constituyen aun un grupo poco conocido a nivel mundial. Muchos géneros son cosmopolitas como *Aelosoma*, *Chaetogaster*, *Nais*, *Slavina*, *Dero* y *Tubifex* (Roldán 1988). La información acerca de este grupo es escasa y con pocos reportes para el neotrópico.

Taxonomía: Debido a la falta de claves para el trópico americano, sólo se llega hasta familia. Las setas son de importancia taxonómica, la zona de gemación (reproducción asexual), forma y tamaño del prostomio y el arreglo de ciertos vasos sanguíneos.

Clase Hirudinea

Generalidades: Al igual que los oligoquetos, los hirudineos o sanguijuelas han sido poco estudiados. Tienen tamaños que varía desde 5,0 a 45,0 mm de longitud. Su cuerpo es aplanado y se caracteriza por poseer una ventosa anterior que rodea la boca y otra posterior o caudal, las cuales utiliza para fijarse fuertemente al sustrato.

Las sanguijuelas se desplazan sobre el sustrato con movimientos ondulatorios con la ayuda de sus dos ventosas. Algunas se alimentan de residuos orgánicos, pero la mayoría son carnívoras, alimentándose de caracoles, insectos, lombrices de agua y otros pequeños invertebrados.

Ecología: Viven por lo regular en aguas quietas y de poco movimiento, sobre troncos, plantas, rocas y residuos vegetales. Toleran bajas condiciones de oxígeno, por lo que es frecuente encontrarlas en gran número en lugares donde

hay abundante materia orgánica en descomposición. Se consideran indicadores de aguas eutroficadas por efectos de contaminación orgánica.

Distribución geográfica: Son organismos cosmopolitas.

Taxonomía: No hay estudios completos de los hirudíneos en nuestro medio. Para llegar a una correcta clasificación genérica se requiere hacer cortes del aparato digestivo y reproductor (Roldán 1988).

4.4.10. Phylum Mollusca

Clase Gastropoda

Orden Mesogastropoda

Familia Ampullariidae

Generalidades: Los moluscos son el grupo de invertebrados con el número de especies más grande y diverso, después de los artrópodos. Son organismos de cuerpo blando, no segmentado, con un pie muscular y con manto (estructura que secreta la concha calcárea).

De los moluscos acuáticos los bentónicos son los que mejor indican la calidad del agua. En general, los organismos del bentos tienen una vida relativamente larga, por lo tanto una presencia constante, con hábitos sedentarios, alto potencial biótico y diferentes grados de tolerancia a los contaminantes (De la Lanza *et al.* 2000).

Ecología: Especies de moluscos que se alimentan de plantas y materia orgánica en descomposición, como las pertenecientes a la familia Physidae, proliferan durante los vertimientos de contaminantes a los cuerpos de agua (*Physella* y *Aplexa*).

Son indicadores de ambiente no (o moderadamente) contaminado (De la Lanza Espino *et al.* 2000, Roldán 2003).

Distribución geográfica: La gran diversidad de los moluscos se destaca por su variedad de especies, las cuales, con sus pocas excepciones, sólo se encuentran en un continente, ya que algunos géneros desaparecieron. La fauna típica de América no es igual a la de otro continente, aunque las mismas familias o géneros estén representados en ambos (De la Lanza Espino *et al.* 2000).

Taxonomía: Concha globosa (altura 43-65 mm, diámetro 40-55 mm). Color pardo a pardo verdoso. Vueltas 3-4, algo aplanadas en la parte superior. Sutura poco profunda. Ombligo pequeño, profundo. Vuelta del cuerpo con bandas pardas espirales. Opérculo córneo, duro (De la Lanza Espino *et al.* 2000, Roldán 2003).

4.5. Descripción de las familias y géneros más comunes de macroinvertebrados encontrados durante el estudio en la cuenca del río Chiriquí Viejo

4.5.1. Orden Coleoptera

Familia Staphylinidae

Es un grupo principalmente terrestre, pero hay algunas especies que son riparias y otras se les puede encontrar sobre la superficie del agua (*Stenus*), y unas pocas que son acuáticas. Los adultos se caracterizan por tener élitros cortos. Las larvas presentan cuerpo más o menos alargado, sin placas que cubren la cabeza, ojos simples y antena lateral con once segmentos, último tarso y tibia cilíndrica o subcilíndrica, patas cortas, sin cerdas para el nado. Los élitros no cubren todo el abdomen. La mayoría de las especies son predadoras, tanto larvas como adultos, pero es muy poco lo que se sabe de su biología (Fernández & Domínguez 2001).

Psamathobledius

Sin ocelos, el abdomen presenta siete esternitos visibles, la tibia anterior presenta dos columnas de pelos espinosos, poseen segmentación tarsal 3-3-3. Son de hábito depredador y detritívoro (Merritt & Cummins 1996).

Bledius

Son cosmopolitas. Presentan ganchos para sujetarse fuertemente al sustrato; se les encuentra en litorales lénticos y lóticos, son depredadores. El abdomen con siete esternitos visibles, la tibia anterior presenta dos columnas de pelos espinosos, poseen segmentación tarsal 4-4-4. Son de hábito depredador y detritívoro (Merritt & Cummins 1996).

Familia Curculionidae

Es una familia muy numerosa, terrestre en casi su totalidad. Pero hay varios géneros y especies asociados a la vegetación acuática. De 1 a 45 mm, cilíndricos, generalmente oval alargado. De color gris o pardo rojizo a negro, antenas acodadas (Roldán 1988). Tanto larvas como adultos son fitófagos. Las especies acuáticas (o semiacuáticas) se hallan asociadas por lo general a ambientes lénticos. Las larvas son minadoras de tejidos, y viven dentro de los tallos, hojas o raíces de las plantas, respirando el aire de los tejidos, por lo tanto no presentan adaptaciones especiales para vivir en el agua.

Familia Psephenidae

Son de tamaño pequeño (2,0 a 6,0 mm), se les encuentra en aguas corrientes claras y bien oxigenadas. Los adultos son pubescentes de color oscuro. Por lo general no son fáciles de coleccionar pues viven poco (pero suelen volar a trampas de luz), por eso los adultos no se alimentan. Se les encuentra sobre rocas o troncos, cerca del nivel del agua y en lugares húmedos.

Las larvas por lo general son abundantes, y se las halla debajo de rocas en los ríos y arroyos. Presentan fototaxis negativa. Tienen forma ovalada a circular y son muy chatas. Respiran por medio de branquias traqueales, en Eubriinae se encuentran alojadas dentro de una cámara presente en el noveno segmento abdominal. Son raspadores, ya que se alimentan de algas que viven adheridas al sustrato. Suelen pupar fuera del agua, en el suelo, pero algunas especies pupan bajo el agua, protegidas por una exuvia larval. Son importantes como indicadores de la calidad del agua y estabilidad ambiental (Fernández & Domínguez 2001).

Psephenus

Miden de 1,7 a 6,0 mm, aplanados, pubescentes, parduscos o negros poseen élitros relativamente blandos. Se les encuentra en ecosistemas lóticos de corriente moderada. Las larvas presentan nueve segmentos abdominales sin opérculo ventral con pares de agallas filamentosas en el cuarto o quinto segmento abdominal; el octavo segmento abdominal no tiene expansiones laterales. Viven sobre grava, roca y arena. Por lo general son comedores de limo y algas (raspadores) (Roldán 1988) y ramoneadores (Merritt & Cummins 1996).

Familia Elmidae

Tanto las larvas como los adultos son acuáticos, (con algunas excepciones). Los adultos son pequeños (1,0-5,0 mm), de color generalmente obscuro. En algunas especies la cabeza se halla parcialmente retraída; las antenas suelen ser filamentosas y más o menos largas. No son nadadores pero se desplazan sobre el sustrato caminando lentamente. La mayoría vive en aguas corrientes, con alto contenido de oxígeno, pero algunas especies pueden encontrarse en aguas estancadas. Se alimentan de algas y detritos. Tienen respiración por medio del plastrón, y rara vez salen a la superficie.

En adultos, el plastrón es extremadamente fino y con pelos tan densos que ocupan varios millones por milímetros cuadrados. Sin embargo, esta adaptación

limita la distribución del insecto adulto sólo a ambientes ricos en oxígeno, como rápidos en los ríos.

Los huevos son depositados solos o en pequeños grupos en rocas subemergentes, detrito orgánico y vegetación. Las larvas tienen entre 6 y 8 estadios, los que pueden durar tres años o más. Cuando se convierten en adultos, vuelan por poco tiempo, después de pasar toda su vida en el agua, muchos son incapaces de tener actividad aérea. Los adultos ocupan hábitats similares a las larvas donde fueron colectadas.

Las larvas no han sido muy estudiadas. Suelen vivir en el mismo ambiente que los adultos, y a veces son muy numerosas. La respiración se cree que es una combinación entre cutánea y por medio de branquias anales. Se alimentan de algas, y su ciclo de desarrollo es lento, entre uno y dos años.

Las agallas de las larvas son retráctiles y protegidas por un opérculo, pueden ser expandidas o retraídas rítmicamente para incrementar la ventilación cuando los niveles de oxígeno son bajos.

Lara

Posee abdomen con pleura en los primeros ocho segmentos, con pelos espinosos en los márgenes laterales del abdomen, superficie dorsal peluda en ambos lados, el último segmento abdominal algo cuadrado y dorsalmente aplanado; la cavidad procoxal abierta (Roldán 1988). De hábito alimenticio detritívoro y depredador (Merritt & Cummins 1996).

Hexacylloepus

Abdomen con pleura en los primeros 5-7 segmentos; protórax con un esternun posterior con cavidades procoxales cerradas; márgenes de los segmentos abdominales sin espinas, cuerpo alargado, último segmento abdominal visiblemente más largo que los segmentos anteriores terminando en un tubérculo con un penacho columnar (Merritt & Cummins 1996).

Microcylloepus

El último segmento abdominal no es tan largo, los tubérculos dorsales parcialmente arreglados en paralelo a la columna longitudinal (Merritt & Cummins 1996).

Macrelmis

Los márgenes anteriores de la cabeza sin distinción de dientes frontales. Segundo segmento de la antena menos de dos veces el largo del primero; se observa la sutura de la cavidad procoxal y los márgenes laterales, cuerpo alargado y sin pelos. De hábito alimenticio colector, herbívoro, detritívoro (Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna *et al.* 2010).

Phanocerus

Abdomen con pleura en los primeros ocho segmentos; sin espinas marginales, cuerpo aplanado y amplia superficie dorsal, cavidad procoxal cerrada, márgenes laterales expandidos.

Macronychus

Primeros 5-6 segmentos abdominales con pleura; último segmento del abdomen con dos procesos apicales separados, largos, agudos y sin pelos; cavidades procoxales abiertas; pospleurito compuesto en dos partes; mesopleuron compuesto de dos partes. De hábito alimenticio colector y detritívoro.

Familia Dryopidae

Los driópidos están relacionados con los élmidos, y tanto las larvas como los adultos se asemejan a éstos. Su tamaño es pequeño (3,0-8,0 mm), y suelen ser de colores oscuros, con la cabeza retraída dentro del protórax. El cuerpo puede diferir entre pubescente y glabro, las antenas son cortas, formando una maza pectinada de seis o más antenitos. Los driópidos tienen una burbuja de aire que

actúa como branquia física. Se alimentan de algas, y pueden hallarse bajo rocas o entre la vegetación y raíces del litoral, tanto en aguas corrientes como estancadas.

Las larvas pueden ser acuáticas o terrestres (pero siempre viviendo cerca del agua); pero es poco lo que se sabe acerca de la biología de los driópodos. La identificación de las larvas de driópodos es difícil porque pocas especies han sido colectadas y examinadas en detalle y no hay revisiones recientes (Fernández & Domínguez 2001). De hábitos alimenticios herbívoros.

Pelonomus

Miden de 4 a 7 mm de longitud. Superficie dorsal pubescente. Antena pubescente y corta. Coxa anterior con trocantin. Segundo segmento de la antena no alargada.

4.5.2. Orden Diptera

Familia Chironomidae: Comprenden una de las familias mejor representadas por su abundancia y diversidad en los ambientes acuáticos continentales. Sus estados inmaduros (larvas y pupas) constituyen una franja importante en la ecología de la comunidad bentónica de la mayoría de los cuerpos de agua tanto naturales como artificiales, en aguas someras o profundas, corrientes o estancadas, sobre amplias superficies o en pequeños reservorios (bromeliáceas, axilas de plantas) motivando el desarrollo de extensos estudios sobre su taxonomía y biología en todo el mundo. Las larvas son apnéusticas. Propatas protorácicas y terminales pares o por lo menos con una pequeña separación entre las espinas o ganchos apicales. Su importancia como bioindicadores, su utilización en la clasificación de lagos y tipificación de diferentes ríos y arroyos, se encuentran reseñados en Paggi (1999), Roldán (2000, 2003), Medianero & Samaniego (2004), Chará-Serna *et al.* (2010), entre otros. Son indicadores de aguas mesoeutróficas (Roldán 1988).

Chironomus

Se encuentra en aguas lénticas, en la orilla o en profundidades, o en charcos grandes de aguas lóxicas. De hábitat cavadores. Viven en comunidades, son colectores, depredadores y herbívoros (Merritt & Cummins 1996). Placa paralabial presente; segmentos del cuerpo sin cerdas. La diferenciación de las subfamilias se da en la forma de los segmentos caudales (Roldán 1988).

Orthocladius

Presenta el mentón muy arqueado en el centro con dos pequeños pares de dientes en sus extremos. Las larvas se pueden encontrar en madera descompuesta sumergida (Merritt & Cummings 1996).

Familia Simuliidae

Su importancia radica principalmente en la abundancia de numerosas especies, en la variedad de los hábitos alimentarios desarrollados y en su participación como vectores de diversos organismos patógenos del hombre y animales, tanto domésticos como silvestres, causantes de varias enfermedades, de las cuales las más conocidas son: paludismo, oncocercosis, leishmaniasis, tripanosomiasis, y diferentes tipos de virosis tales como fiebre amarilla, encefalitis, dengue, etc. (Fernández & Domínguez 2001). Los estados inmaduros (huevo, larva y pupa) son acuáticos. Las larvas presentan prolongaciones en segmentos anteriores y posteriores con un disco adhesivo. De forma delgada y a veces cilíndrica, de 5,0 a 15,0 mm de longitud y cabeza bien diferenciada. El abdomen presenta sus segmentos anteriores delgados y hacia su parte terminal más ensanchados, con la presencia característica de un anillo de hileras de ganchos en la parte terminal del cuerpo.

Simulium

Miden de 3,0-15,0 mm; cabeza esclerotizada con manchas dorsales oscuras, propata torácica con pequeños dientes. Se les encuentra en aguas corrientes muy oxigenadas, debajo de rocas y troncos. Son indicadores de aguas oligotróficas (Roldán, 1988). Las larvas presentan abertura gular profunda, con puente hipostomal más corto que la altura del hipostoma, tercer artejo antenal más corto que el segundo, esclerito anal sin accesorio perianal; esclerito cervical libre (Fernández & Domínguez 2001). Son organismos recolectores y filtradores (Merritt & Cummins 1996).

Familia Tipulidae

Su clasificación se basa en aspectos morfológicos como su cabeza no retráctil y la presencia de un disco espiracular en el último segmento abdominal. La cabeza no está fusionada con el tórax y primer segmento abdominal; discos ventrales ausentes.

Se les encuentra en hábitats húmedos y con vegetación abundante. Las larvas son acuáticas o semiacuáticas y comen materia vegetal en descomposición, aunque hay algunos depredadores y pueden medir hasta 25 mm o más.

Tipula

Miden de 13,0 a 15,0 mm; disco espiracular con seis lóbulos. Se les encuentra en aguas lólicas y lénticas con fango y materia orgánica en descomposición. Son indicadores de aguas mesoeutróficas (Roldán 1988). Son fragmentadores (Chará-Serna 2010).

Familia Psychodidae

Los adultos son insectos con aspecto de polillas muy pilosas. Nervadura subcostal incompleta o alcanzando el margen antes de la mitad del ala; nervadura medial

con tres ramas. Larvas anfipnéusticas o metapnéusticas, generalmente anilladas y con segmentos secundarios (Fernández & Domínguez 2001). Con placas diferenciadas esclerotizadas en la mayoría de los segmentos. Generalmente se les encuentra en el fondo de ambientes lóticos y en el detrito del litoral léntico. Son cavadores y colectores (Merritt & Cummins 1996).

Maruina

Miden de 2,0 a 3,0 mm; cuerpo aplanado, discos succionadores en línea medio ventral (Roldán 1988). Se les encuentra en ambientes lóticos donde permanecen sujetos fuertemente al sustrato. De hábito alimenticio raspador y recolector. Se alimentan de algas, perifiton y materia orgánica dispuesta sobre rocas y otros sustratos (Merritt & Cummins 1996). Son indicadores de aguas oligotróficas.

Familia Empididae Las larvas poseen un segmento terminal con una única protuberancia debajo de los espiráculos posteriores; si es más de una, con siete u ocho pares de propatas abdominales con ganchos (Fernández & Domínguez 2001). Generalmente son apnéusticas (Merritt & Cummins 1996).

Chelifera

Miden de 5,0–6,0 mm, último segmento abdominal redondeado y bulboso con ocho segmentos. Poseen tubérculos pequeños dorsales y apicales, cada tubérculo con 1-3 pares de setas largas; con siete pares de propatas abdominales (Merritt & Cummins 1996). Se encuentran en corrientes lentas en áreas marginales, adheridos a la vegetación. Son indicadores de agua oligomesotróficas (Roldán 1988). Son de hábito recolector- fragmentador (Merritt & Cummins 1996).

Hemerodromia

Miden de 4,0-5,0 mm, último segmento abdominal termina en tres prolongaciones, la central es bífida y con setas cortas. Se encuentran en corrientes lentas en áreas

marginales, adheridos a la vegetación. Son indicadores de agua oligomesotróficas (Roldán 1988).

Familia Muscidae

El último segmento abdominal termina en un par de proyecciones cónicas retráctiles que contienen los espiráculos; larvas anfipnéusticas (Roldán 1988). Generalmente se les encuentra en corrientes lentas en áreas marginales, o en el fondo de ambientes lóticos. Son depredadores y penetradores de materia vegetal.

Limnophora

Miden 14,0-15,0 mm., último segmento abdominal termina en dos prolongaciones provistos de espinas. Se les encuentra en márgenes de corrientes adheridos a superficies de rocas, con material orgánico en descomposición. Se les puede encontrar en el fondo de ambientes lóticos. De hábito cavador y depredador. Son indicadores de aguas oligomesotróficas.

Familia Tabanidae

Presentan prolongaciones cortas o pseudópodos en cada segmento, órganos respiratorios posteriores; el último segmento abdominal termina en un sifón, larva antipnéustica (Fernández & Domínguez 2001). Los adultos necesitan alimentarse de sangre para llevar a cabo la ovogénesis, determinando así los ciclos gonadotróficos (Merritt & Cummings 1996). Se les encuentra en aguas corrientes y estancadas en las orillas de ríos donde hay sedimentos y detrito. Generalmente son cavadores y de hábito alimentario depredador.

Familia Pelecorhynchidae

Larvas cilíndricas, sin tubérculos ni propatas (Fernández & Domínguez 2001). El espiráculo posterior muy reducido o situado en una pequeña cavidad terminal. Larvas apnéusticas (Roldán 1988). En pupas, el tórax presenta líneas transversales anteriores de colores oscuros. Se les encuentra en márgenes de corrientes. Son cavadores y depredadores (Merritt & Cummins 1996).

4.5.3. Orden Ephemeroptera

Familia Baetidae

Poseen ocelos laterales posteriores a los extremos de las ramas laterales de la sutura epicraneal, antenas generalmente largas, dos o más veces el ancho de la cabeza; agallas ovaladas acorazonadas en los segmentos abdominales 1-5, 1-7, ó 2-7, ángulos posterolaterales de los segmentos abdominales no expandidos en proyecciones laterales planas, o si están presentes, poco desarrolladas, nunca terminan en filamentos. Las larvas viven en una amplia variedad de hábitats lénticos y lóuticos y usualmente constituyen las mayores componentes del fondo de ríos, quebradas y lagos. Son indicadores de aguas limpias (Merritt & Cummins 1996).

Baetis

Miden de 5,0 a 8,0 mm, agallas presentes desde el primer al séptimo segmento abdominal, uñas con 10 a 20 dientecillos; color amarillo pardusco. Se les encuentra en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida. Son indicadores de aguas limpias (Roldán 1988). De hábito alimenticio colector alimentándose de detritos y diatomeas (Merritt & Cummins 1996).

Baetodes

Miden de 4,5 a 5,0 mm, con agallas abdominales del primer al quinto segmento; agallas coxales presentes; uñas con dientecillos, el primero más grande; color pardo oscuro. Se les encuentra en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida. Son indicadores de aguas limpias, aunque pueden tolerar un poco de contaminación orgánica (Roldán 1988). De hábito alimenticio recolector y detritívoro (Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna *et al.* 2010).

Camelobaetidius

Miden de 5,0 a 6,0 mm., con agallas abdominales desde el primer hasta el séptimo segmento; uñas terminadas en forma de espátula hasta con 40 ó más dientecillos; color amarillo pardusco. Se les encuentra en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida, pero también se encuentran en medios turbios y fondos arenosos. Son indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas.

Procloeon

Los incisivos de la mandíbula están unidos a la base o fusionados al apéndice; el segundo segmento del palpo maxilar es más largo que el tercero; agallas simples. Pueden encontrarse en remanso de ríos. Son recolectores y se alimentan de detrito y diatomeas (Roldán 1988).

Familia Tricorythidae

Las agallas en el segundo segmento abdominal triangulares, semitriangulares u ovals y no se juntan en la mitad del abdomen; agallas lameladas en los segmentos 3 a 6 simples o bilobuladas sin márgenes orlados. Presentan tres colas (McCafferty & Provonsha 1981).

Leptohyphes

Miden 4,0–5,0 mm, agallas del segundo segmento ovaladas, cubren las demás; una corona de espinas en el fémur de la primera pata; uñas con 3 a 4 dientecillos; color pardo amarillento. Habitan aguas lentas, en remansos; debajo de rocas y vegetación. Son indicadores de aguas ligeramente contaminadas (Roldán 1988). Son organismos recolectores (Chará-Serna *et al.* 2010).

Familia Leptophlebiidae

Clípeo fusionado a la frente; cabeza usualmente prognata; branquias abdominales variadas pero generalmente compuesta por una lámina ventral y una dorsal (Fernández & Domínguez 2001). Las larvas miden de 4,0 a 15,0 mm. Las náyades de esta familia se encuentran en sistemas lóticos y ocurren en una variedad de sustratos (De la Lanza Espino *et al.* 2000). Son organismos colectores (Chará-Serna *et al.* 2010).

Thraulodes

Miden 6,0 a 10,0 mm, sus mandíbulas son conspicuas cuando se les coloca en posición ventral; agallas 1-7 segmentos bifurcadas y disminuyendo progresivamente de tamaño; uñas con 6 a 10 dientecillos; color pardo amarillento a pardo oscuro (McCafferty & Provonsha 1981). Habitan aguas rápidas, debajo de piedras porosas, grava, troncos y hojas. Son indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas (Roldán 1988). Su hábito alimenticio es colector (Chará-Serna *et al.* 2010).

4.5.4. Orden Megaloptera

Familia Corydalidae

Incluye numerosas especies de las más diversa apariencia, por lo general de color amarillento grisáceo a castaño miden entre 25 a 90 mm, con ocelos, y cuarto

segmento tarsal cilíndrico. El abdomen posee ocho pares de segmentos laterales filamentosos y termina en un par de propatas anales en forma de ganchos. Se les encuentra en aguas muy limpias y con mucho oxígeno. Son organismos depredadores (Merritt & Cummins 1996).

Chauloides

Puede obtener oxígeno a través de un par de largos tubos de respiración que están en contacto con el agua y se extienden más allá de las propatas. Generalmente se le encuentra en remansos de ríos o quebradas, en la sombra, debajo de detrito u hojas (McCafferty & Provonsha 1981). Son depredadores (Merritt & Cummins 1996).

Corydalus

La base de los siete primeros filamentos laterales acompañados ventralmente por penachos branquiales; cabeza y notos torácicos con marcados patrones de coloración (Fernández & Domínguez 2001). Se les puede encontrar en el fondo de ambientes lóticos (entre sedimento y detrito). Son depredadores (Merritt & Cummins 1996).

4.5.5. Orden Trichoptera

Familia Leptoceridae

Antenas muy largas y prominentes. Patas posteriores muy largas (más largas que los otros dos pares) y tiradas hacia adelante. Escleritos en el mesonoto ligeramente pigmentados, excepto por un par de líneas curvas oscuras en la mitad posterior (Merritt & Cummins 1996). Las larvas construyen las casas de varios materiales minerales y vegetales. Se les puede encontrar en lagos y ríos (Roldán 1988).

Oecetis

Miden de 8,0 a 10,0 mm, palpos maxilares desarrollados y fuertes mandíbulas, protuberancia primer segmento abdominal dorsal; casas cónicas de material mineral. Se les encuentra en aguas corrientes y lénticas y aun salobres. Son indicadores de aguas oligo a eutróficas (Roldán 1988). Son de hábito depredador (Merritt & Cummins 1996, Fernández & Domínguez 2001).

Familia Limnephilidae (Goerinae)

Labrum con no más de seis setas atravesando su parte central; propata anal con un esclerito lateral no producido posteriormente como un lóbulo alrededor de la base de una seta apical; presenta un cuerno corto en el prosterno y una joroba en el primer segmento del dorso. Mesopleuro modificado, usualmente extendido anteriormente como una protuberancia prominente y a veces espinosa. Son de hábito recolector y depredador (Merritt & Cummins 1996).

Familia Hydroptilidae:

Los primeros cuatro estadios larvales son minúsculos, tienen cuerpo alargado, patas semejantes, pseudopatas anales largas y son de vida libre (no construyen capullos), al pasar al quinto y último estadio larval, cambia la morfología: pueden tener los tres pares de patas torácicas diferentes, las pseudopatas anales son cortas, el abdomen se ensancha notablemente presentando fuertes constricciones intersegmentales, y construyen un capullo de seda el cual también usarán para empupar (Fernández & Domínguez 2001).

Ochotrichia

Miden 2,0 a 4,0 mm., sin agallas al final del abdomen, su casa está hecha de dos valvas de granos de arena (Roldán 1988) u ocasionalmente algas filamentosas; a

veces una valva parece un caparazón de tortuga y la parte ventral es plana y de seda (Merritt & Cummins 1996). Habitan principalmente el fondo de aguas con corriente. Son indicadores de aguas oligotróficas (Roldán 1988). Viven en comunidades, son recolectores, filtradores y penetradores de material vegetal (herbívoros) (Merritt & Cummins 1996).

Familia Glossossomatidae

Larvas con pseudopatas anales de un tipo intermedio entre las de Annulipalpia y las de Integripalpia. Construyen capullos con forma de caparazón de tortuga, con dos orificios ventrales, por el anterior asoman la cabeza y las patas torácicas, por el posterior sacan las pseudopatas anales, también usadas para caminar. El tipo de construcción no permite el agrandamiento a medida que crece la larva, por lo que en cada estadio deben desechar el viejo capullo y construir uno nuevo más grande (Fernández & Domínguez 2001).

Protoptila

Miden 4,0 mm aproximadamente, mesonoto con esclerito cuadrado, uña de la pata anal con cinco largos dientes. Casa de piedras en forma de caparazón de tortuga. Habitan aguas corrientes de frías a cálidas, bien oxigenadas; casas fuertemente adheridas a rocas. De hábito alimenticio raspador (Merritt & Cummins 1996). Son indicadores de aguas oligotróficas (Roldán 1988).

Familia Odontoceridae: Poseen una propata anal con no más de 3 a 5 setas posteriores del esclerito lateral, con algunas espinas cortas. Las larvas construyen casas portátiles de forma tubular, hechas de varios materiales, principalmente pequeñas rocas, que le sirven como escudo con las que pueden transportarse de un lugar a otro. Viven en el detrito de ambientes lóticos. De hábito depredador y carroñero (Merritt & Cummins 1996).

Marilia

Miden 10.0 mm. aproximadamente, mandíbulas y palpos labiales prominentes, patas anales con espinas, casas cónicas de piedrecillas o material vegetal. Habitan aguas de poca corriente, oxigenadas y fondos pedregosos. Son indicadores de aguas oligotróficas (Roldán 1988). De hábito alimenticio fragmentador, recolector y raspador (Chará-Serna *et al.* 2010).

Familia Hidropsychidae

Tienen un cuerpo muy curvo, midiendo de 10,0 a 16,0 mm cuando están maduros, a veces 30,0 mm. Los tres segmentos torácicos (pronoto, mesonoto y metanoto) tienen placas esclerotizadas muy desarrolladas. Las hileras de agallas ventrolaterales están presentes en la parte ventral del segundo y tercer segmento torácico y en los segmentos abdominales 1-7. El abdomen está cubierto de pequeños pelos y en la base de la uña anal tiene un cepillo de largos pelos (McCafferty & Provonsha 1981).

Son abundantes en ríos y quebradas con mucha corriente. Las larvas son omnívoras–detritívoras y durante los últimos estadios obtienen su alimento capturándolo en su red. Las larvas y pupas construyen refugios de piedras, arena o materia vegetal (McCafferty & Provonsha 1981).

Smicridea

Miden 4,0 a 5,0 mm, agallas abdominales modificadas en un tallo central, trocánter de primera pata muy desarrollado, casas en forma de red para capturar alimento. Habitan aguas corrientes con mucha vegetación; toleran aguas con un poco de contaminación. Son indicadores de aguas oligo a eutróficas (Roldán 2010). Son de hábito recolector, fragmentador, filtrador (Merritt & Cummins 1996, Fernández & Domínguez 2001, Chará-Serna 2010).

Leptonema

Miden de 15,0 a 17,0 mm., agallas abdominales presentes en los dos últimos segmentos torácicos, formadas por un tallo central y en los segmentos 1-7 del abdomen. Casas en forma de red. Habitan aguas corrientes con mucha vegetación; toleran aguas con un poco de contaminación. Son indicadores de aguas oligo a eutróficas (Roldán 1988). Son de hábito recolector, fragmentador, filtrador (Merritt & Cummins 1996, Fernández & Domínguez 2001, Chará-Serna *et al.* 2010).

Familia Hydrobiosidae

Esclerito de color oscuro en la parte dorsal del noveno segmento abdominal. La uña, tibia y tarso de la primera pata están articulados fuertemente del fémur. Las larvas tienen pseudopatas anales largas, aparentemente sólo hilan seda sobre el sustrato y parecen ser exclusivamente depredadoras. Las larvas viven libremente.

Atopshyche

Miden 10,0 a 12,0 mm., primeras patas muy modificadas, no construyen casas. Son depredadores. Habitan aguas corrientes frías y muy oxigenadas; sustrato pedregoso y poco material vegetal. Son indicadores de aguas oligotróficas (Roldán 1988). Son de hábito depredador (Merritt & Cummins 1996, Chará-Serna *et al.* 2010).

4.5.6. Orden Heteroptera

Familia Belostomatidae

Son chinches de tamaño mediano, aplanados y de forma oval. Los adultos miden de 20,0 a 65,0 mm.; rostro cilíndrico, corto o largo, con tres o cuatro segmentos y no parece como la continuación de la cabeza. Tarsos delanteros con uno o más

segmentos. El ápice del abdomen con dos apéndices respiratorios retráctiles cortos y aplanados (McCafferty & Provonsha 1981, Merritt & Cummins 1996).

Belostoma

Miden de 12,0 a 27,0 mm., la cabeza termina en forma cónica, patas posteriores no aplanadas, membrana de hemiélitros no reducida. Habitan ciénagas y charcas al borde del camino, con vegetación abundante y muchos residuos. Son indicadores de aguas oligomesotróficas y eutróficas (Roldán 1988, Merritt & Cummins 1996). De hábito alimenticio depredador (Merritt & Cummins 1996).

Familia Saldidae

Antenas tan largas o más largas que la cabeza, completamente visibles al observar el insecto dorsalmente; membrana de los hemiélitros con cuatro o cinco celdas bien definidas y similares entre sí, última coxa grande y transversa. De hábito depredador, especialmente larvas de dípteros.

Micracanthia

Miden menos de 3,5 mm., cuerpo ovalado y de color oscuro, membrana de los hemiélitros con cuatro celdas alargadas, márgenes laterales del pronoto convexas. Viven en charcas, quebradas y aun en aguas saladas (Roldán 2003). De hábito depredador (Merritt & Cummins 1996).

Familia Gerridae

Uñas de por lo menos el primer tarso insertadas en una pequeña hendidura antes del ápice; fémures posteriores muy largos, se extienden más allá del ápice del abdomen, patas medias insertadas muy juntas a las posteriores, dorso de la cabeza sin canal medio longitudinal (Roldán 1988). Caminan por la capa superficial del agua con locomoción tripodal, cada pata alterna sus movimientos. Patinan muy rápido cuando se alarman y disponen de variadas adaptaciones para

tomar el oxígeno del aire, como tubos anales, canales abdominales y reservorios dorsales donde están localizados los espiráculos (Merritt & Cummins 1996).

Aquarius

Miden hasta 11,0 mm., cuerpo generalmente no cilíndrico; el pronoto cubre el meso y metanoto, ojos marginados en la parte interior, los segmentos tarsales de la primera pata son aproximadamente de igual longitud, la antena es más corta que el cuerpo. Son indicadores de aguas limpias y en algunos casos un poco contaminadas (Roldán 2003). De hábito depredador (Merritt & Cummins 1996).

Familia Veliidae

Fémures posteriores cortos, no se extienden más allá del ápice del abdomen. Patas medias más o menos equidistantes de los otros dos pares de patas (excepto en *Rhagovelia*), dorso de la cabeza generalmente con un pequeño canal longitudinal (Roldán 1988).

Microvelia

Miden 2,0 a 3,5 mm., cabeza triangular, fórmula tarsal 1-2-2, patas equidistantes, el tarso de la segunda pata tiene dos uñas. Viven en charcas y remansos entre la vegetación emergente (Roldán 2003). De hábito depredador (Merritt & Cummins 1996).

Rhagovelia

Miden 4,5 a 5,2 mm., cuerpo alargado; amplia gama de coloración; abanico de pelos plumosos en el tercer segmento tarsal de la segunda pata. Viven en aguas lénticas y en remansos de corrientes; nadan sobre la superficie del agua (Roldán 2003). De hábito depredador (Merritt & Cummins 1996).

4.5.7. Orden Lepidoptera

Familia Crambidae

Las larvas miden de 3,0 a 35,0 mm cuando están maduras. Pueden tener o no agallas en el tórax y el abdomen. Propatas presentes en los segmentos abdominales 3 - 6 y 10. Los crochés son en forma de círculo (incompletos en algunas especies) o dos columnas curvas con ganchos de distintos tamaños (McCarfferty & Provonsha 1981). Es un grupo poco aun poco conocido; algunos fabrican capullos sedosos en los que filtran fitoplancton. Las larvas viven tanto en aguas lénticas como lólicas, sobre fondos pedregosos y vegetación sumergida (Roldán 2003).

Petrophila

Las larvas son semiacuáticas con espiráculos funcionales y numerosas agallas en el tórax y abdomen. Los crochés en forma circular a círculos incompletos. Mandíbulas prominentes, adaptadas para raspar algas y diatomeas en las rocas (recolectores) y también de hábito depredador (Merritt & Cummins 1996).

4.5.8. Orden Odonata

Familia Calopterygidae

Primer segmento antenal muy alargado, tan largo como los restantes segmentos combinados, prementón con una profunda hendidura en su lóbulo medio, agallas caudales laterales triédricas. Las ninfas son delgadas, de cabeza más ancha que el abdomen y tórax. Son depredadores (Merritt & Cummins 1996).

Hetaerina:

Miden 18,0 a 23,0 mm, cabeza triangular primer segmento de la antena más largo. Se encuentran en ambientes lólicas sobre desechos de plantas y rocas. Son

indicadores de aguas oligomesotróficas (Roldán 2003). De hábito depredador (Merritt & Cummins 1996).

5. CONCLUSIONES

- ❖ La composición taxonómica de macroinvertebrados acuáticos fue dominada por insectos de las familias Chironomidae (42,3 %), Simuliidae (19,6 %), Baetidae (12,7 %) y Veliidae (12,0 %). Éstos constituyeron el 86,6 % del total de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el río Chiriquí Viejo.
- ❖ El Índice de Shannon-Weaver para los macroinvertebrados de la cuenca alta y baja del río Chiriquí Viejo fue $H' 2.25$, lo que representa una diversidad media.
- ❖ Según el índice BMWP'/PAN la calidad del agua para el río Chiriquí Viejo en la cuenca alta es mala y en la cuenca baja es regular, ligeramente contaminada.
- ❖ El IBF-SV-2010 indica que la calidad del agua en la cuenca alta es muy pobre, con contaminación orgánica severa probable y en la cuenca baja va de regular a pobre con contaminación sustancial probable.
- ❖ Según el Índice de Similitud de Jaccard los sitios La Garita y Palo Santo muestran mayor similitud (45,5 %) y los mismos están asociados a la dinámica física y biótica de la cuenca del río Chiriquí Viejo.
- ❖ Existen diferencias en los microhábitats acuáticos, los resultados en Frontera demuestran una población de macroinvertebrados más heterogénea (0,68) mientras que La Garita fue la menos heterogénea (0,41).

6. RECOMENDACIONES

- ❖ Cada vez se hace más necesaria la implementación de campañas dedicadas a la investigación y conservación de macroinvertebrados acuáticos, por ser especialmente sensibles a la contaminación. El estatus de esta fauna depende del manejo integrado que se les proporcione.
- ❖ Los datos generados pueden interpretarse desde una forma descriptiva como el diagnóstico de una buena, regular y mala calidad del agua. El uso de estos indicadores como monitores naturales, puede ser muy útil en el establecimiento de medidas legales acerca de las condiciones que prevalecen en los cuerpos de agua.
- ❖ Incluir el uso de la fauna de macroinvertebrados acuáticos como parte de las pruebas de calidad de agua y la actualización e inclusión obligatoria en las leyes que regulan su uso.
- ❖ La utilización de índices como el BMWP y el Índice biológico a nivel de familias de macroinvertebrados acuáticos deben irse ajustando a cada región con el fin de obtener resultados cada vez más confiables.
- ❖ No es práctico tratar de proteger a cada especie en particular, por lo que se deben diseñar programas de estrategias combinadas que conservarán el más amplio ámbito de especies posibles al mismo tiempo.
- ❖ Es fundamental para el desarrollo de estrategias futuras que sea la gente local quien desarrolle programas de conservación y manejo de la fauna acuática en la zona de estudio.

7. LITERATURA CITADA

- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Almería. Vol II:203-213.
- Aguirre, N., J. Palacio & A. Wills. 2004. Caracterización de los principales aspectos fisicobióticos de la microcuenca de la quebrada La Vega, Municipio de San Roque, Antioquia. Universidad de Antioquia. Colombia. 147 p.
- Araúz, B, R. Amores & E. Medianero. 2000. Diversidad y distribución de insectos acuáticos a lo largo del cauce del río Chico (Provincia de Chiriquí, República de Panamá). *Scientia* 15 (1): 27-45.
- Arias, C. & J. Andreve. 2004. Estudio de la comunidad de insectos acuáticos en tres ríos de la región occidental de la cuenca del canal. (Rocc.). Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá. 90 p.
- Bernal Vega J. A. & H. M. Castillo. 2012. Diversidad, distribución de los insectos acuáticos y calidad del agua de la subcuenca alta y media del río Mula, Chiriquí, Panamá. *Tecnociencia*:14(1):35-52.
- Boyero, L. & R. Bailey. 2001. Organization of macroinvertebrate communities at a hierarchy of spatial scales in a tropical stream. *Hydrobiologia* 464: 219-225.
- Boyero, L. & J. De Lope. 2002. Short-term recolonization of stones in a tropical island stream. *Marine and Freshwater Research* 53: 993-998.
- Boyero, L. & J. Bosch. 2004. The effect of riffle-scale environmental variability on macroinvertebrate assemblages in a tropical stream. *Hydrobiologia* 524: 125-132.

- Caicedo, O. & J. Palacios. 1998. Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación en la quebrada la Mosca (Guame, Antioquia, Colombia). *Actualidades Biológicas*, 20 (69) 61-73.
- Cairns, J. & R. Pratt. 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. Pages 10-27. In D.M. Rosenberg & V. H. Resh (Eds) *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall New York.
- Chará-Serna, A., J. Chará, M. Zúñiga, G. Pedraza & L. Giraldo. 2010. Clasificación trófica de insectos acuáticos de ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas. Scientiarium*. Vol. 15 N° 1:27-36. www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarium
- Contreras-Ramos, A. 1995. New species of *Chloronia* from Ecuador and Guatemala with a key to the species in the genus (Megaloptera – Corydalidae). *J. N. Am. Benthol. Soc.* 14:108-114.
- Cornejo, A. 2001. Estructura de la comunidad de insectos acuáticos en la cuenca del río Coco Solo y su relación con la ocupación urbana. Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá. 59 p.
- Cornejo R., A. 2010. Macroinvertebrados acuáticos bioindicadores de la calidad del agua en Panamá: Propuesta de Índice BMWP/PAN. Reunión especial: Macroinvertebrados dulceacuícolas en Mesoamérica (MADMESO), 15-19 de junio, 2010, Villahermosa, Tabasco, México.
- De la Lanza Espino, G., S. Hernández & J. Carbajal. 2000. Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdéz, S.A. de C.V. México. 663 p.
- Fernández, H. & E. Domínguez. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. Argentina. 282 p.

- Garcés, H. 2002. Fauna acuática asociada al río San Félix, provincia de Chiriquí, República de Panamá. *Tecnociencia*. Vol. 4, N° 2, 73-86.
- González, G. 2011. Diversidad y distribución de la comunidad de insectos acuáticos de la subcuenca alta, media y baja del río Mula, provincia de Chiriquí, república de Panamá. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chiriquí. Panamá. 82 p.
- Guinard, J. 2011. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la cuenca alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chiriquí. Panamá. 80 p.
- Guevara, M. 2011. Insectos acuáticos y calidad del agua en la cuenca y embalse del río Peñas Blancas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 59 (2): 635-654.
- Guevara-Cardona, G., C. Jara, M. Mercado & S. Elliot. 2006. Comparación del macrozoobentos presente en arroyos con diferentes tipos de vegetación ribereña en la reserva costera valdiviana, sur de Chile. En Asociación Colombiana de Limnología "Neolimnos". 1:98-105.
- Guillot-Monroy, G. 1997. Bioindicación: Algunas consideraciones y reflexiones generales. En: Rincón *et al.* (eds.) Seminario Invertebrados Acuáticos y su utilización en estudios ambientales. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), y Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología. Santafé de Bogotá, D. C. pp. 167-182.
- Hilsenhoff, W. L. 1987. An improved Biotic Index of Organic stream pollution. *Great Lakes Entomologist Journal* 20:31-39.
- Johnson, R.K., T. Wiederholm & D.M. Rosenberg. 1993. Freshwater Biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates. En: Rosenberg D.M. & V.H. Resh. (eds.). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrate*. Chapman & Hall Inc. New York, U.S.A. pp 488.

- Lampert, W. & U. Sommer. 1997. Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams. 2da. Edición. Oxford: Oxford University Press. 324p.
- Lombardo, R. & V. Rodríguez. 2007. Entomofauna acuática asociada a la parte media-baja en el río Santa María, provincia de Veraguas, República de Panamá. *Tecnociencia*, Vol. 9 (1): 89-100.
- _____ 2008. Calidad biológica del agua en la parte media-baja del río Santa María, provincia de Veraguas, República de Panamá. *Tecnociencia* 10 (1): 19-32
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega. Barcelona. 1010 p.
- McCafferty, P & A. Provonsha. 1981. *Acuatic Entomology*. Science Books International. Boston, Massachusetts, 448 p.
- McCoy, E.D. 1990. The distribution of insects along elevational gradients. *Oikos*. 58:313-332.
- Medianero, E. & M. Samaniego. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3):279-294.
- MINAE-S. 2007. Decreto N°. 33903. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales. La Gaceta N° 178. San José. Costa Rica, pp.7.
- Morris, R. & C. Hawkins. 2000. Monitoring river health. *Hydrobiología* 435: 5-17.
- Nieves, A. 1999. Estudio de las comunidades macrobénticas en el río Manzanares y sus principales afluentes y su relación con la calidad del agua. *Actualidades Biológicas*, 18 (65) 45-60.
- Pino, R. y J. Bernal. 2009. Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta-media del río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá. *Revista Gestión y Ambiente*. Colombia. 12 (3): 73-84.

- Posada, J.A., G. Roldán & J. Ramírez. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas en la cuenca Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 48(1): 59-70.
- Resh, V.H. & J.K. Jackson. 1993. Rapid Assessment Approaches to Biomonitoring using Benthic macroinvertebrates. *En: Rosenberg D.M. & V.H. Resh. (eds.) 1993. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrate.* Chapman & Hall Inc. New York, U.S.A. pp 488.
- Rodríguez, V.E. & E. Bonilla. 1999. Estudio taxonómico de la comunidad de insectos acuáticos en Los Corrales, distrito cabecera de San Francisco, provincia de Veraguas, República de Panamá. *Scientia (Panamá)* Vol. 14, Nº2, pp. 65-77.
- Rodríguez, V., M. Barrera & Y. Delgado. 2000. Insectos acuáticos de la Quebrada El Salto, en el distrito de Las Palmas, provincia de Veraguas, República de Panamá. *Scientia* 15 (2): 33-44.
- Rodríguez, V. & N. Sánchez. 2001. Entomofauna acuática asociada al río Santa Clara en Veraguas, República de Panamá. *Tecnociencia.* 3 (2): 73-87.
- Rodríguez, V. & H. León. 2003. Insectos acuáticos asociados al río Tríbique, en el distrito de Soná, provincia de Veraguas. *Tecnociencia* 5 (1): 51-64.
- Rodríguez, V. & M. Mendoza. 2003. Entomofauna acuática asociada al río Agué en La Mesa, Veraguas, Panamá. *Tecnociencia.* 5(2): 109-119.
- Rodríguez, V., N. Robles & Y. Pimentel. 2009. Calidad biológica del agua de los ríos Sábalo, Piña, Ponuga, Pocrí y Suay en la provincia de Veraguas, Panamá. *Tecnociencia.* 11 (1): 75-89.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de macroinvertebrados del Departamento de Antioquia. Fondo FEN – Colombia. Conciencias – Universidad de Antioquia. Ed. Presencia Ltda., Santafé de Bogotá. 217 p.

_____ 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Editorial

Universidad de Antioquia. Colombia. 170p.

- _____ 2012. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos: Experiencias en Colombia y Latinoamérica. *Mesoamericana* 16 (2):157.
- Rosenberg, D.M. & V.H. Resh. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, p. 1-9. In D.M. Rosenberg, V.H. Resh (eds.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, N. Y.
- Rosero, D. & O. Fossati. 2001. Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta. *Índices Bióticos*. 1-21 p.
- Ruíz-Moreno, J. & R. Ospina. 2000. "Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos en la sabana de Bogotá". *Caldasia*. 22(1):34-60.
- Sánchez-Argüello, R., A. Cornejo, R. Pearson & L. Boyero. 2010. Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 46 (2010) 149–156.
- Segnini S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos* 16: 45-63.
- Sermeño Chicas, J. M., L. Serrano, M. Springer, M. Paniagua, D. Pérez, A. Rivas, R. Menjívar, B. Bonilla, F. Carranza, J. Flores, C. González, P. Gutiérrez, M. Hernández, A. Monterrosa & A. Arias. 2010. Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010). *En: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos*. Proyecto Universidad de El

Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 43 pág.

Springer, M. 2008. Aquatic insect diversity of Costa Rica: state of knowledge. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 56 (Suppl. 4):273-295.

Suess, M. J. (ed) 1982. Examination of water for pollution control. A reference handbook. Vol. 1. Sampling and data analysis and laboratory equipment. Pergamon Press, Oxford, England.

Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedeli & C.E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137.

Wittgreen, Z. & S. Villanero. 1998. Inventario de Macroinvertebrados en el río La Villa, Península de Azuero. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Universidad de Panamá. 122 p.

Zonneveld, I.S. 1983. Principles of bio-indication. *Environmental Monitoring and Assessment* 3. 207-217.

8. ANEXOS

Fotografías de los macroinvertebrados acuáticos más representativos encontrados en el río Chiriquí Viejo.

Orden Coleoptera



Figura 9. Vista dorsal de larva de *Macrelmis* sp. (Elmidae).



Figura 10. Vista ventral de larva de *Macrelmis* sp. (Elmidae).

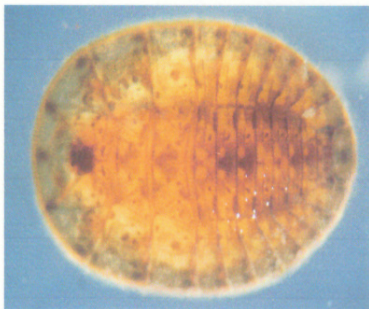


Figura 11. Vista dorsal de larva de *Psephenus* sp. (Psephenidae).

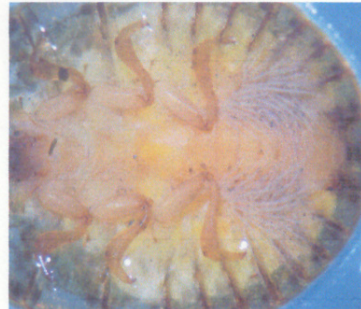


Figura 12. Vista ventral de larva de *Psephenus* sp. (Psephenidae).

Orden Trichoptera

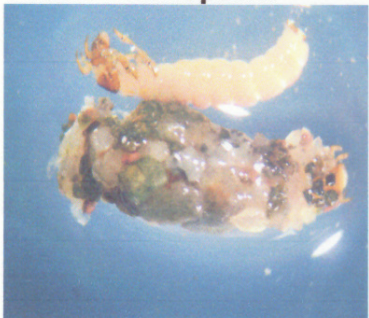


Figura 13. Larva de *Marilia* sp. (Odontoceridae).



Figura 14. Larva de *Atopsiche* sp. (Hydrobiosidae).

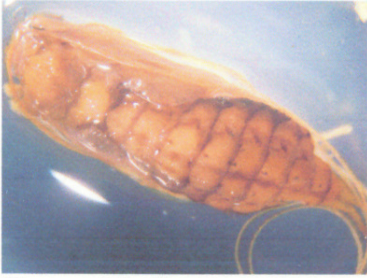


Figura 15. Pupa de Limnephilidae
(Sin determinar).



Figura 16. Larva de *Smicridea* sp.
(Hydropsichidae).

Orden Diptera

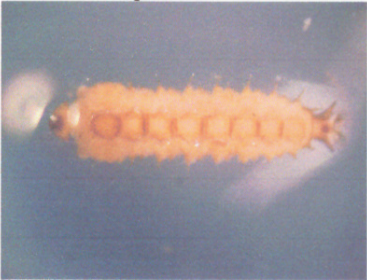


Figura 17. Larva de *Maruina* sp.
(Psychodidae).

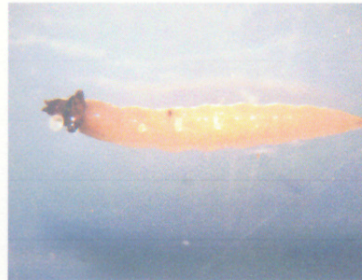


Figura 18. Pupa de *Lymnophora* sp.
(Muscidae).



Figura 19. Larva de Chironomidae
(Sin determinar).



Figura 20. Pupa de *Chelifera* sp.
(Empididae).

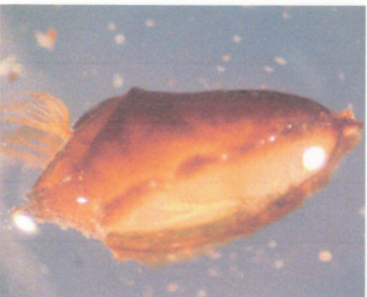


Figura 21. Pupa de *Simulium* sp.
(Simuliidae).

Orden Ephemeroptera



Figura 22. Ninfa de *Baetis* sp.
(Baetidae).



Figura 23. Ninfa de *Baetodes* sp.
(Baetidae).



Figura 24. Ninfa de *Leptohyphes* sp.
(Leptohyphidae).

Orden Heteroptera



Figura 25. Adulto de *Rhagovelia*
(Veliidae).



Figura 26. Adulto de *Aquarius* sp.
(Gerridae).

Orden Odonata



Figura 27. Ninfa de *Hetaerina* sp.
(Calopterygidae).

Orden Lepidoptera

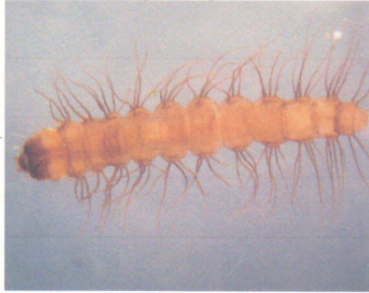


Figura 28. Larva de Crambidae
(Sin determinar).

Clase Gasteropoda

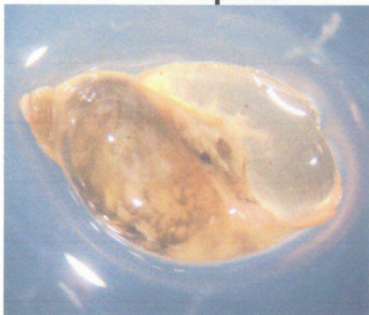


Figura 29. Familia Ampullaridae
(Sin determinar).

Sitios de Muestreo



Figura 30. Sitio 1. Puente Los González,
Nubes, Cerro Punta.



Figura 31. Sitio 1. Nótese las Las
características físicas del sitio 1.



Figura 32. Sitio 2. La Garita, Las Nubes, Cerro Punta.



Figura 33. Principales aspectos ambientales del sitio 2.



Figura 34. Vista del sitio 3. Palo Santo, vía Renacimiento, Volcán.



Figura 35. Características físicas de la orilla del río en el sitio 3.



Figura 36. Muestreo en el sitio 3. Palo Santo, vía Renacimiento, Volcán.



Figura 37. Sitio 4, Puente Paso Canoas, Frontera, Barú.

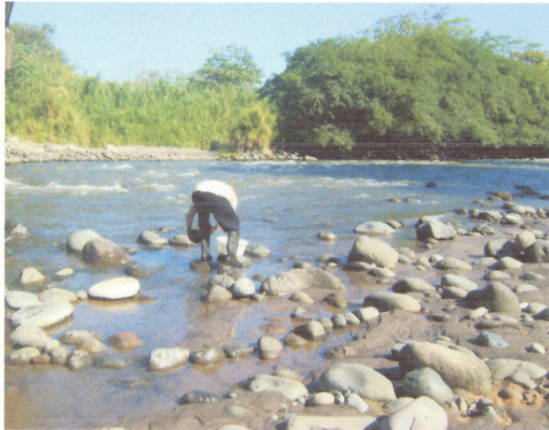


Figura 38. Características ambientales y físicas del río Chiriquí Viejo en el sitio 4.



Figura 39. Características físicas de la orilla del río en el sitio 4.

Cuadro 12. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el Índice BMWP'/COL.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampiridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6

Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydroptilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae	1

Cuadro 13. Clases de calidad de agua, valores BMWP'/COL., significado y colores.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Cuadro 14. Índice BMWP'/CR. Puntajes para las familias identificadas en Costa Rica.

9	O	Polythoridae
	D	Blephariceridae, Athericidae
	E	Heptageniidae
	P	Perlidae
	T	Lepidostomatidae, Odontoceridae, Hidrobiosidae, Ecnomidae
8	E	Leptophlebiidae
	O	Cordulegastriidae, Corduliidae, Aeshnidae, Perilestidae
	T	Limnephilidae, Calamoceratidae, Leptoceridae, Glossosomatidae
	B	Blaberidae
7	C	Ptilodactylidae, Psephenidae, Lutrochidae
	O	Gomphidae, Lestidae, Megapodagrionidae, Protoneuridae, Platyscitidae
	T	Philopotamidae
	Cr	Talitridae, Gammaridae
6	O	Libellulidae
	M	Corydalidae
	T	Hydroptilidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae
	E	Euthyplociidae, Isonychidae
5	L	Crambidae
	T	Hydropsychidae, Helicopsychidae
	C	Dryopidae, Hydraenidae, Elmidae, Limnichidae
	E	Leptohyphidae, Oligoneuriidae, Polymitarcyidae, Baetidae
	Cr	Crustacea
	Tr	Turbellaria
4	C	Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae, Lampyridae,

		Staphylinidae, Ditiscidae, Gyrinidae, Scirtidae, Noteridae
	D	Dixidae, Simulidae, Tipulidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Tabanidae
	H	
		Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Pleidae, Nepidae, Notonectidae
	O	
		Calopterygidae, Coenagrionidae
	E	
		Caenidae
	Hi	
		Hidracarina
	C	Hydrophilidae
	D	Psychodidae
3	Mo	Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae
	A	Hirudinea, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae
	Cr	Asellidae
2	D	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae
	D	Syrphidae
1	A	Oligochaeta (todas las clases)

Nota: D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo: Molusco.

Cuadro 15. Clasificación de la calidad del agua en función del puntaje total obtenido para las familias de macroinvertebrados de Costa Rica.

Nivel de calidad	BMWP'	Color representativo
Aguas de calidad excelente	>120	Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible	101 - 120	Azul
Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61 - 100	Verde
Aguas de mala calidad, contaminadas	36 - 60	Amarillo
Aguas de calidad malas, muy contaminadas	16 - 35	Naranja
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	<15	Rojo

Cuadro 16. Valores de BMWP'/PAN para cada familia de macroinvertebrados acuáticos.

10
E Heptageniidae, Oligoneuridae, P Perlidae, O Polythoridae, T Lepistodomatidae, Leptoceridae, Odontoceridae, Hydrobiosidae, D Blephariceridae, Athericidae
8
E Leptophlebiidae, O Cordulegastridae, Corduliidae, Perilestidae, Protoneuridae
T Limnephilidae, Glossossomatidae, Ecnomidae, C Psephenidae, Ptilodactilidae
7
O Aeshnidae, Megapodagrionidae, Lestidae, Platyscitidae, C Lutrochidae, Hydroscaphidae, T Calamoceratidae, Philopotamidae, Cr Talitridae, Gammaridae
6
O Gomphidae, T Hydropsychidae, Helicopsychidae, Hydroptilidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, E Leptohiphidae, Baetidae, M Corydalidae,

H Naucoridae, Cr Crustacea
5
O Calopterygidae, Coenagrionidae, Libellulidae, L Crambidae, C Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Limnichidae, E Polymitarciidae, Euthyplociidae, D Simuliidae, Tr Turbellaria
4
C Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae, Lampyridae, Staphylinidae, Scirtidae, Noteridae, D Psychodidae, Tipulidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Sciomyzidae, Stratiomyidae, Tabanidae, H Belostomatidae, Corixidae, Hydrometridae, Veliidae, Mesoveliidae, Hebridae, Microveliidae, Pleidae, Nepidae, Notonectidae, E Caenidae, Hidracarina
3
C Hydrophilidae, Dysticidae, Gyrinidae, D Dixidae, Ceratopogonidae
Mo Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, A Hirudinea: Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Cr Asellidae
2
D Chironomidae, Culicidae, Chaeoboridae, Ephydriidae
1
D Syrphidae, A Oligochaeta (todas las clases)

Nota: D, Diptera E, Ephemeroptera P, Plecoptera T, Trichoptera O, Odonata C, Coleoptera M, Megaloptera H, Hemiptera L, Lepidoptera B, Blattodea Tr, Tricladida Cr, Crustacea A, Annelida Mo, Molusco

Cuadro 17. Categorías de calidad de agua para ríos de Panamá con el significado y los colores para representaciones cartográficas.

Clase	Nivel de calidad	Puntuación	Calidad	Coloración
I	Excelente	>150	Aguas de calidad excelente	Azul
II	Buena	101-150	Aguas de calidad buena o no alterada de manera sensible	Azul
III	Regular	61-100	Aguas de calidad regular,	Verde

			eutróficas, moderadamente contaminadas	
IV	Mala	36-60	Aguas de calidad mala, contaminadas	Amarillo
V	Muy mala	16-35	Aguas de calidad mala, muy contaminadas	Naranja
VI	Crítica	>15	Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	Rojo

Cuadro 18. Asignación de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos presentes en las aguas de los principales ríos de El Salvador.

Puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas	Invertebrados acuáticos en los ríos de El Salvador	
	Orden	Familia
0	Diptera	Blephariceridae
1	Odonata	Corduliidae
		Platyscidae
2	Trichoptera	Glossosomatidae
	Odonata	Cordulegasteridae
	Plecoptera	Perlidae
	Trichoptera	Calamoceratidae
		Lepidostomatidae
		Odontoceridae
Xiphocentronidae		
3	Blattodea	
	Coleoptera	Gyrinidae
		Lampyridae
		Ptilodactylidae
		Heptageniidae
Trichoptera	Polycentropodidae	
4	Bivalvia	
	Gastropoda	
	Coleoptera	Dryopidae
		Elmidae
		Hydroscaphidae
		Noteridae
	Psephenidae	
	Hemiptera	Pleidae

	Odonata	Aeshinidae
		Hydrobiosidae
		Hydroptilidae
	Trichoptera	Leptoceridae
5	Acarina	
	Nematoda	
	Planaria	
	Amphipoda	
		Hydraenidae
		Lymnichidae
	Coleoptera	Lutrochidae
	Collembola	
		Dixidae
	Diptera	Tipulidae
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae
		Corixidae
		Gelastocoridae
		Mesoveliidae
		Nepidae
		Notonectidae
		Saldidae
	Hemiptera	Veliidae
	Lepidoptera	Crambidae
	Helicopsychidae	
	Hydropsychidae	
Trichoptera	Philopotamidae	
Decapoda		
6		Curculionidae
		Scirtidae
	Coleoptera	Staphylinidae
		Dolichopodidae
		Empididae
		Simuliidae
		Stratiomyidae
	Diptera	Tabanidae
		Baetidae
	Ephemeroptera	Leptohyphidae
		Gerridae
		Hebridae
	Hemiptera	Naucoridae
Odonata	Lestidae	
7	Hirudinea	
	Gastropoda	Planorbiidae
	Coleoptera	Dytiscidae

		Hydrophilidae
	Diptera	Psychodidae
	Ephemeroptera	Caenidae
		Belostomatidae
	Hemiptera	Ochteridae
	Megaloptera	Corydalidae
		Calopterygidae
		Gomphidae
	Odonata	Libellulidae
8	Diptera	Ceratopogonidae
	Gastropoda	Physidae
9		Ephyridae
	Diptera	Muscidae
	Odonata	Coenagrionidae
	Oligochaeta	
10		Culicidae
	Diptera	Syrphidae

Cuadro 19. Categorías de calidad del agua, obtenidos a través del cálculo del IBF-SV-2010.

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORÍA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA
0.00 – 3.75	1	Excelente	Contaminación orgánica improbable
3.76 – 4.25	2	Muy buena	Contaminación orgánica leve posible
4.26 – 5.00	3	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5.01 – 5.75	4	Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
5.76 – 6.50	5	Regular pobre	Contaminación sustancial probable
6.51 – 7.25	6	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
7.26 – 10.00	7	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable