

**Universidad Autónoma de Chiriquí**  
**Facultad de Ciencias Naturales y Exactas**  
**Escuela de Biología**

**Diversidad y distribución de la comunidad de insectos acuáticos de la  
subcuenca alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá**

**Por**

**Johana del Carmen Guinard Calvo**

**CIP: 4-714-2386**

**Sometida a la consideración de la Comisión de tesis de la Escuela de Biología  
para optar por el grado de Licenciatura en Biología**

**David, Chiriquí, República de Panamá**

**2011**

## **Dedicatoria**

A Jehová Dios que me ha permitido realizar los mejores esfuerzos en la culminación de este trabajo de tesis.

A mis padres: Fernando Guinard Yu Haw y Edisa Calvo de Guinard por su apoyo y confianza brindados en todo momento para la terminación de mis estudios.

A mis hermanos Janette, Fernando y Andrea Guinard C y a mi sobrina Yarelis Guinard V.

Al señor Quintín Martínez y esposa por haberme permitido el acceso al río por sus terrenos.

## **Agradecimientos**

Deseo expresar mi gratitud al *Dr. rer.nat.*, Juan A. Bernal Vega; por su orientación y asesoría durante la realización de este trabajo de investigación.

Al comité asesor de tesis, profesores: Doris B. Vergara C. y Filiberto Gómez, por brindar su tiempo en la revisión y corrección de este trabajo de graduación.

A la Lic. en Biología Janette del C. Guinard C; por su apoyo y colaboración en todas las giras.

A mis compañeros de el Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados (MUPADI) de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

A todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo en este trabajo.

## HOJA DE APROBACIÓN

“Esta tesis fue aprobada por la respectiva Comisión de Tesis de la Escuela de Biología, según los requerimientos de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad Autónoma de Chiriquí”.

Dr. Juan A. Bernal Vega

Director de Tesis



---

Profa. Doris B. Vergara C.

Miembro del Comité Asesor

---

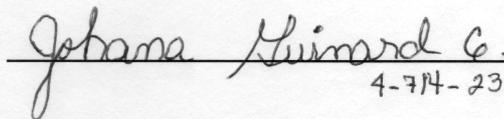
Prof. Filiberto Gómez

Miembro del Comité Asesor

---

Johana del Carmen Guinard Calvo

Candidata



---

4-714-2386

## Índice

1.- Resumen.....	1
2.- Introducción.....	2
3.- Objetivos.....	4
4.- Revisión bibliográfica.....	4
4.1.- Generalidades de la subcuenca alta y baja del río Gariché.....	4
4.2.- Importancia de la subcuenca alta y baja del río Gariché.....	5
4.3.- Alteraciones ecológicas de la subcuenca alta y baja del río Gariché.....	5
4.4.- Macroinvertebrados acuáticos.....	6
4.5.- Tipos de ecosistemas de agua dulce de los macroinvertebrados.....	6
4.6.- Modos de vida de los insectos acuáticos.....	7
4.7.- Alimentación de los macroinvertebrados acuáticos.....	8
4.8.- Reproducción.....	8
4.9.- Respiración y equilibrio iónico de los macroinvertebrados acuáticos.....	8
4.10.- Importancia del estudio de los insectos acuáticos.....	10
4.11.- Características de los bioindicadores.....	10
4.12.- Los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.....	11
4.13.- Índices biológicos.....	12
4.13.1.- Índice de diversidad.....	12
4.13.2.- Índice saprobio.....	12
4.13.3.- Índice biótico.....	12
4.14.- Otros indicadores biológicos en la naturaleza.....	12
4.15.- Medidor portátil HQd (HACH).....	13
4.15.1.- Sonda de oxígeno disuelto luminiscente: Modelo LDO10115.....	13
4.15.2.- Sonda de conductividad: Modelo CDC40105.....	13
4.15.3.- Electrodo de pH relleno de gel Modelo PHC10105.....	14
4.16.- Parámetros fisicoquímicos utilizados en este estudio.....	14
4.16.1.- pH.....	14
4.16.2.- Oxígeno disuelto .....	14
4.16.3.- Conductividad.....	15

4.17.- BMWP'/Col (Biological Monitoring Working Party/Colombia).....	15
4.18.-Estudios relevantes realizados en Panamá sobre macroinvertebrados acuáticos.....	16
5.- Materiales y métodos.....	17
5.1.- Área de estudio.....	17
5.2.- Descripción de las estaciones de muestreo.....	18
5.3.- Recolección y procesamiento de las muestras.....	20
5.4.- Identificaciones de las muestras.....	21
5.5.- Análisis de datos.....	21
6.- Resultados y discusión.....	22
6.1.- Diversidad de insectos acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché.....	22
6.2.- Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en época seca.....	24
6.3.- Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en época lluviosa.....	30
6.4.- Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta versus subcuenca baja del río Gariché, encontrados de enero a octubre de 2010 (época seca y lluviosa).....	35
6.5.- Índice de diversidad.....	37
6.6.- Índice de similitud.....	39
6.7.- Índice biótico BMWP'/Col. para calidad de agua.....	41
6.8.- Parámetros fisicoquímicos analizados en el estudio.....	42
6.7.1- LDO.....	42
6.7.2- pH.....	43
6.7.3- Conductividad.....	44
6.9.- Descripción de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en éste estudio .....	45
6.9.1.- Coleóptera.....	45
6.9.2.- Hemiptera.....	46
6.9.3.- Lepidoptera.....	48
6.9.4.- Odonata.....	49
6.9.5.- Plecoptera.....	50

6.9.6.- Neuroptera.....	51
6.9.7.- Diptera.....	52
6.9.8.- Ephemeroptera.....	53
6.9.9.- Trichoptera.....	55
6.10.- Descripción de las familias y géneros más comunes encontrados durante el estudio.....	56
6.10.1.- Coleoptera.....	57
6.10.2.- Diptera.....	58
6.10.3.- Ephemeroptera.....	59
6.10.4.- Hemiptera.....	60
6.10.5.- Lepidoptera.....	62
6.10.6.- Neuroptera.....	62
6.10.7.- Odonata.....	62
6.10.8.- Plecoptera.....	64
6.10.9.- Trichoptera.....	64
7.- Conclusiones.....	66
8.- Bibliografía.....	68
9.- Anexos.....	74

## Índice de cuadros

Cuadro 1.	Órdenes representativos encontrados en la subcuenca alta y baja del río Gariché y su tipo de bioindicación.....	16
Cuadro 2.	Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo estudiadas en la subcuenca alta y baja del río Gariché.....	18
Cuadro 3.	Diversidad de insectos acuáticos encontrados en la parte alta y baja del río Gariché, en estación seca y lluviosa (enero a octubre de 2010).....	23
Cuadro 4.	Diversidad de géneros y familias (g, f) en los órdenes documentados en estudios en tres ríos de la provincia de Chiriquí. ....	25
Cuadro 5.	Diversidad de insectos acuáticos encontrados en la parte alta y baja del río Gariché, en estación seca (enero a abril de 2010).....	29
Cuadro 6.	Diversidad de géneros y familias (g, f) en los órdenes documentados en estudios en realizados en el río Gariché y el río Mula, provincia de Chiriquí.....	30
Cuadro 7.	Diversidad de insectos acuáticos encontrados en la parte alta y baja del río Gariché, en la estación lluviosa (julio a octubre de 2010).....	34
Cuadro 8.	Diversidad de los de insectos acuáticos encontrados durante la época seca (enero a abril de 2010) y lluviosa (julio a octubre de 2010) en la subcuenca alta y baja del río Gariché.	
Cuadro 9.	Porcentaje de Similitud (Índice de Jaccard) de las comunidades de insectos acuáticos en cuatro estaciones de muestreo en la subcuenca alta y baja del río Gariché, época seca y lluviosa.....	41
Cuadro 10.	Índice biótico BMWP'/Col. para calidad de agua, en época seca y lluviosa de la subcuenca alta y baja del río Gariché....	42

Cuadro 11.	Valores de BMWP'/Col., para época seca en la subcuenca alta y baja del río Gariché.....	83
Cuadro 12.	Valores de BMWP'/Col., para época lluviosa en la subcuenca alta y baja del río Gariché.....	84
Cuadro 13.	Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el cálculo del BMWP'/Col.....	85
Cuadro 14.	Clases de calidad de agua, valores BMWP'/Col. y su significado.....	86
Cuadro 15.	Promedio de datos de LDO, pH y conductividad obtenidos en las cuatro estaciones de la subcuenca alta y baja del río Gariché en época seca.....	86
Cuadro 16.	Promedio de datos de LDO, pH y conductividad obtenidos en las cuatro estaciones de la subcuenca alta y baja del río Gariché en época lluviosa.....	86

## Índice de figuras

Figura 1.	Ubicación de las estaciones de muestreo en la subcuenca alta y baja del río Gariché.....	20
Figura 2.	Distribución de macroinvertebrados acuáticos en las cuatro estaciones de muestreo de la subcuenca alta y baja del río Gariché, durante la época seca y lluviosa.....	24
Figura 3.	Abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la subcuenca alta y baja del río Gariché, enero a abril de 2010.....	28
Figura 4.	Abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la subcuenca alta y baja del río Gariché, julio a octubre de 2010.....	33
Figura 5.	Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché, encontrados de enero a octubre de 2010 (época seca y lluviosa).....	37
Figura 6.	Valores promedios de LDO obtenidos en las cuatro estaciones de muestreo de la subcuenca alta y baja del río Gariché, en época seca y lluviosa (2010).....	42
Figura 7.	Valores promedios de pH obtenidos en las cuatro estaciones de muestreo de la subcuenca alta y baja del río Gariché, en época seca y lluviosa (2010) .....	43
Figura 8.	Valores promedios de conductividad obtenidos en las cuatro estaciones de muestreo de la subcuenca alta y baja del río Gariché, en época seca y lluviosa (2010) .....	44
Figura 9.	Adulto de <i>Dryops</i> sp. (Dryopidae).....	74
Figura 10.	Larva de <i>Psephenops</i> sp. (Psephenidae).....	74
Figura 11.	Ninfa de <i>Thraulodes</i> sp. (Leptophlebiidae).....	75
Figura 12.	Ninfa de <i>Leptohyphes</i> sp. (Leptohyphidae).....	75
Figura 13.	Ninfa de <i>Traverella</i> sp. (Pyrilidae).....	76
Figura 14.	Pupa de <i>Petrofila</i> sp. (Leptophlebiidae).....	76

Figura 15. Adulto de <i>Belostoma</i> sp. (Belostomatidae).....	76
Figura 16. Adulto de <i>Aquarius</i> sp. (Gerridae).....	77
Figura 17. Adulto de <i>Rhagovelia</i> sp. (Veliidae).....	78
Figura 18. Adulto de <i>Metrobates</i> sp. (Gerridae).....	78
Figura 19. Ninfa de <i>Corydalis</i> sp. (Corydalidae).....	79
Figura 20. Ninfa de <i>Anacroneuria</i> sp. (Perlidae).....	79
Figura 21. Ninfa de <i>Argia</i> sp. (Coenagrionidae).....	80
Figura 22. Ninfa de <i>Ischnura</i> sp. (Coenagrionidae).....	80
Figura 23. Larva de <i>Simulium</i> sp. (Simuliidae).....	81
Figura 24. Larva de <i>Hexatoma</i> sp. (Tipulidae).....	81
Figura 25. Larva de <i>Smicridea</i> sp. (Hydropsychidae).....	82
Figura 26. Larva de <i>Glossosoma</i> sp. en su casita (Glossosomatidae).....	82

## 1.- Resumen

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar la calidad del agua y la diversidad y distribución de la comunidad de insectos acuáticos de la subcuenca alta y baja río Gariché. Se recolectaron macroinvertebrados acuáticos para época seca y época lluviosa de 2010, en cuatro estaciones de muestreo dos veces al mes. De acuerdo al sustrato ya sea roca, superficie o columna de agua u hojarasca, se utilizaron los siguientes métodos de captura: con red tipo D-net, manual con pinzas entomológicas, y revisión de hojarasca. Se realizó el mismo esfuerzo de muestreo en cada estación. Las muestras fueron preservadas en alcohol al 70 %, con unas gotas de glicerina. Se identificaron un total de 4 964 individuos, pertenecientes a 48 géneros, 25 familias y nueve órdenes de la Clase Insecta. En época seca el índice de diversidad de Shannon-Weaver fue de 2,36 y en época lluviosa de 1,95, lo que indica una diversidad media en este ecosistema. En época seca, Hemiptera y Trichoptera presentaron la mayor abundancia de individuos, las familias más representativas fueron Veliidae y Hydroptilidae, con los géneros *Rhagovelia* y *Atanatica*. En época lluviosa, Ephemeroptera y Hemiptera fueron los órdenes más abundantes, las familias más representativas fueron Leptophlebiidae y Veliidae, con los géneros *Thraulodes* y *Rhagovelia*. El índice de Jaccard indicó que las estaciones con mayor similitud fueron la 1 y 2, con un 65,2 %, 2 y 4, con un 58,6 %, 3 y 4 con un 57,6 % y las estaciones 1 y 4 con un 50,0 % y la mayor diferencia se encontró en las estaciones 1 y 3, con un 33,3 % en la época seca. En la época lluviosa la mayor similitud se presentó entre las estaciones 1 y 2, con un 76,9 %, 3 y 4 con un 55,0 %, 2 y 4, con 47,6 % y 1 y 4, con 45,5 %. La mayor diferencia se encontró entre las estaciones 1 y 3, con un 41,7 %. El índice biótico BMWP'/Col. mostró valores de: 115, 126, 153 y 151, durante la época seca, lo que indica un agua Clase I, es decir de buena calidad. Para la época lluviosa los valores BMWP'/Col fueron: 94, 84, 149 y 119, lo que indica en la estación 3 aguas de Clase I, pero en las estaciones 1, 2 y 4 las aguas son de Clase II, de calidad aceptable. Los parámetros fisicoquímicos mostraron valores promedios de: pH (7,1 – 5,2), conductividad eléctrica (129,4-112,4 uS/cm) y oxígeno disuelto (7,4-4,6 mg/L), para época seca y lluviosa respectivamente.

## **2.- Introducción**

El agua es fundamental para la vida debido a que es el medio donde literalmente miles de especies biológicas habitan y llevan a cabo su ciclo vital. La actual y creciente intervención de los cuerpos acuáticos dulceacuícolas llama imperiosamente a estudiar la calidad de las aguas, ya que ésta varía día a día, mes a mes, estación a estación y año a año. El estudio del funcionamiento natural de estos sistemas ayuda a poder cuantificar y predecir futuras alteraciones (Roldan 1992). A pesar de que a muchos nos gustaría que la mayoría de los cuerpos de agua presentaran una buena calidad de agua, la realidad es que el hombre ha ido introduciendo modificaciones para poder utilizar el agua para su provecho y que han llevado a la alteración de su calidad natural. Esto hace que el agua no sea parcial o totalmente adecuada para la aplicación o uso que se destine. Por consiguiente, un agua puede resultar contaminada para un cierto uso, pero puede ser perfectamente aplicable a otro. De ahí que se fijen criterios de calidad de agua según los usos.

Existe un creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas acuáticos estudiando sus cambios en el tiempo y desarrollando criterios biológicos, físicos y químicos, que permitan estimar el efecto y magnitud de las intervenciones humanas (Roldán 1988). Se han desarrollado numerosas técnicas de biomonitorio basados en indicadores biológicos, a través de la evaluación de reacciones e índices de sensibilidad de organismos vivos, ante la presencia de sustancias contaminantes en los sistemas acuáticos. Con estas técnicas se trata de interpretar la situación real, o grado de alteración de estos sistemas (Alba-Tercedor 1988).

Los llamados indicadores biológicos informan de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras, es decir, es como tener información del presente y pasado de lo que está sucediendo en las aguas (Alba-Tercedor 1988). La literatura revela que los macroinvertebrados acuáticos a menudo son recomendados en evaluaciones de la calidad del agua (Hellawell 1986, Roldan 1999). Entre todos los grupos de organismos acuáticos, los macroinvertebrados constituyen el grupo de bioindicadores más utilizados a

nivel mundial. Ellos proporcionan excelentes señales sobre la calidad ambiental del agua de los ríos, porque algunos requieren una muy buena calidad para desarrollarse y sobrevivir, mientras que otros, por el contrario, crecen y abundan en aguas muy contaminadas. Esto se debe a que las diferentes especies tienen diferentes grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas de los ríos (Hellawell 1986). También, son considerados excelentes indicadores de la calidad ambiental debido a que su periodo de vida es lo suficientemente largo para mostrar como son afectados por la presencia de agentes contaminantes, incluyendo aquellos de bajas concentraciones, pero con capacidad de acumularse a través del tiempo. Asimismo, tienen la ventaja de ser relativamente inmóviles y fáciles de recolectar o muestrear y tienden a formar comunidades características que se asocian a condiciones físicas y químicas de las aguas de los ríos, lo que permite conocer los diferentes grados de contaminación. Además, permiten detectar situaciones de toxicidad aguda (envenenamiento) en los cuerpos de agua superficiales, lo cual generalmente no es detectado tan fácilmente por las mediciones físico-químicas tradicionales. Debido a estas ventajas, el uso de bioindicadores para medir la calidad de agua, especialmente de ríos y quebradas, ha cobrado cada vez más importancia a nivel mundial, y recientemente también se está implementado en varios países latinoamericanos (Hellawell 1986).

En Chiriquí la subcuenca del río Gariché constituye una fuente de riqueza, y abastece de agua a varias comunidades del distrito de Bugaba, como lo son: Altos de Gariché y Gómez Abajo, por ende, es de vital importancia su estudio y conservación. La subcuenca alta y baja del río Gariché en época lluviosa llega a tener un caudal máximo estimado en  $578.5 \text{ m}^3/\text{s}$  y en época seca de  $3.1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dentro de la subcuenca alta y baja del río Gariché, las actividades que afectan la calidad del agua corresponden en la mayoría a actividades agrícolas (empresas de bananeras) por la contaminación con agroquímicos, viveros de helechos de exportación, la ganadería intensiva, vertido de materiales sólidos, la extracción de arena y piedra y los balnearios turísticos. Estas actividades, aunque disminuyen la biodiversidad de especies y afectan el caudal del río, son realizadas por miembros de las comunidades por donde cursa el río, con el fin de mejorar su economía.

También se están construyendo proyectos residenciales y realizando mejoras del camino para que facilite la entrada de turistas a las comunidades de Santo Domingo y Volcán.

### **3.- Objetivos del estudio**

#### **General**

- Determinar la calidad del agua de la subcuenca alta y baja del río Gariché en época seca y lluviosa, mediante el uso de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

#### **Específicos**

- Determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos de la subcuenca alta y baja del río Gariché.
- Comparar la diversidad de macroinvertebrados de época seca y lluviosa de la subcuenca alta y baja del río Gariché.
- Relacionar algunos parámetros fisicoquímicos con la calidad de agua de la subcuenca alta y baja del río Gariché

### **4.- Revisión Bibliográfica**

#### **4.1.- Generalidades de la subcuenca alta y baja del río Gariché**

La subcuenca del río Gariché, localizada en la vertiente del Pacífico al occidente de la República de Panamá en la provincia de Chiriquí, está constituida por las microcuencas de los ríos Cueta, Mirador y Divalá. El clima de la subcuenca del río Gariché es tropical con variaciones tropical húmedo variedad monzónico y la temperatura promedio en la subcuenca alta es de 22,0 °C y en la subcuenca baja es de 28,1 °C.

La parte alta de la subcuenca ostenta una gama de atracciones naturales, presenta elevaciones de (1100-1200 m.s.n.m.) está formada por un relieve montañoso encontrando abanicos aluviales y dominando las mayores pendientes de 45-75 % muy escarpado, y de 20-45 % de valles.

La parte media de la subcuenca posee un relieve que varía desde ladera hasta ondulaciones de abanicos aluviales y llanura aluviales tipo terraza, residual y común, con pendiente que varía de 8-20 % y 20-45 escarpado. La parte baja de la subcuenca son zonas planas con ligeras ondulaciones, predomina una planicie aluvial con presencia de abanicos aluviales, llanuras aluviales tipo terraza, residual y común, encontrando pendientes de 0-3 % y 3-8 %.

#### **4.2.- Importancia de la subcuenca alta y baja del río Gariché**

La población se beneficia con el turismo, ya que este río tiene gran belleza natural, además, es fuente de abastecimiento de agua de corregimientos como Divalá, Aserrío de Gariché, Gómez, La Estrella, San Andrés, Santa Marta, Santa Rosa, Santo Domingo y Volcán, en el distrito de Bugaba. Los residentes de estos corregimientos utilizan los peces del río como recurso de subsistencia. Además, utilizan el agua en actividades agrícolas y ganaderas.

#### **4.3.- Alteraciones ecológicas de la subcuenca del río de Gariché.**

Entre las alteraciones ecológicas presente en la subcuenca alta y baja del río Gariché están: las inundaciones en la subcuenca baja, disminución del cauce del río, contaminación por agroquímicos en las bananeras, contaminación por desechos de agrofloristería, sedimentación del río, vertido de materiales sólidos, extracción de arena y piedra y los efectos causados por el aumento del turismo. Todas estas alteraciones están ocasionando una disminución de la biodiversidad de especies acuáticas y de las terrestres en la región.

#### **4.4.- Macroinvertebrados acuáticos**

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; es decir, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0,5 mm de longitud. Este grupo incluye taxones como: Moluscos, Crustáceos, Turbelarios, Oligoquetos, Hirudineos y fundamentalmente insectos entre los cuales se encuentran órdenes como: Coleoptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Diptera, Neuroptera y Trichoptera. Estos organismos viven sobre el fondo de lagos y ríos, enterrados en el fondo, sobre rocas, en fango, en plantas vasculares y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie. Son un componente imprescindible en la cadena alimenticia y la transformación de la materia orgánica, a consecuencia de su enorme diversidad es probable que algunos de ellos respondan a cualquier tipo de contaminación (McCafferty 1981, Roldán 1988).

#### **4.5.- Tipos de ecosistemas de agua dulce de los macroinvertebrados acuáticos**

Las aguas dulces constituyen un hábitat donde viven y se desarrollan gran variedad de seres vivos, los cuales dependen del agua para su subsistencia. Se pueden distinguir dos tipos de ecosistemas acuáticos:

**Ecosistemas lénticos:** comprenden todas las aguas interiores que no presentan corriente continua. A este grupo pertenecen los lagos, lagunas, charcas y pantanos. Los órdenes Coleoptera, Odonata y Hemiptera (éste último con las familias Gerridae, Veliidae y Hebridae), son los más representativos de este ecosistema (Roldán 2000).

**Ecosistemas lóuticos o de corrientes:** incluyen todas las masas de agua que se mueven continuamente en una misma dirección, como ríos y quebradas. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible. Las especies que viven en estas aguas de corriente rápida muestran adaptaciones que les permiten mantener su posición en el agua. Algunas ninfas de Ephemeroptera y de Plecoptera, tienen formas hidrodinámicas, lo que reduce su resistencia a la corriente. Estos organismos tienen cuerpos aplanados, lo que les permite esconderse bajo las piedras y aferrarse a ellas. Hay otros, como las larvas de los Simuliidae, que se fijan a las rocas por medio de ganchos y ventosas (Roldán 2000).

**Zona limnética:** corresponde a la zona de las aguas abiertas, se presenta en los ríos de profundidad considerable. En esta zona la cantidad de macroinvertebrados es mínima (Roldán 2000).

#### **4.6.- Modos de vida de los insectos acuáticos**

En la superficie de las aguas dulces encontramos macroinvertebrados acuáticos que saltan sobre el agua, nadan o están adheridos al fondo del cauce de un río. De acuerdo con su ubicación en el medio, se clasifican como:

**Bentos:** comprende a los organismos que viven en el fondo o fijos a éste en ríos y lagos, y son altamente dependientes del alimento que encuentran en el medio que habitan. Órdenes característicos en el bentos son: Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera (Roldán 2000).

**Necton:** son organismos capaces de nadar libremente o trasladarse de un lugar a otro; por poseer un sistema de locomoción eficiente, logran trasladarse de un punto a otro, recorriendo largas distancias y, en algunos casos, en contra de los movimientos del agua o de las corrientes. Los macroinvertebrados acuáticos

representativos del necton pertenecen a los órdenes Coleoptera (Hydrophilidae), Hemiptera (Dystiscidae y Gyrinidae) y Ephemeroptera (Baetidae) (Roldán 2000).

**Neuston:** a este grupo pertenecen los organismos que nadan o caminan sobre la superficie del agua. La gran mayoría de los insectos se sostienen sobre el agua gracias a la tensión superficial del fluido. El orden de macroinvertebrados acuáticos que caracteriza al Neuston es el Hemiptera, con las familias Gerridae y Veliidae (Roldán 2000).

#### **4.7- Alimentación de los macroinvertebrados acuáticos**

Los insectos acuáticos presentan diversos patrones de alimentación, extremadamente variados. La mayoría son consumidores primarios (herbívoros) alimentándose de algas y plantas acuáticas, depredadores (carnívoros) se alimentan de carne y los descomponedores (detritívoros) se alimentan de carne o materia orgánica en descomposición. En el caso de los depredadores, éstos han desarrollado increíbles estrategias para cazar (Roldán 1999).

#### **4.8.- Reproducción**

La etapa reproductiva ocurre en un breve espacio de tiempo y está condicionada por la temperatura del agua y el fotoperiodo, que actúan como estímulos desencadenando la respuesta fisiológica, en este caso, la maduración y emergencia de los individuos. Otros factores que pueden afectar la reproducción son las precipitaciones, la calidad del alimento y la altitud (Corbet, 1964; Sweeney, 1984).

#### **4.9.- Respiración y equilibrio iónico de los macroinvertebrados acuáticos**

Los insectos acuáticos obtienen el oxígeno directamente de la atmósfera o del oxígeno disuelto en el agua. Los primeros tienen frecuentemente que subir a la

superficie, y los segundos pueden permanecer indefinidamente sumergidos, para adquirir el oxígeno. Estos individuos han desarrollado diferentes adaptaciones que les permiten la respiración en un ecosistema acuático. A continuación se definen los tipos de respiración y la regulación osmótica en los insectos acuáticos:

**Respiración aeropnéustica:** la realizan organismos que obtienen el oxígeno directamente del aire. Algunos insectos acuáticos necesitan estar en la superficie del agua permanentemente como los miembros de la familia Syrphidae, otros como los de la familia Dystiscidae y Culicidae sólo están en la superficie cortos periodos de tiempo. Los individuos que realizan este tipo de respiración poseen estructuras especializadas para tales funciones como el plastrón, que sirve de almacén de aire debajo de los élitros, estructura presente en algunos miembros de la familia Naucoridae y Elmidae (Archangelsky 2009).

**Respiración hidropnéustica:** es el proceso de respiración a través de la piel. Los organismos de la familia Chironomidae y Simuliidae respiran por difusión en todo el cuerpo. Otros individuos del orden Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera respiran mediante branquias (expansiones de la cutícula) lameliformes y filamentosas (Archangelsky 2009).

**Regulación osmótica:** también llamada osmorregulación, es el proceso que mantiene las concentraciones de sales internas necesarias para que tengan lugar las reacciones bioquímicas vitales. La hemolinfa de los insectos es hipertónica en relación con su ambiente, situación que produce una tendencia a perder sales. Algunos órdenes como Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera y Diptera, absorben sales en zonas especializadas del cuerpo como branquias, recto y abdomen. El exceso de agua es expulsado mediante la producción de urea y amonio muy diluido (Archangelsky 2009).

#### **4.10.- Importancia del estudio de los insectos acuáticos**

Desde algunos años se han desarrollado técnicas de biomonitoreo basadas en indicadores biológicos. La literatura revela que los macroinvertebrados acuáticos son los que a menudo se recomiendan usar en evaluaciones de la calidad de agua (Hellawell 1986). Además de ello, son utilizados para monitoreo ambiental, recursos pesqueros y forman parte de la cadena alimenticia de peces, anfibios, aves y otros animales.

#### **4.11.- Características de los bioindicadores**

Los bioindicadores son simplemente la respuesta de los organismos vivos que están expuestos a los contaminantes o bien, que pueden ser útiles para predecir el daño futuro e incluso, pueden por sí mismos, presentar los efectos dañinos.

Un contaminante o cualquier otro evento particular que perturbe las condiciones iniciales de un sistema acuático, provocará una serie de cambios en los organismos, cuya magnitud dependerá del tiempo que dure la perturbación, su intensidad y su naturaleza. Entonces, un indicador biológico será aquel que logre soportar los efectos ocasionados por el elemento perturbante, es decir, que muestre algún tipo de respuesta compensatoria o tolerante. Estas respuestas significan para la especie mantener el funcionamiento normal a expensas de un gran gasto metabólico.

Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados, puesto que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos, su concentración en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental. Como no es posible tomar muestras de toda la biota acuática, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de la valoración sobre el estado del ecosistema, a la vez que se obtiene solo la información pertinente, desechando un cúmulo de datos difícil de manejar e interpretar (Hellawell 1986).

Los bioindicadores ofrecen ventajas como: estar presentes en prácticamente todos los sistemas acuáticos, por lo que favorecen estudios comparativos; su naturaleza sedentaria, que permite un efectivo análisis de los efectos de perturbaciones; presentan un largo periodo de permanencia en el agua, lo cual permite estudiar cambios temporales y son sensibles a perturbaciones. Estas características los hacen responder rápidamente a los métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo.

#### **4.12.- Los macroinvertebrados como bioindicadores**

Los macroinvertebrados acuáticos son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad, por diversas circunstancias, entre las que se destacan (Hellowell 1986, Bonada *et al.* 2006):

- 1.- Tener una amplia distribución geográfica en diferentes tipos de ambientes.
- 2.- Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- 3.- Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- 4.- En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- 5.- En algunas especies, tener ciclos de vida largo, porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- 6- Poder ser muestreados de forma sencilla y con bajos costos económicos.
- 7- Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- 8- La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- 9- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

#### **4.13.- Índices biológicos**

Los llamados índices biológicos informan de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras, es decir, es como tener información del presente y pasado de lo que está sucediendo en las aguas (Alba-Tercedor 1988).

**Índices de diversidad:** utilizan tres componentes de la estructura de la comunidad: riqueza (número de especies presentes), uniformidad (equitatividad en la distribución de los individuos entre las especies) y abundancia (número total de organismos presentes), para describir la respuesta de una comunidad a la calidad de su ambiente. La suposición del planteamiento de la diversidad es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad o riqueza, una distribución uniforme de individuos entre las especies y una moderada a alta cantidad de individuos (Alba-Tercedor 1988).

**Índice saprobio:** se determina por la dependencia de un organismo sobre las sustancias orgánicas descompuestas como fuente de alimento. El índice saprobio está basado en la presencia de especies indicadoras que reciben un valor saprobio dependiente de su tolerancia al nivel de contaminación (Alba-Tercedor 1988).

**Índice biótico:** toma en consideración las desventajas de los otros índices, asociando datos cualitativos y cuantitativos. Así pues, un índice biótico será una combinación de la diversidad de ciertos grupos taxonómicos y la tolerancia a la polución en un solo índice o valor (Alba-Tercedor 1988).

#### **4.14.- Otros indicadores biológicos en la naturaleza**

Existen otros bioindicadores de contaminación utilizados, aunque en menor proporción que los macroinvertebrados acuáticos. Entre éstos están: a.- Las

bacterias, los protozoos, las macrófitas, los peces y el fitoplancton. Estos permiten conocer las fluctuaciones en las masas de agua, lo que ha permitido trascender en la caracterización de especies tolerantes o afines a la materia orgánica y en su capacidad de descomponerla.

#### **4.15.- Medidor portátil HQd (HACH)**

##### **4.15.1.- Sonda de oxígeno disuelto luminiscente (Modelo LDO10115)**

La sonda proporciona mediciones de la concentración de oxígeno disuelto en aguas residuales, agua potable y en aplicaciones generales. También lee intervalo de oxígeno disuelto de 0,1 a 20 mg/L (ppm) 1 a 200 % de saturación con intervalo de temperaturas 0 a 50 °C (122 °F). Algunos datos o especificaciones de la sonda son los siguientes: diámetro estándar: 15 mm (0,59 pulg.), longitud: 103 mm (4,1 pulg.), longitud de cable: 1 ó 3 metros (3,3 ó 9,8 pies). La sonda se calibra inicialmente en la fábrica. No obstante, se recomienda una calibración regular por parte del usuario para lograr la máxima precisión en las mediciones. Después de realizar las mediciones, los datos se guardan automáticamente en el registro de datos.

##### **4.15.2- Sonda de conductividad (Modelo CDC40105)**

La sonda de conductividad proporciona la medición de la conductividad eléctrica, salinidad, resistencia o sólidos disueltos totales (TDS) en aguas residuales, agua potable y aplicaciones generales. Esta registra un margen de conductividad 0,01 a 200  $\mu$ S/cm, con una precisión de conductividad  $\pm 0,5$  % de la lectura, margen de TDS 0 a 50 000 mg/L como NaCl, precisión de TDS  $\pm 0,5$  % de la lectura y margen de salinidad 0 a 42 (ppm).

La sonda se calibra inicialmente en la fábrica. No obstante, se recomienda una calibración regular por parte del usuario para lograr la máxima precisión en las mediciones. La calibración se registra en la sonda y el registro de datos. Se pueden seleccionar estándares de conductividad adicionales en el menú.

#### **4.15.3.- Electrodo de pH relleno de gel (Modelo PHC10105)**

El electrodo proporciona mediciones del pH de aguas residuales, agua potables y aplicaciones generales. El modelo PHC10105, realiza medidas en un intervalo de pH de 2,0 a 14,0, con intervalo de temperatura de 0 a 80 °C (32 a 176 °F), precisión de temperatura ( $\pm 0,54$  °F) y profundidad mínima de muestra 20 mm (0,79 pulgadas). Las sondas se calibran inicialmente en fábrica. No obstante, se recomienda una calibración regular por parte del usuario para lograr la máxima precisión en las mediciones.

#### **4.16.- Parámetros fisicoquímicos utilizados en este estudio**

Los monitoreos ambientales abarcaban principalmente aspectos fisicoquímicos. Sin embargo, el aspecto biológico ha ido adquiriendo cada vez mayor importancia, debido principalmente a que son los organismos que habitan el sistema los que se ven mayoritariamente afectados. Para complementar esta investigación se midieron los siguientes parámetros fisicoquímicos: a).- el pH, b).-el oxígeno disuelto y c).-la conductividad.

**4.16.1.- pH:** es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino.

La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico, debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos.

**4.16.2.- El oxígeno disuelto:** en el agua proviene de la fotosíntesis que realizan los vegetales con clorofila. 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, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.

**4.16.3.- Conductividad:** se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica; es una medida indirecta de la cantidad de iones, fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio. La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca). Descargas de aguas residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de Cl, NO<sub>3</sub> y SO<sub>4</sub>, u otros iones. La conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad del agua. Cambios significativos pueden ser indicadores de eventos puntuales de contaminación. Se mide en microSiemens por centímetro (μS/cm).

#### **4.17. - BMWP/Col. (Biological Monitoring Working Party/Colombia)**

Uno de los índices más empleados para la evaluación de la calidad del agua en función de la macrofauna es el BMWP (Biological Monitoring Working Party) desarrollado para Inglaterra en 1970. La ventaja del empleo de esta herramienta es que solo se requiere la utilización de las familias de insectos (se basa en la presencia o ausencia de organismos a nivel de familia). Cada familia tiene un puntaje asignado de 1 a 10, de acuerdo con su sensibilidad a la perturbación ambiental que por lo general se debe a contaminación orgánica. La aplicación de éste índice aminora los costos y el tiempo requerido, además que ha mostrado ser una herramienta que brinda resultados confiables.

Cuadro 1.- Órdenes representativos encontrados en la subcuenca alta y baja del río Gariché y su tipo de bioindicación.

Órdenes	Tipo de bioindicación
Ephemeroptera	Son excelentes indicadores de aguas claras y limpias, aunque hay especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica.
Odonata	Se les considera indicadores de aguas entre limpias y medianamente contaminadas con materia orgánica. Algunas especies pueden soportar altos niveles de contaminación.
Hemiptera	Indicadores de aguas entre limpias y medianamente contaminadas con materia orgánica. Algunas especies igual que los individuos del orden Odonata pueden soportar altos niveles de contaminación.
Coleoptera	En su mayoría son indicadores de aguas limpias, aunque hay especies que pueden soportar ciertos niveles de contaminación orgánica.
Trichoptera	Se les considera excelentes indicadores de aguas limpias y frías, aunque hay algunas especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica y altas temperaturas. Junto a los ephemeropteros y plecópteros son los mejores indicadores de aguas claras y limpias. Los adultos son terrestres.

**4.18.- Estudios relevantes en realizados en Panamá sobre macroinvertebrados acuáticos**

Algunos de los estudios realizados por de May (1979), Méndez & Petersen (1981), Luna (1985-1986), con ayuda del Dr. Will Flowers. Murgas & Pinto (1987) y Wittgreen & Villanero (1998), indican que los órdenes Hemiptera y Odonata

registran el mayor número de géneros para las provincias centrales, igual que los estudios de Rodríguez & Bonilla (1999). Los estudios de Medianero & Samaniego (2004), se basan en la tolerancia de algunos macroinvertebrados acuáticos a la contaminación de las aguas. Trabajos más recientes como los de Pino & Bernal (2009), en la subcuenca alta y media del río David y González & Bernal (2010), en la subcuenca alta, media y baja del río Mula, señalan al orden Ephemeroptera como el más abundante en ésta región del país.

## **5.- Materiales y métodos**

### **5.1.- Área de estudio**

Está ubicada en la subcuenca alta y baja del río Gariché, en la vertiente del Pacífico al occidente de la República de Panamá, provincia de Chiriquí. La subcuenca del río Gariché, comprende los corregimientos de Divalá, Aserrío de Gariché, Gómez, La Estrella, San Andrés, Santa Marta, Santa Rosa, Santo Domingo y Volcán en el distrito de Bugaba. La subcuenca está ubicada a alrededor de los 8°46'.180'' a 8°32'050'' de latitud Norte, y 82°38'.827'' a 82°43'152'' de latitud Oeste con una altitud promedio de 1374 m.s.n.m. (cuenca alta) y 66 m.s.n.m. (cuenca baja). La información detallada de los sitios de muestreo en la subcuenca alta y baja del río Gariché se presenta en el cuadro 2. El clima es lluvioso con una temperatura anual promedio en la subcuenca alta de 22,0 °C y en la subcuenca baja de 28,1 °C. La época seca comprende de enero a abril y la época lluviosa de junio o julio hasta alrededor de finales de noviembre. Según Holdridge & Jiménez (1982), en la subcuenca alta y baja se distribuyen las siguientes zonas de vida: Bosque Húmedo Tropical, Bosque Muy Húmedo Tropical, Bosque Húmedo Montano Bajo, Bosque Muy Húmedo Premontano y Bosque Montano Bajo.

Cuadro 2.- Coordenadas geográficas de las cuatro estaciones de muestreo estudiadas en la subcuenca alta y baja del río Gariché.

Sitios de muestreo	Latitud		Elevación (m.s.n.m)
	N	O	
1. Balneario la Fuente (Volcán)	08°46.180'	082°38.827'	1374
2. Finca del señor Quintín Martínez (Volcán)	08°45.495'	082°39.131'	1320
3. Balneario Laberinto de Pasiones (Alto de Gariché)	08°32.088'	082°43.205'	213
4. Aserrío de Gariché	08°32.050'	082°43.152'	68

## 5.2.- Descripción de las estaciones de muestreo

### Subcuenca alta

#### Estación 1

La primera estación de la cuenca alta está ubicada en la comunidad del Valle (1374 m.s.n.m.) a 500 m del nacimiento del río Gariché, en el balneario La Fuente. Se caracteriza por presentar corriente rápida, sustrato arenoso y hay poca presencia de hojarasca y vegetación marginal. Este sitio de muestreo se encuentra a 2 o 3 metros hacia arriba de un vertido de aguas residuales pertenecientes a un vivero de helechos para exportación.

## **Estación 2**

Se localizada en la finca del señor Quintín Martínez (1320 m.s.n.m.). El caudal de agua es más notable y de corriente rápida, tiene una sección con mucha vegetación y otra sección con vegetación casi nula. Presenta sustrato arenoso, con acumulación de hojarasca. Esta área es parte de una finca ganadera por lo que está sometida al vertido de desechos de materia orgánica.

## **Subcuenca baja**

## **Estación 3**

Esta se encuentra ubicada en el balneario Laberinto de Pasiones, Altos de Gariché (213 m.s.n.m.). Este sitio está muy alterado por actividades antropogénicas como el turismo, la ganadería y las actividades agrícolas. Se caracteriza por presentar corriente lenta, de sustrato arenoso. En una sección del caudal del río hay grandes árboles y enredaderas y en la otra sección hay poca vegetación marginal.

## **Estación 4**

Está situado debajo del puente en Aserrío de Gariché (66m.s.n.m.). Es un sitio de corriente lenta y sustrato arenoso, con abundante vegetación marginal y hojarasca. Esta estación de muestreo ha sido muy alterada por diversas actividades entre ellas la extracción de piedra y arena. En este lugar son depositados grandes cantidades de basura particularmente en época seca (Figura 1).

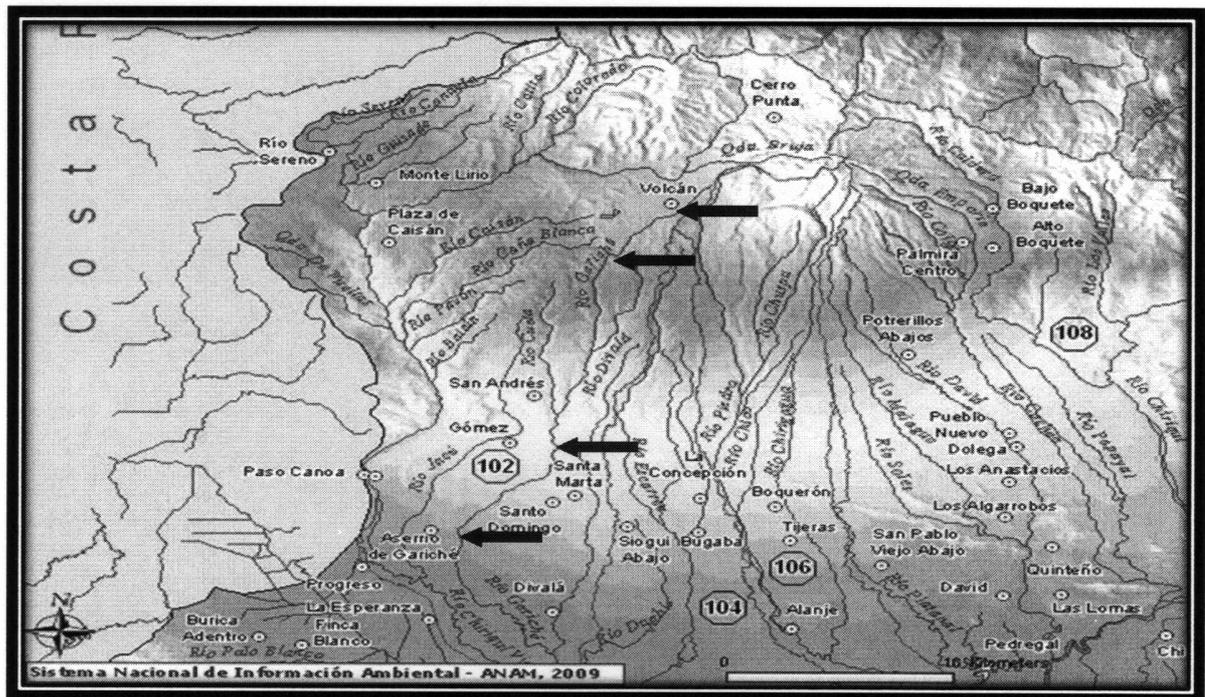


Figura 1.- Ubicación de las estaciones de muestreo en la subcuenca alta y baja del río Gariché.

### 5.3.- Recolección y procesamiento de las muestras

Se realizaron muestreos cualitativos en la subcuenca alta y baja del río Gariché de enero a abril (época seca) y de julio a octubre (época lluviosa) de 2010, con dos giras de recolecta por mes, manteniéndose un esfuerzo de captura uniforme de 45 minutos en todas las estaciones. Se utilizaron tres tipos de muestreo: a).- Muestreo manual: utilizado para el área rocosa y con poca corriente de la subcuenca, para el cual se usan pinzas entomológicas para desalojar insectos de sus refugios en las rocas, utilizando bandejas de plástico para facilitar la recolecta del individuo. a).- Uso de una red tipo D-net para capturar insectos nadadores y los que están en la superficie del agua, realizar los barridos en el fondo y en la vegetación marginal del río. Para ambos muestreos se colocaron los organismos en frascos de plástico rotulados, con alcohol al 70 % y con dos a tres gotas glicerina para evitar el endurecimiento de las estructuras, y c).- Recolección de

hojarasca, troncos podridos y sedimentos colocados en bolsas plásticas rotuladas para su transporte al laboratorio.

#### **5.4.- Identificación de las muestras**

En el Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados (MUPADI) de la Universidad Autónoma de Chiriquí, se revisaron las muestras de hojarasca con buena iluminación, extrayendo los individuos evitando dañarlos. Para procesar el sedimento y para la identificación de los especímenes hasta género se utilizó el microscopio (Stemi SV 6) y las claves de McCafferty (1981), Merritt & Cummins (1996) y Roldán (1988, 2000).

#### **5.5.- Análisis de datos**

Los insectos acuáticos identificados fueron agrupados por época (seca o lluviosa), por mes y por estación, también se les clasificó taxonómicamente en orden, familia y género, de cuyos datos luego se realizaron cuadros y gráficas. Se utilizó el Índice de Diversidad Shannon-Weaver (Margalef, 1998, Pérez & Sola 1993a) para determinar la diversidad de insectos acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché y sus diferentes estaciones de muestreo. El Índice de similitud de Jaccard (Pérez & Sola 1993b), se empleó para comparar la similitud de la comunidad de insectos acuáticos. Finalmente, la calidad del agua del río Gariché se determinó mediante la utilización del Índice BMWP'/Col. "Biological Monitoring Working Party/Colombia" (Roldán 2000). El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia).

## **6.- Resultados y discusión**

### **6.1.- Diversidad de insectos acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché**

La entomofauna acuática total capturada en la subcuenca alta y baja el río Gariché durante ocho meses de muestreo en cuatro estaciones fue de 4,964 individuos, de los cuales 3,351 corresponden a la época seca y 1,613 a la época lluviosa (Fig.2). Esta mayor abundancia en la época seca posiblemente esté relacionada con el período de reproducción de estos organismos. Pues es la época seca se dan las condiciones más adecuadas para la reproducción, aunado con las mejores condiciones físico-químicas (temperatura, concentración de oxígeno, pH, conductividad) del medio (Roldán 2000). Se identificaron 50 géneros, agrupados en 29 familias pertenecientes a nueve órdenes de la Clase Insecta (Cuadro 3). Este estudio muestra una mayor diversidad de géneros, familias y órdenes en comparación a lo documentado por Wittgreen & Villanero (1998), en el río La Villa, Los Santos. Estos autores registraron un total de 33 géneros de insectos agrupados en 17 familias y 6 órdenes.

Los órdenes con mayor diversidad de familias en ambas épocas del año, en orden descendente fueron: Trichoptera (7), Coleoptera y Hemiptera (4) y Diptera, Ephemeroptera y Odonata (3). Los órdenes con menor diversidad de familias fueron: Lepidoptera, Neuroptera y Plecoptera con una sola familia cada uno. Las familias con mayor diversidad de géneros fueron: Ephemeroptera: Baetidae, Hemiptera: Gerridae, Trichoptera: Hydropsychidae, Coleoptera: Psephenidae, Trichoptera: Leptoceridae con tres géneros cada una. Las familias que presentaron menor diversidad de géneros son: Odonata: Coenagrionidae, Ephemeroptera: Leptophlebiidae, Hemiptera: Naucoridae y Diptera: Tipulidae con dos géneros cada una. En este estudio las muestras fueron identificadas hasta género por no contar con claves taxonómicas hasta el nivel de especie.

Cuadro 3.- Diversidad de insectos acuáticos encontrados en la parte alta y baja del río Gariché, en estación seca y lluviosa (enero a octubre de 2010).

Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4	Total	%	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	2	1	4	3	10	0,2	
		<i>Dactylobaetis</i>	0	0	4	2	6	0,1	
		<i>Baetodes</i>	9	2	0	1	12	0,2	
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	16	74	35	13	138	2,8	
		<i>Tricorythodes</i>	2	5	0	0	7	0,1	
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	14	38	278	224	554	11,2	
<i>Traverella</i>		0	0	0	1	1	0,1		
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	5	2	7	0,1	
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	5	2	29	24	60	1,2	
		<i>Ishnura</i>	0	0	10	11	21	0,4	
	Libellulidae	Sin determinar	0	0	1	0	1	0,1	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	5	0	5	0,1	
Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0	2	9	5	16	0,3	
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	0	0	2	0	2	0,1	
	Gerridae	<i>Aquarius</i>	0	0	2	1	3	0,1	
		<i>Brachymetra</i>	0	0	1	0	1	0,1	
		<i>Metrobates</i>	84	31	93	165	373	7,5	
		<i>Trepobates</i>	0	0	45	72	117	2,4	
		<i>Ambrysus</i>	0	0	0	1	1	0,1	
	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	0	0	2	0	2	0,1	
		Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	65	77	535	705	1382	27,8
	Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i>	0	0	5	11	16	0,3
		Elmidae	<i>Gonielmis</i>	0	0	0	1	1	0,1
<i>Lara</i>			0	0	1	0	1	0,1	
<i>Optioservus</i>			0	0	2	0	2	0,1	
Hydrophilidae		<i>Paracymus</i>	0	0	1	0	1	0,1	
Lampyridae		Sin determinar	0	0	1	0	1	0,1	
Psephenidae		<i>Psephenops</i>	3	6	119	268	396	7,9	
		<i>Acneus</i>	0	0	1	0	1	0,1	
		<i>Stenus</i>	0	0	0	1	1	0,1	
Trichoptera		Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	4	0	2	1	7	0,1
	Helicopsychidae	Sin determinar	1	0	0	0	1	0,1	
		<i>Helicopsyche</i>	32	77	0	8	117	2,4	
	Hydropsychidae	<i>Diplectronea</i>	0	0	0	1	1	0,1	
		<i>Leptonema</i>	6	2	0	0	8	0,1	
		<i>Smicridea</i>	98	411	47	26	582	11,8	
	Hydroptilidae	Sin determinar	0	0	0	3	3	0,1	
	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	299	340	46	11	696	14,0	
		<i>Neptopsyche</i>	0	1	0	0	1	0,1	
		<i>Oecetis</i>	1	1	0	1	3	0,1	

	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i>	31	110	3	2	146	2,9
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	4	8	61	14	87	1,8
	Limnephilidae	Sin determinar	4	3	41	21	69	1,4
		Sin determinar	0	0	17	7	24	0,5
Diptera	Chironomidae	Sin determinar	0	8	0	0	8	0,2
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	30	20	6	3	59	1,2
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	0	0	0	1	1	0,1
		<i>Tipula</i>	2	0	0	0	2	0,1
Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	0	5	2	2	9	0,2
		Sin determinar	0	0	1	0	1	0,1
<b>Total</b>	<b>29 Familias</b>	<b>50 géneros</b>	<b>712</b>	<b>1,224</b>	<b>1,416</b>	<b>1,612</b>	<b>4,964</b>	<b>100,0</b>

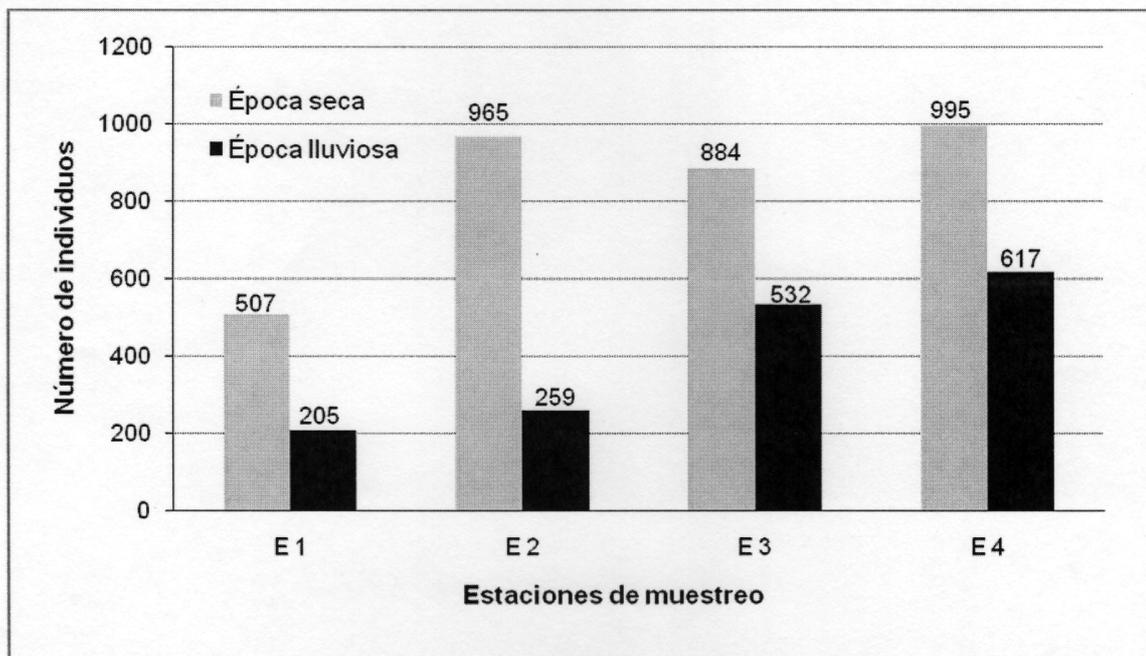


Figura 2.- Distribución de macroinvertebrados acuáticos en las cuatro estaciones de muestreo de la subcuenca alta y baja del río Gariché, durante la época seca y lluviosa.

## 6.2.- Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en época seca

Se encontraron un total de 3,351 macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché, en cuatro estaciones de muestreo durante un periodo

de cuatro meses (enero-abril de 2010). Se identificaron en total 38 géneros, 23 familias y nueve órdenes de la Clase Insecta (Cuadro 4). En este estudio se encontró una menor diversidad de macroinvertebrados acuáticos, en comparación con el estudio realizado de la subcuenca alta, media y baja del río Mula, en el que se obtuvieron 60 géneros, 35 familias y nueve órdenes de la Clase Insecta (González 2010). De igual manera, el estudio realizado por Pino & Bernal (2009), en la subcuenca alta y media del río David, documentó una mayor diversidad (82 géneros, agrupados en 46 familias y nueve órdenes de la Clase Insecta), en comparación con los resultados de este estudio. Este hecho puede explicarse en parte, probablemente debido a que en el río Gariché se documentaron temperaturas bajas (subcuenca alta 22,0 °C) durante el estudio, fuertes corrientes de agua y grandes cantidades de desechos orgánicos e inorgánicos, lo que influiría negativamente en la diversidad de los organismos del sitio.

Al comparar la diversidad de géneros y familias en los nueve órdenes de la Clase Insecta recolectados en tres ríos de la provincia de Chiriquí se encontró el siguiente orden creciente de diversidad: río Gariché, seguido del río Mula y el más diverso, el río David (Cuadro 5).

Cuadro 4.- Diversidad de géneros y familias (g, f) en los órdenes documentados en estudios en tres ríos de la provincia de Chiriquí.

<b>Orden</b>	<b>Río Gariché (este estudio)</b>	<b>Río Mula (González 2010)</b>	<b>Río David (Pino &amp; Bernal 2009)</b>
Coleoptera	7, 4	11, 4	25, 10
Diptera	4, 3	9, 7	10, 8
Ephemeroptera	6, 3	6, 3	14, 7
Hemiptera	4, 2	8, 3	14, 7
Lepidoptera	2, 1	1, 1	1, 1
Neuroptera	1, 1	1, 1	1, 1
Odonata	3, 2	8, 5	8, 6
Plecoptera	1, 1	1, 1	1, 1
Trichoptera	10, 6	11, 7	13, 9
<b>TOTAL</b>	<b>38, 23</b>	<b>56, 32</b>	<b>87, 50</b>

La abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché, para la época seca se describe de la siguiente manera: 1,455 individuos del orden Trichoptera (43,4 %), 999 individuos del orden Hemiptera (29,8 %), 398 individuos del orden Ephemeroptera con (11,9 %), 365 individuos del orden Coleoptera (10,9 %), 81 individuos del orden Odonata (2,4 %), 25 individuos del orden Diptera (0,8 %), 15 individuos del orden Neuroptera (0.4 %), 9 individuos del orden Lepidoptera (0,3 %) y 4 individuos del orden Plecoptera (0,1 %).

Entre las familias con mayor porcentaje de abundancia están: orden Trichoptera, Hydroptilidae: 19,6 % (BMWP'/Col=7); orden Hemiptera, Veliidae: 19,4 % (BMWP'/Col=8); Ephemeroptera, Leptophlebiidae: 9,9 % (BMWP'/Col=9); Coleoptera, Psephenidae: 10,5 % (BMWP'/Col=10); Odonata, Coenagrionidae: 2,2 % (BMWP'/Col=7); Neuroptera, Corydalidae: 0,45% (BMWP'/Col=6); Diptera, Simuliidae: 0,4 % (BMWP'/Col=8); Lepidoptera, Pyralidae: 0,3 % (BMWP'/Col=5); Plecoptera, Perlidae: 0,1 % (BMWP'/Col=10).

Los géneros más abundantes del estudio con su porcentaje total de abundancia en la época seca son: orden Trichoptera: familia Hydroptilidae, género *Atanatica* con 657 individuos (19,6 % de los organismos encontrados) y la familia Hydropsychidae, género *Smicridea* con 474 individuos (14,1 % de los individuos encontrados).

Un género abundante en este estudio está dentro del orden Hemiptera, familia Veliidae, género *Rhagovelia* con 651 individuos (lo que representa un 19,43 % del total de organismos identificados).

Otro orden de marcada abundancia es el Coleoptera, familia Psephenidae y género *Psephenops* con 351 individuos (10,47 % de los organismos de esta época), y el orden Ephemeroptera, familia Leptophlebiidae, género *Thraulodes* con 331 individuos (con un 9,9 % de abundancia).

El orden Neuroptera registró un solo género, *Corydalus*; de la familia Corydalidae, generalmente se encontraba debajo de las piedras y corrientes de agua. Rodríguez & Sánchez (2001) en el río Santa Clara en Veraguas, reportan al género *Corydalus* en el mismo tipo de hábitat.

Las estaciones que presentaron mayor abundancia de individuos en orden descendente son: 4, 2, 3 y 1. La estación 4 (995 individuos), localizada en la subcuenca baja del río está sometida a extracciones de arena y piedra y a diferentes actividades antropogénicas, sin embargo, los datos obtenidos indican que está área presenta la mayor abundancia de individuos.

Esta mayor abundancia en la estación 4 se debe, posiblemente a la mayor diversidad de hábitat y la menor altitud de la zona que permite la reproducción eficaz de los individuos. La temperatura más apta para algunos macroinvertebrados acuáticos, la corriente más lenta, así como un pH neutro son factores que también influyen en los resultados obtenidos.

La estación 2 (965 individuos), se encuentra en la subcuenca alta del río. Esta zona es parte de una finca de ganadería y recibe vertidos de materia orgánica; así también está expuesta a actividades agrícolas como el sobre pastoreo, cultivo de hortalizas, papas, zanahorias, tomates, cebollas, fresas entre otros. Estas actividades afectan la diversidad de organismos de forma negativa lo que se manifiesta en alteraciones en los ciclos de las comunidades biológicas, aumentando la abundancia de las especies más tolerantes y provocando la disminución o desaparición de las más susceptibles. Esta estación de muestreo presenta temperaturas muy frías y corrientes rápidas que pueden arrastrar a los insectos acuáticos.

La estación 3 (884 individuos), perteneciente a la subcuenca baja, es un área que está sometida a diversas actividades antropogénicas como lo son: cultivos agrícolas, ganadería, pero son posiblemente los balnearios turísticos los que afectan de manera significativa la abundancia de individuos acuáticos. Esto se explica por la gran cantidad de desechos no biodegradables encontrados en la zona como son bolsas y botellas de plástico, lonas y desechos de redes de pesca.

La estación 1 (507 individuos), muestra tendencia a bajas temperaturas (22,0 °C), debido a que está ubicada cerca de la cabecera del río, lo que afecta la abundancia y diversidad de los macroinvertebrados acuáticos (Roldán 2000). Otra causante de la baja abundancia, es el vertido de desechos de agrofloristería ubicada a pocos metros del área de recolecta y que provoca gran cantidad de

sedimentos en la superficie del agua. En esta estación el cauce es muy angosto, y poco profundo y las fuentes de alimentación son escasas.

El orden más representativo del estudio fue el Trichoptera, con el género *Smicridea* coincidiendo estos resultados con los obtenidos por González (2010), en la subcuenca alta, baja y media del río Mula. Rodríguez & León (2003). En estudios realizados en el río Tribique en Soná - Veraguas, se registró al orden Trichoptera como el más abundante, encontrándose sobre rocas o en aguas rápidas y los géneros más comunes fueron *Smicridea* y *Leptonema*.

El orden Hemiptera fue el segundo más abundante, con la familia Veliidae y el género *Rhagovelia*, corroborando los resultados obtenidos por González (2010).

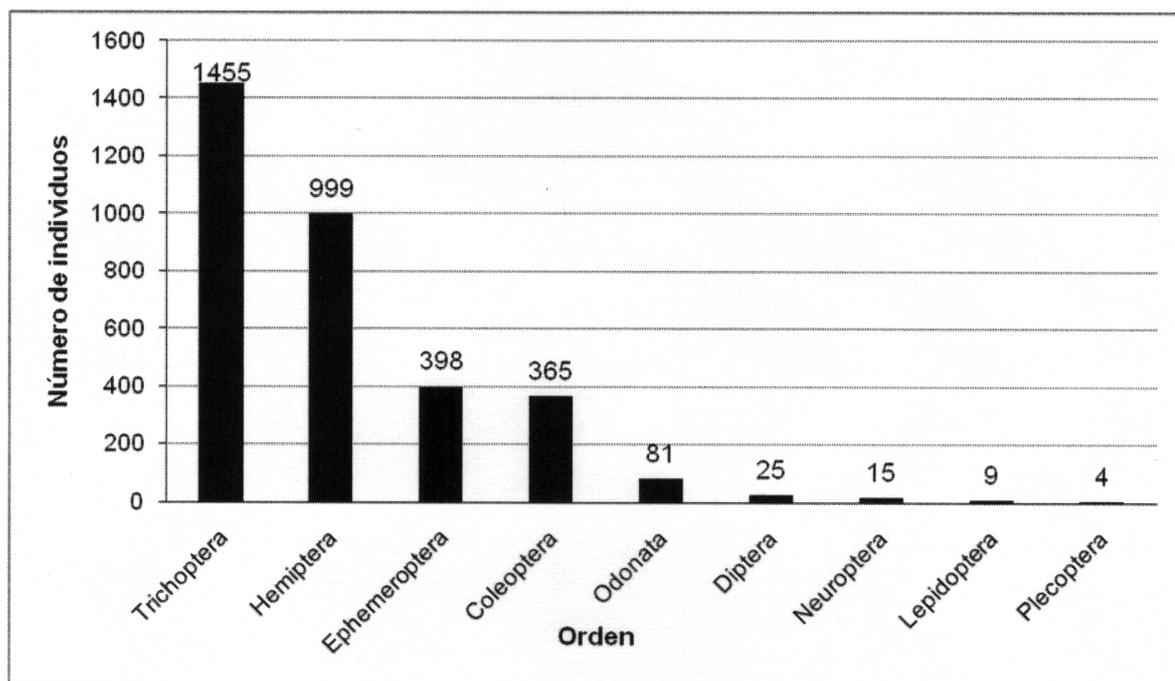


Figura 3.- Abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la subcuenca alta y baja del río Gariché, enero a abril de 2010.

Cuadro 5.- Diversidad de insectos acuáticos encontrados en la parte alta y baja del río Gariché, en estación seca (enero a abril de 2010).

Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4	Total	%	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	2	1	4	3	10	0,3	
		<i>Baetodes</i>	8	2	0	1	11	0,3	
		<i>Dactylobaetis</i>	0	0	1	0	1	0,1	
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	0	35	2	1	38	1,1	
		<i>Tricorythodes</i>	2	5	0	0	7	0,2	
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	4	11	182	134	331	9,9	
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	4	2	6	0,2	
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	5	2	25	22	54	1,6	
		<i>Ishnura</i>	0	0	10	11	21	0,6	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	4	0	4	0,1	
Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0	2	8	5	15	0,4	
Hemiptera	Gerridae	<i>Brachymetra</i>	0	0	1	0	1	0,1	
		<i>Metrobates</i>	61	10	64	95	230	6,9	
		<i>Trepobates</i>	0	0	45	72	117	3,5	
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	1	3	296	351	651	19,4	
Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i>	0	0	2	6	8	0,2	
	Elmidae	<i>Lara</i>	0	0	1	0	1	0,1	
		<i>Optioservus</i>	0	0	2	0	2	0,1	
	Hydrophilidae	<i>Paracymus</i>	0	0	1	0	1	0,1	
	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	2	3	105	241	351	10,5	
		<i>Acneus</i>	0	0	1	0	1	0,1	
<i>Stenus</i>		0	0	0	1	1	0,1		
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	4	0	2	1	7	0,2	
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	32	77	0	8	117	3,5	
	Hydropsychidae	<i>Diplectrona modesta</i>	0	0	0	1	1	0,1	
		<i>Leptonema</i>	6	2	0	0	8	0,2	
		<i>Smicridea</i>	62	359	35	18	474	14,1	
	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	278	324	45	10	657	19,6	
		<i>Neptopsyche</i>	0	1	0	0	1	0,1	
		<i>Oecetis</i>	1	1	0	1	3	0,1	
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i>	31	109	3	2	145	4,3	
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	1	35	6	42	1,3	
	Diptera	Chironomidae	Sin determinar	0	8	0	0	8	0,2
		Simuliidae	<i>Simulium</i>	6	4	3	1	14	0,4
<i>Hexatoma</i>			0	0	0	1	1	0,1	
Tipulidae		<i>Tipula</i>	2	0	0	0	2	0,1	
		Crambidae	<i>Petrophila</i>	0	5	2	1	8	0,2
Sin determinar			0	0	1	0	1	0,1	
<b>Total</b>	<b>23 familias</b>	<b>38 géneros</b>	<b>507</b>	<b>965</b>	<b>884</b>	<b>995</b>	<b>3,351</b>	<b>100,0</b>	

### 6.3.- Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en época lluviosa

Se encontraron un total de 1,613 macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché, en cuatro estaciones de muestreo durante un periodo de cuatro meses (julio-octubre de 2010). Se identificaron en total 30 géneros, 25 familias y nueve ordenes de la Clase Insecta (Cuadro 6).

Este estudio se comparó con el estudio realizado por González (2010), en cuatro estaciones de la subcuenca alta, media y baja del río Mula, en la que se obtuvieron 41 géneros, 28 familias y 11 órdenes de la Clase Insecta. Al comparar ambos estudios se puede demostrar que hay una alta diferencia en la diversidad de géneros y familias. La baja cantidad de organismos encontrados en la época lluviosa en comparación con la época seca, podría atribuirse a las fuertes corrientes que afectaron el cauce del río y desviando el cauce normal del mismo.

Los órdenes que presentaron mayor abundancia fueron: Trichoptera: (7,6), Hemiptera: (7,6), Coleoptera: (4,4), Ephemeroptera: (3,5). El orden Odonata presentó: (3,2) y los órdenes Lepidoptera, Diptera, Neuroptera y Plecoptera registraron 1 familia y 1 género cada uno.

Cuadro 6.- Diversidad de géneros y familias (g, f) en los órdenes documentados en estudios en realizados en el río Gariché y el río Mula, provincia de Chiriquí.

<b>Orden</b>	<b>Río Gariché (este estudio)</b>	<b>Río Mula (González 2010)</b>
Coleoptera	4, 4	10, 3
Diptera	1, 1	4, 4
Ephemeroptera	5, 3	5, 3
Hemiptera	6, 4	2, 4
Lepidoptera	1, 1	1, 1
Neuroptera	1, 1	1, 1
Odonata	3, 3	4, 4
Plecoptera	1, 1	1, 1
Trichoptera	8, 7	8, 7
<b>TOTAL</b>	<b>30, 25</b>	<b>36, 28</b>

Al no contar con precedentes de datos para este río, se comparó con el estudio realizado por González (2010), en la subcuenca alta, media y baja del río Mula. En el río Mula se obtuvieron los siguientes resultados de diversidad (familia, género): Coleoptera: (3,10), Trichoptera: (7,8), Ephemeroptera (3,5), Odonata (4,4), Diptera: (4,4) y Hemiptera: (4,2). Los órdenes Lepidoptera, Plecoptera y Neuroptera presentaron un género y una familia.

Al comparar los resultados de éste estudio con los de González (2010) en el río Mula se puede observar que la abundancia de macroinvertebrados acuáticos es menor en el río Gariché. Una de las explicaciones más probables de estos resultados son las inundaciones propias de la época que causan el arrastre de gran cantidad de organismos, situación observada durante el periodo de recolecta en el río Gariché. Los efectos de la temperatura, encontrándose más baja en el cauce del río y la turbiedad de las aguas, son factores limitantes para la abundancia de macroinvertebrados acuáticos. También, la ausencia de datos de la cuenca media en los resultados puede tomarse como un factor de comparación con los resultados obtenidos por González (2010).

La abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché, para la época lluviosa se describe de la siguiente manera: 882 individuos del orden Hemiptera (54,7 %), 330 individuos del orden Ephemeroptera (20,4 %), 290 individuos del orden Trichoptera (18,0 %), 55 individuos del orden Coleoptera (3,4 %), 45 individuos del orden Diptera (2,8 %), 8 individuos del orden Odonata (0,5 %), 1 individuos del orden Plecoptera (0,1 %), 1 individuos del orden Lepidoptera (0,1 %) y 4 individuos del orden Neuroptera (0,06 %) (Figura 3).

Entre las familias con mayor porcentaje de abundancia están: orden Hemiptera, Veliidae: 45,3 % (BMWP'/Col=8); orden Ephemeroptera, Leptophlebiidae: 13,9 % (BMWP'/Col=9); orden Trichoptera, Hydropsychidae: 6,7 % (BMWP'/Col=7); Coleoptera, Psephenidae: 2, 8 % (BMWP'/Col=10); Diptera, Simuliidae: 2, 8 % (BMWP'/Col=8); Odonata, Coenagrionidae: 0,1 % (BMWP'/Col=7); Neuroptera, Corydalidae: 0,1 % (BMWP'/Col=6); Lepidoptera, Pyralidae: 0,1% (BMWP'/Col=5); Plecoptera, Perlidae: 0,1 % (BMWP'/Col=10).

Los géneros más abundantes del estudio con su porcentaje total de abundancia en la época lluviosa son: el orden Hemiptera con dos familias representativas: Veliidae, género *Rhagovelia* con 731 individuos (45,3 % de los organismos encontrados) y Gerridae, género *Metrobates*, con 143 individuos (8,9 % de los individuos encontrados). Siguen los órdenes Ephemeroptera, también con dos familias: Leptophlebiidae, *Thraulodes*, con 223 individuos (13,8 %) y Leptohyphidae, *Leptohyphes* sp. (6,2 %). Por último el orden Trichoptera, Hydropsychidae, *Smicridea* (6,7 %).

Las estaciones que presentaron mayor abundancia de individuos en orden descendente fueron: 4, 3, 2 y 1. La estación 4 localizada en la subcuenca baja del río Gariché, está sometida a extracciones de arena y piedra, cultivos de diferentes productos agrícolas y sobre pastoreo. Sin embargo, los datos obtenidos indican que está área presenta la mayor abundancia de individuos.

Los resultados en ambas épocas del año pueden atribuirse a la menor altitud de la zona que permite la reproducción eficaz de los individuos, así como la temperatura, la disponibilidad de microhábitats, la corriente más lenta, y el aumento del caudal del río.

La estación 3 presenta características similares a la estación 4 que favorecen la mayor abundancia de insectos acuáticos en estas áreas. Tomando en consideración que en la estación 3 no se producen hasta el momento extracciones de arena y piedra. Sin embargo, esta estación está sometida a actividades antropogénicas como lo son: las inundaciones propias de la época lluviosa que hacen que se desvíe el afluente del agua.

Las características mencionadas y la gran cantidad de desechos no biodegradables encontrados en la zona como son bolsas y botellas de plástico, lonas y desechos de redes de pesca explican los resultados de abundancia encontrados.

La estación 2 se encuentra en la subcuenca alta del río, esta zona de recolecta al estar en una finca ganadera recibe vertidos de materia orgánica de la misma, así también está expuesta a actividades agrícolas de la zona, lo que puede explicar la disminución en la abundancia de individuos. Esta estación de muestreo presenta

corrientes rápidas que pueden arrastrar a los insectos acuáticos y temperaturas muy frías.

En la estación 1 la baja abundancia se debe principalmente al vertido de desechos de agrofloristería, ubicada a pocos metros del área de recolecta, así como las pocas cantidades de hojarasca y piedra, microhábitats de los macroinvertebrados acuáticos. Al estar cerca de la cabecera del río esta estación muestra tendencia a bajas temperaturas factor fisicoquímico determinante en la abundancia de macroinvertebrados.

La diversidad de géneros de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché, fue mayor en época seca sin embargo, en época lluviosa se encontraron géneros no identificados en época seca. Estos géneros fueron: *Belostoma* (Belostomatidae), *Aquarius* (Gerridae), *Ambrysus* y *Pelecoris* (Naucoridae) del orden Hemiptera; *Traverella* (Leptophlebiidae) del orden Ephemeroptera y *Gonielmis* (Elmidae) del orden Coleoptera.

Factores fisicoquímicos evaluados indican baja concentración de oxígeno disuelto y el pH ácido en ésta época del año, que afectan de manera significativa la abundancia y diversidad en un ecosistema acuático.

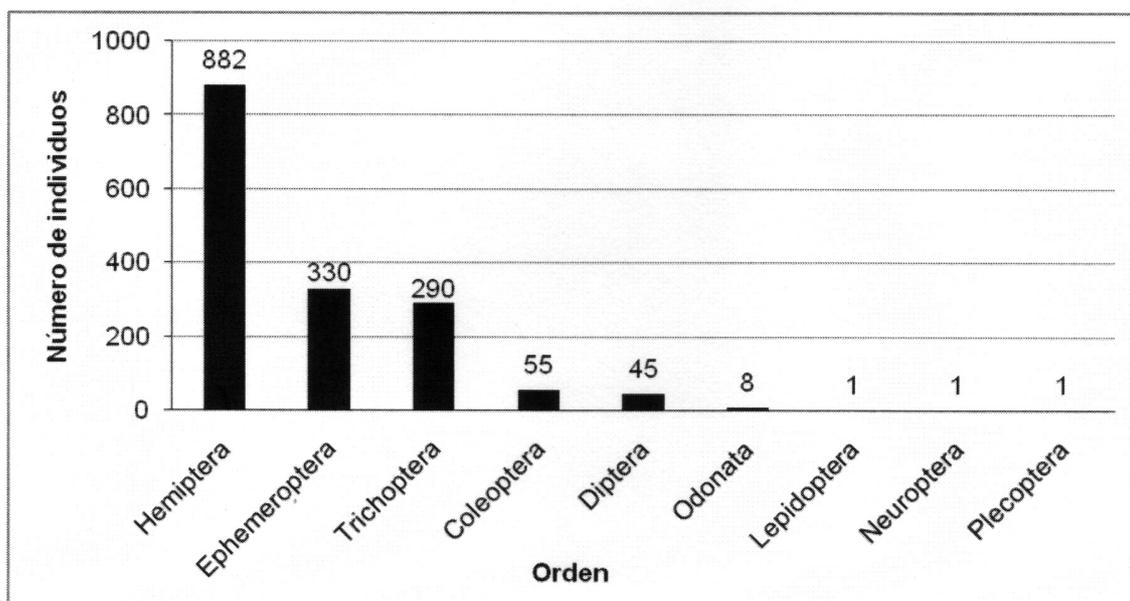


Figura 4.- Abundancia de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la subcuenca alta y baja del río Gariché, julio a octubre de 2010

Cuadro 7.- Diversidad de insectos acuáticos encontrados en la parte alta y baja del río Gariché, en la estación lluviosa (julio a octubre de 2010).

Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4	Total	%
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	1	0	0	0	1	0,1
		<i>Dactylobaetis</i>	0	0	3	2	5	0,3
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	16	39	33	12	100	6,2
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	10	27	96	90	223	13,8
		<i>Traverella</i>	0	0	0	1	1	0,1
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	1	0	1	0,1
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	0	0	4	2	6	0,4
	Libellulidae	Sin determinar	0	0	1	0	1	0,1
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	1	0	1	0,1
Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	0	0	1	0	1	0,1
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	0	0	2	0	2	0,1
	Gerridae	<i>Aquarius</i>	0	0	2	1	3	0,2
		<i>Metrobates</i>	23	21	29	70	143	8,9
	Naucoridae	<i>Ambrysus</i>	0	0	0	1	1	0,1
		<i>Pelecoris</i>	0	0	2	0	2	0,1
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	64	74	239	354	731	45,3
Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i>	0	0	3	5	8	0,5
	Elmidae	<i>Gonielmis</i>	0	0	0	1	1	0,1
	Lampyridae	Sin determinar	0	0	1	0	1	0,1
	Psephenidae	<i>Psephenops</i>	1	3	14	27	45	2,8
Trichoptera	Helicopsychidae	Sin determinar	1	0	0	0	1	0,1
	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	36	52	12	8	108	6,7
	Hydroptilidae	Sin determinar* (P)	0	0	0	3	3	0,2
	Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	21	16	1	1	39	2,4
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i>	0	1	0	0	1	0,1
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	4	7	26	8	45	2,8
	Limnephilidae	Sin determinar	4	3	41	21	69	4,3
		Sin determinar* (P)	0	0	17	7	24	1,5
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	24	16	3	2	45	2,8
Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	0	0	0	1	1	0,1
<b>Total</b>	<b>25 familias</b>	<b>30 géneros</b>	<b>205</b>	<b>259</b>	<b>532</b>	<b>617</b>	<b>1613</b>	<b>100,0</b>

\*(P): pupa.

#### **6.4.- Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta versus subcuenca baja del río Gariché, encontrados de enero a octubre de 2010 (época seca y lluviosa).**

En la subcuenca alta del río Gariché, se registraron un total de 1936 macroinvertebrados acuáticos, agrupados en 25 géneros, 19 familias y 8 órdenes de la Clase Insecta (Figura 5).

Los órdenes con mayor abundancia de familias y géneros fueron: Trichoptera (7,9), Ephemeroptera (3,5) y Diptera (3,3). El orden Hemiptera presentó 2 familias y dos géneros y los órdenes Coleoptera, Lepidoptera, Neuroptera y Odonata registraron una familia y un género cada uno.

La abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Gariché, para ambas épocas del año se describe de la siguiente manera: 1,433 individuos del orden Trichoptera (74,0 %), 257 individuos del orden Hemiptera (13,3 %), 163 individuos del orden Ephemeroptera (8,4 %), 60 individuos del orden Diptera (3,1 %) y 9 individuos del orden Coleoptera (0,46 %). El orden Lepidoptera presentó 5 individuos (0,26 %), el orden Odonata 7 individuos (0,36 %) y el orden Neuroptera 2 individuos (0,10 %).

Los géneros más abundantes del estudio fueron: el orden Trichoptera con tres familias representativas: Leptoceridae, género *Atanatica* con 639 individuos, Hydropsychidae, género *Smicridea*; con 509 individuos y Glossosomatidae, con el género *Glossosoma*; con 141 individuos (Figura 4). Siguen los órdenes Hemiptera, también con dos familias: Veliidae, género *Rhagovelia*; con 142 individuos y Gerridae, *Metrobates*; con 115 individuos. Cabe destacar la presencia de la familia Chironomidae en una de las dos estaciones de la subcuenca alta, la cual es considerada como un indicador biológico de baja calidad de las aguas (Merrit & Cummins 1978).

La subcuenca alta (1320-1374 m.s.n.m.) se encuentra dentro del rango de altitud de 1000 a 2000 m.s.n.m. donde se ubican temperaturas que pueden fluctuar de 18,0-25,0 °C.

La abundancia de organismos acuáticos, probablemente está determinada por la altitud de la zona y por la temperatura del agua (Roldán 2000). Así también, la respuesta a tóxicos se traduce en un descenso tanto de la diversidad como de la abundancia con la eliminación de organismos sensibles, además que no hay fuentes adicionales de alimento para las formas tolerantes (Metcalf 1989).

En la subcuenca baja del río Gariché, se registraron un total de 3,027 macroinvertebrados acuáticos, agrupados en 44 géneros, 28 familias y 9 órdenes de la Clase Insecta (Figura 4), encontrados de enero a octubre de 2010 (época seca y lluviosa).

La abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca baja del río Gariché, para ambas épocas del año se describe de la siguiente manera: 1624 individuos del orden Hemiptera (53,6 %), 565 individuos del orden Ephemeroptera (18,7 %) y 411 individuos del orden Coleoptera (13,6 %).

El orden Trichoptera presentó 312 individuos (10,3 %), el orden Odonata presentó 82 individuos (2,7 %), el orden Neuroptera 14 individuos (0,46 %), el orden Diptera 10 individuos (0,3 %), el orden Plecoptera 5 individuos (0,2 %) y el orden Lepidoptera 4 individuos (0,1 %).

Los géneros más abundantes del estudio fueron: el orden Hemiptera con dos familias representativas: Veliidae, género *Rhagovelia*; con 1240 individuos y Gerridae, género *Metrobates*; con 258 individuos y el género *Trepobates*; con 117 individuos.

Estos datos coinciden con los estudios realizados por Rodríguez & Mendoza (2002), en el río Agüé, Veraguas donde se registra al género Hemiptera como el más abundante en esta región. El orden Ephemeroptera: con la familia Leptophlebiidae, género *Thraulodes*; con 502 individuos y el orden Coleoptera: familia Psephenidae, género *Psephenops*; con 387 individuos.

La subcuenca baja (68-213 m.s.n.m.) se encuentra dentro del rango de altitud de 0-1000 m.s.n.m. donde se ubican temperaturas que pueden fluctuar de 25-30 °C. La temperatura y la altitud son factores que benefician la reproducción y la cantidad de sustrato encontrados en un ecosistema acuático (Roldán 2000).

Estudios documentados en la provincia de Veraguas por Rodríguez & Sánchez (2001), en el río Santa Clara, registraron 54 géneros agrupados en 27 familias y 6 órdenes. Así también, Rodríguez & Lombardo (2007), en el río Santa María, encontraron 56 géneros incluidos en 32 familias y 7 órdenes.

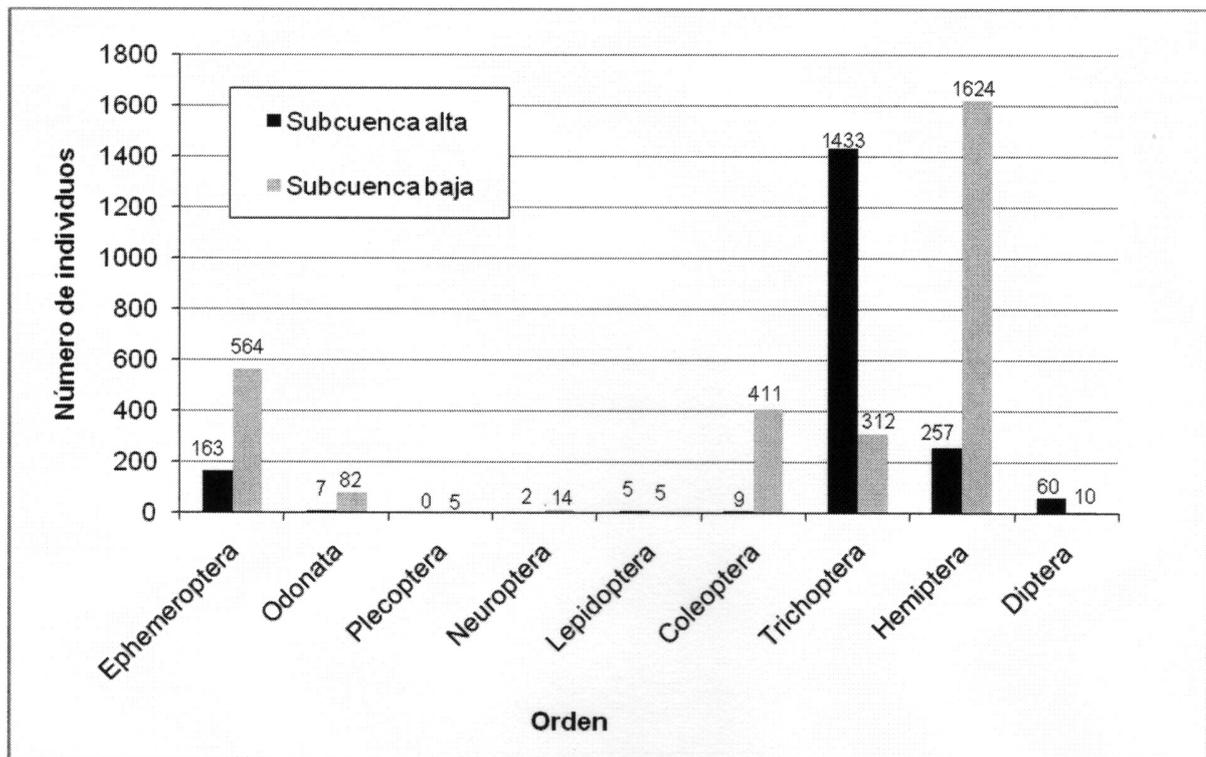


Figura 5.- Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta y baja del río Gariché, encontrados de enero a octubre de 2010 (época seca y lluviosa)

### 6.5.- Índice de diversidad

En época seca (enero a abril de 2010) el índice de diversidad biológica de Shannon-Weaver para los macroinvertebrados acuáticos identificados en la subcuenca alta y baja del río Gariché fue de  $H' = 2,36$ . Esto indica una diversidad media para esta época del año, tomando en consideración que valores de  $H' > 1,50$  a 2,70 demuestran zonas de diversidad media (Cuadro 8). Son varios los factores

a 2,70 demuestran zonas de diversidad media (Cuadro 8). Son varios los factores que afectan de manera directa la diversidad de este cuerpo de agua. Entre ellos están el vertido de desechos por parte de la agrofloristería al cauce del río en su subcuenca alta y la extracción de grandes cantidades de arena y piedra en la subcuenca baja. Así también, factores fisicoquímicos como cambios en la temperatura propios de la época en ambas subcuencas son la posible causa de los resultados obtenidos. El número de organismos encontrados fue de 3,351, con una riqueza de especies de 38 y una uniformidad de 0.64955. Tomando en consideración la subcuenca alta, media y baja los trabajos realizados por Pino & Bernal (2009), en el río David obtuvieron una diversidad alta ( $H' = 2,75$ ), de igual manera datos presentados por González (2010), en el río Mula indican diversidad alta ( $H' = 2,91$ ) en época seca.

El índice de diversidad biológica de Shannon-Weaver, para los macroinvertebrados acuáticos identificados en época lluviosa (julio-octubre de 2010) en la subcuenca alta y baja del río Gariché fue de  $H' = 1,94$ , lo que indica una diversidad media, de la misma manera que en época seca, tomando en consideración que valores de  $H' > 1,50$  a 2,7 demuestran zonas de diversidad media (Cuadro 7). El número de organismos encontrados fue de 3,351, con una riqueza de especies de 38 y una uniformidad de 0,57257. En el periodo de lluvias aumentan los factores que afectan la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el cauce del río.

Factores que pueden afectar en ambas épocas del año la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos son: el descenso de la temperatura, las intensas lluvias que aumentan grandemente la corriente de agua y propician que los macroinvertebrados sean arrastrados corriente abajo.

Cuadro 8. Diversidad de los de insectos acuáticos encontrados durante la época seca (enero a abril de 2010) y lluviosa (julio a octubre de 2010) en la subcuenca alta y baja del río Gariché.

Variable	Periodo de muestreo	
	Época seca	Época lluviosa
Número de individuos	3,351	1,613
Riqueza de especies	38	30
Índice de Shannon-Weaver (H')	2,36	1,94

H' ≤ 1.5= diversidad baja, 1.5 < H' < 2.7= diversidad media, H' ≥ 2.7= diversidad alta.

### 6.6.- Índice de similitud

El análisis del coeficiente de Jaccard mostró que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos responde diferencialmente a las condiciones de los ambientes estudiados, ya que las agrupaciones confirman similitudes entre los 33,0 % y 76,9 % (Cuadro 9). En época seca la subcuenca alta y baja del río Gariché presenta una similitud más alta entre las estaciones 1 y 2 con 65,2 %, las estaciones 2 y 4 con 58,6 % y las estaciones de muestreo 3 y 4 con 57,6 % de similitud. La similitud media se registró entre las estaciones 1 y 4 con 50,0 % y la más baja similitud se confirma entre las estaciones de estudio 1 y 3 con 33,3 % y 2 y 3 con 41,2 % (Cuadro 9). Los resultados que brinda el Índice de Jaccard para las estaciones donde se encontró mayor similitud (estación 1 y 2), es atribuible a factores como la temperatura, la poca vegetación presente en el área, así como también la abundante presencia de materia orgánica. Las estaciones donde los datos muestran una baja similitud se encuentran en diferentes niveles altitudinales de la subcuenca, es decir, al comparar las estaciones de muestreo 1 y 3 y 2 y 3 se debe tener presente que la estación 3, pertenece a la subcuenca baja. Aunque no se pueden descartar con seguridad otros factores estos datos son el resultado de cambios propios de las áreas de muestreo, como lo son la temperatura del agua, las adaptaciones fisiológicas de los organismos, la amplitud del cauce, el nivel de oxígeno y la corriente del cuerpo de agua (Roldán 2000).

El análisis con el índice de Jaccard indica para la época lluviosa muestra valores que se encuentran entre el 41,7 % hasta el 76,9 % de similitud. Para esta época del año las estaciones con mayor similitud fueron: la 1 y 2 con 76,9 % y la 3 y 4 con 55,6 %; la similitud media se observó en las estaciones 2 y 4 con 47,6 % y 1 y 4 con 45,5 % en la subcuenca alta y baja del río Gariché. La similitud más baja según el índice de Jaccard se presenta en las estaciones 2 y 3 con 43,5 % y la 1 y 3 con 41,7 % (Cuadro 9). Las estaciones de muestreo 1 y 2 con mayor similitud pertenecen a la subcuenca alta, cerca del nacimiento del río Gariché las cuales poseen un caudal de corriente rápida y una oxigenación dentro de los valores normales. Estas estaciones con clima similar, presentan pocos microhábitats para los macroinvertebrados acuáticos, posiblemente debido a las fuertes corrientes existentes en ésta área de estudio, notándose principalmente la presencia de sustrato areno-rocoso. Las estaciones 3 y 4 ubicadas en la subcuenca baja del río, poseen velocidad de corriente moderada, microhábitats más variado con presencia de rocas, hojarasca, y gran cantidad de vegetación marginal lo que representa un mayor recurso alimenticio para estos organismos. La temperatura es un factor determinante pues no varía de manera significativa entre las cuatro estaciones de muestreo comparadas. En época lluviosa la baja similitud es debido posiblemente, al igual que en época seca, a la ubicación de las estaciones de muestreo en diferentes niveles altitudinales a lo largo de la subcuenca. Los macroinvertebrados acuáticos presentes en la subcuenca alta del río, poseen adaptaciones de estructuras o de comportamiento diferentes a los que pueden presentar los organismos de la subcuenca baja. Estas adaptaciones les permiten sobrevivir o ser tolerantes a cambios en el pH, oxígeno disuelto y conductividad evaluados en éste estudio.

Cuadro 9. Porcentaje de Similitud (Índice de Jaccard) de las comunidades de insectos acuáticos en cuatro estaciones de muestreo en la subcuenca alta y baja del río Gariché, época seca y lluviosa.

Época del año	Estación	2	3	4
Seca	1	0.652 (65.2 %)	0.333 (33.3 %)	0.500 (50.0 %)
	2	-	0.412 (41.2 %)	0.586 (58.6 %)
	3	-	-	0.576 (57.6 %)
Lluviosa	1	0.769 (76.9 %)	0.417 (41.7%)	0.455 (45.5%)
	2	-	0.435 (43.5%)	0.476 (47.6%)
	3	-	-	0.556 (55.6%)

#### 6.7.- Índice biótico de calidad de aguas BMWP'/Col. (Biological Monitoring Working Party)

Los valores BMWP'/Col. en la época seca en la subcuenca alta y baja del río Gariché fueron los siguientes: 115, 126, 153 y 151 para las estaciones 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Los valores mayores a 150 y de 101-120 indican que la calidad del agua del río Gariché durante la época seca es buena Clase I, aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas (Cuadro 10). La disminución del caudal, debido al inicio de la época seca es un factor determinante al observar los valores BMWP'/Col. En esta época del año los macroinvertebrados acuáticos no están sometidos a corrientes fuertes que los arrastren y los expongan a depredadores u otros factores, lo que mantiene en ambas subcuencas tanto a organismos tolerantes o intolerantes a diferentes grados de contaminación (Roldán 2003).

El índice BMWP'/Col. en época lluviosa mostró los siguientes valores: 94, 84, 149 y 119, para las estaciones 1, 2, 3 y 4, respectivamente en la subcuenca alta y baja del río Gariché. Los resultados obtenidos en las estaciones 1 y 2 entre 61-100 muestran aguas Clase II aceptable, aguas ligeramente contaminadas. Esto podría atribuirse a la presencia de tenses ambientales como, los vertidos contaminantes en tierras altas, la deforestación, abundantes lluvias de la época o la erosión que son comunes en el área (Viterbo & Lombardo 2008). También, el flujo constante de

sedimento a las aguas del río, producto de la actividad de remoción de tierra para la construcción de una hidroeléctrica, afectan la composición y estructura de las comunidades de organismos acuáticos. Los valores de las estaciones 3 y 4 ámbitos entre >150, 101-120 demuestran que el agua es de calidad buena, aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas (Cuadro 10). Los valores obtenidos indican que los organismos encontrados presentan adaptaciones a determinadas condiciones ambientales en el ecosistema acuático y tienen límites de tolerancia a las diferentes alteraciones del mismo (Alba-Tercedor 1988).

Cuadro 10.- Índice biótico BMWP'/Col. para calidad de agua, en época seca y lluviosa de la subcuenca alta y baja del río Gariché.

Época del año	Estaciones de muestreo			
	E1	E2	E3	E4
Seca	115	126	153	151
Lluviosa	94	84	149	119

## 6.8.- Parámetros fisicoquímicos analizados en el estudio

### 6.8.1.- LDO

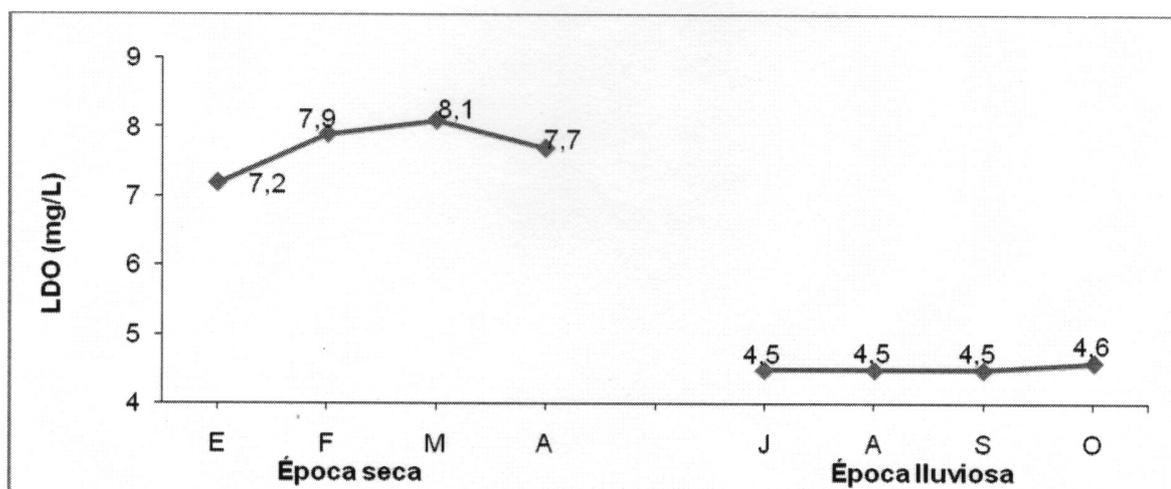


Figura 6.- Valores promedio de LDO obtenidos en las cuatro estaciones de muestreo de la subcuenca alta y baja del río Gariché, en época seca y lluviosa (2010).

En la época seca se obtuvieron valores de LDO entre los 7,2 y 7,7 mg/L estos resultados indican que el agua del río Gariché, está dentro del rango normal aceptable (7,0 – 8,0 mg/L) en cuanto a disponibilidad de oxígeno en esta época del año. La causa posible se atribuye a la corriente rápida y turbulenta del cuerpo de agua. Sin duda el oxígeno disuelto es un indicador por excelencia de la calidad de las aguas superficiales, al ser un factor fundamental para la vida de los organismos acuáticos. El oxígeno disuelto en el agua proviene de la actividad fotosintética que es mayor en las capas superiores bien iluminadas (Roldán 200).

Para la época lluviosa el promedio de LDO (Oxígeno disuelto) estuvo entre los 4,5 y 4,6 mg/L, resultados que indican que las aguas del río Gariché están en un nivel bajo de oxígeno (Figura 6). Esto puede atribuirse a la materia orgánica que arrastra el río por las lluvias. La demanda biológica de oxígeno, es uno de los parámetros ambientales que más afectan la estructura de la comunidad de organismos acuáticos (Pavé & Marchese 2005).

### 6.8.2.- pH

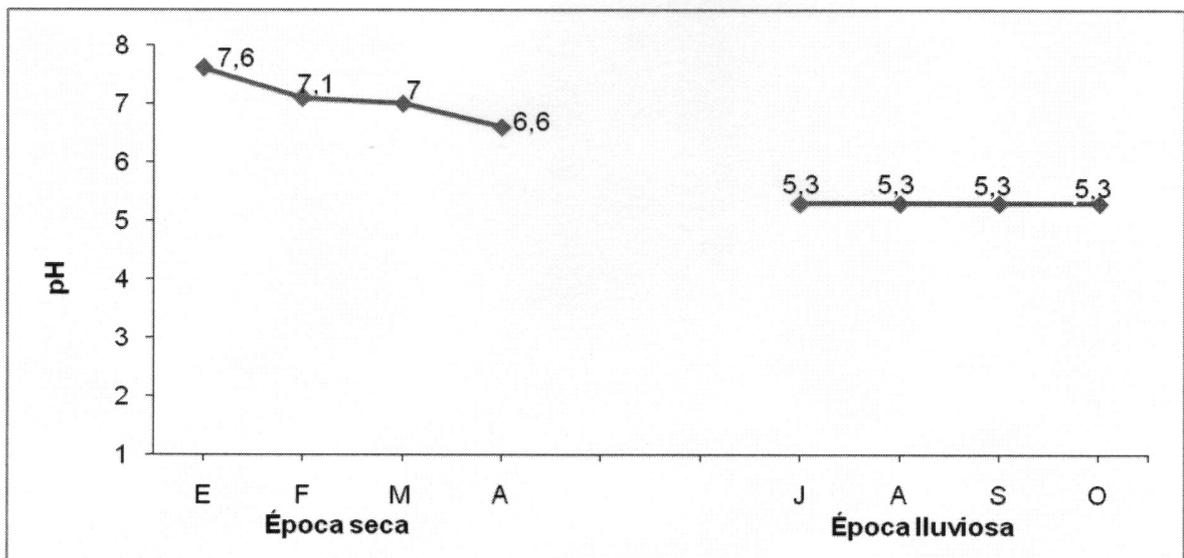


Figura 7.- Valores promedio de pH obtenidos en las cuatro estaciones de muestreo de la subcuenca alta y baja del río Gariché, en época seca y lluviosa (2010).

En época seca se registró un pH promedio entre 6,6 y 7,6, lo que indica resultados aceptables de pH cercano a la neutralidad, si consideramos que de 6,0-8,5 son los valores normales de esta variable. El pH es otro de los parámetros que afecta de manera esencial los procesos biológicos, ya que algunos organismos solo pueden sobrevivir en un intervalo específico de pH (Figura 7). Los resultados obtenidos en época lluviosa están entre 5,2 y 5,3, estos valores muestran un pH ligeramente ácido. El pH se mantuvo en un intervalo estrecho pero indicando aguas con un pH menor que en época seca, situación que afecta a los organismos acuáticos sensibles al grado de acidez. La ligera acidificación del agua en periodo de lluvias indica que esta cambia químicamente, por diversas causas como la acumulación de sedimentos, vertidos de desechos agrícolas y de ganadería, lo que ocasiona una mayor turbidez de la corriente del cuerpo de agua. Esto podría ser un factor que también afecta la diversidad de los organismos en la época lluviosa, aunado al factor de la corriente del agua. En época lluviosa se registran menor abundancia de macroinvertebrados acuáticos, según Allan (1995), citado por Arocena *et al.* (2000), el pH es uno de los factores abióticos que más influyen sobre la estructura de las comunidades lólicas.

### 6.8.3.- Conductividad

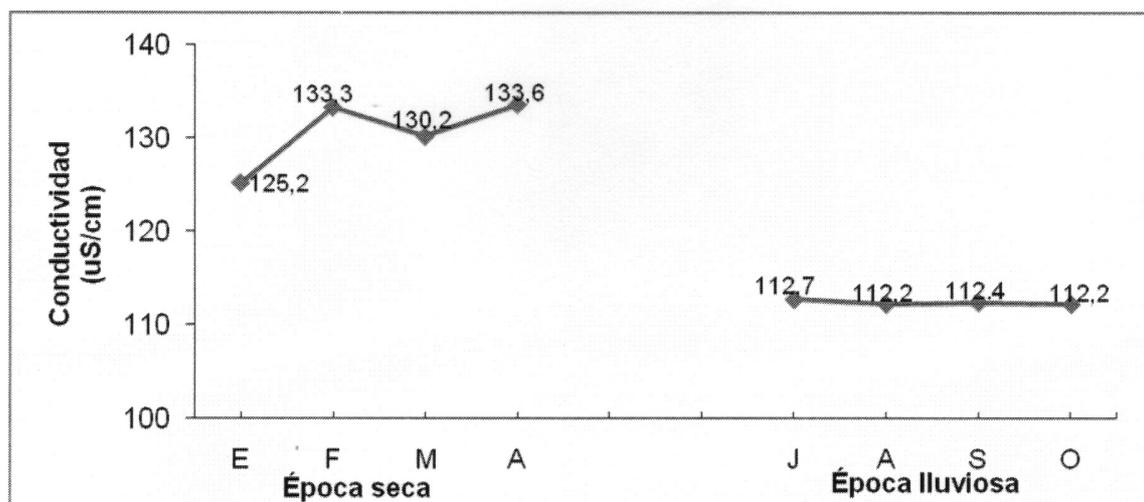


Figura 8.- Valores promedios de conductividad obtenidos en las cuatro estaciones de muestreo de la subcuenca alta y baja del río Gariché, en época seca y lluviosa (2010).

La conductividad eléctrica obtenida en época seca se encuentra en un ámbito entre 125,2-133,6 uS/cm, por lo que se mantiene dentro de los valores normales que están entre 100 y 2 000 uS/cm. Considerando que hubo un ascenso de estos valores de enero hasta abril, iones como el calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, sulfatos y cloratos son responsables de la conductividad de un ecosistema, lo que sugiere que están presentes en la subcuenca alta y baja del río Gariché (Figura 8).

Para época lluviosa se presentaron valores de 112,7-112.2 uS/cm. Estos resultados con poco intervalo nos siguen indicando una buena conductividad, aunque nos muestra una concentración menor de iones que en época lluviosa. Estudios realizados indican que la conductividad tiende a disminuir en época lluviosa, específicamente en los meses de octubre y noviembre, resultados similares a los obtenidos (Pavé & Marchese 2005).

## **6.9.- Descripción de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en éste estudio**

### **6.9.1.- Orden Coleoptera**

El orden Coleoptera, con aproximadamente 12 000 especies, acuáticas son insectos holometábolos, con un desarrollo en cuatro fases: huevo - larva - pupa y adulto.

#### **Ecología**

Los coleópteros acuáticos tienen una amplia diversidad de adaptaciones para la vida en el agua, presentes tanto en larvas como en adultos; por ejemplo una estructura llamada plastrón, la cual utilizan para atrapar una película de oxígeno (familia Elmidae) y así pueden sumergirse dentro del agua por largos periodos de tiempo. Otras adaptaciones son: un cuerpo aplanado dorsoventralmente

(Psephenidae) y fuertes uñas en las patas (Elmidae) con las cuales se aferran al sustrato en la corriente de flujo rápido.

La alimentación varía ampliamente de acuerdo a las familias y del estadio de desarrollo. Los hay depredadores, herbívoros (raspadores), carroñeros, y los que se alimentan de materia orgánica en descomposición y de tejidos de plantas acuáticas. En general, los escarabajos acuáticos son buenos indicadores de la calidad ecológica del agua y su entorno. Debido a sus amplios ámbitos de requerimientos ecológicos y biológicos, los coleópteros pueden indicar contaminación por detergentes que rompen la tensión superficial que se forma en el plastrón (Brown 1987, citado en Gutiérrez 2010).

### **Distribución geográfica**

Los coleópteros se distribuyen en todos los continentes con excepción de la Antártida, aunque algunos se encuentran en islas subantárticas.

### **Taxonomía**

Los Coleópteros acuáticos adultos se caracterizan por poseer un cuerpo compacto, antenas visibles y, por general, varían en forma y número de segmentos. (Roldán 1988).

### **6.9.2.- Orden Hemiptera**

Este orden se divide en dos grupos: Heteroptera y Homoptera, el primero comprende todas las familias de hemípteros acuáticos, además de otras familias terrestres. El grupo Homoptera es primordialmente terrestre y solo tiene unos pocos representantes asociados con el agua, que pueden ser considerados marginalmente semiacuáticos.

Los también llamados “chinchas de agua” son hemimetábolos (con metamorfosis incompleta), tienen una etapa de huevo, luego varios estadios ninfales, típicamente cinco en los que crecen y cambian de exuvia (“muda”) hasta alcanzar

el estadio adulto, el cual es sexualmente maduro (Mazzucconi *et al.* 2009, citados en Pacheco 2010).

### **Ecología**

Los hemípteros que se relacionan con el agua, pueden ser semiacuáticos, viviendo sobre la superficie del agua, en piedras, hojarasca o en las orillas de los cuerpos de agua; o bien pueden ser acuáticos, habitando dentro del agua. Sin embargo, para efectos prácticos nos referiremos a todos ellos como hemípteros acuáticos. Los heterópteros son insectos comunes en los cuerpos de agua y son numerosos en las zonas tropicales. Se les encuentra en una amplia variedad de ambientes naturales, tanto lénticos (aguas estancadas) como lóticos (aguas con corriente), e inclusive los subórdenes acuáticos tienen representantes que habitan en ambientes terrestres húmedos. También se encuentran especies de varias familias en ambientes costeras y oceánicas, tales como Gelastocoridae, Gerridae, Veliidae, Mesoveliidae y Saldidae. Son depredadores y carroñeros, que se alimentan de cualquier presa que puedan dominar, desempeñan un papel principal en los ecosistemas acuáticos y son indicadores potenciales de calidad biológica de hábitats acuáticos (Mazzucconi *et al.* 2009, citados en Pacheco 2010).

### **Distribución geográfica**

Los hemípteros acuáticos son cosmopolitas e incluso habitan la Antártida.

### **Taxonomía**

Los Hemípteros se caracterizan por tener las partes bucales modificadas y tener un "pico" chupador insertado cerca al extremo anterior de la cabeza. En las ninfas y adultos, los ojos son usualmente prominentes y bien desarrollados; el ocelo puede estar presente o no en las formas aladas; en algunos las antenas están de tres, cuatro segmentos y son muy conspicuas (Roldán 1988).

### **6.9.3.- Orden Lepidoptera**

Este orden se estima que a nivel mundial está compuesto por unas 100 000 especies descritas. Los lepidópteros acuáticos también han sido utilizados como especies indicadoras de la calidad ecológica del agua. La mayoría de larvas acuáticas de Lepidoptera son hidropnéusticas (obtienen el oxígeno directamente del agua), y para ello, muchas poseen agallas filamentosas sobre buena parte del cuerpo, pudiendo ser estas estructuras más numerosas con la edad de la larva, alcanzando, algunas veces cantidades de 400 o más (McCafferty 1998).

#### **Ecología**

Se conocen la ocurrencia de al menos cinco familias de lepidópteros acuáticos. Sin embargo, la familia que colonizó de manera importante el ambiente acuático es Crambidae. La mayoría de las especies de mariposas acuáticas son fitófagas, se alimentan de tallos, raíces y hojas de plantas acuáticas. Otras raspan el perifiton que crece sobre las rocas y otros sustratos sumergidos (Mey & Speidel 2008, citados en Serrano 2010).

#### **Taxonomía**

Las larvas de este grupo de insectos acuáticos tienen cuerpo largo y cilíndrico; pueden llegar a medir entre 3 y 75 mm de longitud en su completo desarrollo, y muestran una porción cefálica claramente diferenciada; ésta presenta dos cortas antenas y dos anillos laterales de ojos simples, las partes bucales están adaptadas para la masticación y así sus mandíbulas están en posición opuesta entre sí. La cabeza posee un órgano especializado en la producción de seda. Las larvas poseen tres pares de patas torácicas y cinco pares de propatas carnosas en los segmentos abdominales 3, 4, 5, 6 y 10; siendo provistos cada uno de ellos con series de diminutos ganchitos. En algunas especies se presentan agallas (branquias) respiratorias filamentosas en muchos de los segmentos torácicos y abdominales, pero en otras especies pueden faltar (Mey & Speidel 2008, citados en Serrano 2010).

### **Distribución geográfica**

En general el orden Lepidoptera, tradicionalmente considerado como un grupo de insectos terrestres, está ampliamente distribuido por todo el mundo. Sin embargo, es poco lo que se conoce de la distribución de las especies acuáticas o semiacuáticas

(Serrano 2010).

### **6.9.4.- Orden Odonata**

Los insectos del orden Odonata son comúnmente conocidos como libélulas, caballitos del diablo o gallegos. A nivel mundial han sido descritas alrededor de 5 600 especies y su ciclo de vida puede durar desde unas pocas semanas hasta varios años. Son insectos hemimetábolos (desarrollo simple o directo: huevo - ninfa o náyade - adulto), desarrollándose en diferentes ambientes acuáticos. Como en muchos otros insectos acuáticos, cada especie posee diferente número de generaciones por año (Rodríguez & Aguilar 2009, citados en Sermeño 2010).

### **Ecología**

Los Odonata son depredadores tanto en estado de náyade como de adulto. Se alimentan de diferentes especies de insectos, especialmente del orden Díptera, y las libélulas adultas ejercen un control biológico muy importante sobre las poblaciones de mosquitos. Las náyades del orden Odonata habitan en diferentes ambientes acuáticos como pozos, pantanos, márgenes de lagos, corrientes lentas y poco profundas o en el lecho de ríos y quebradas, donde generalmente existe abundante vegetación ya sea sumergida o emergente. Dependiendo de la especie, se encuentran en aguas limpias o ligeramente contaminadas, aunque hay varias especies (de distintas familias) que pueden tolerar ambientes altamente contaminados. También hay especies, de las familias Libellulidae y Aeshnidae, que habitan en ambientes salobres (McCafferty 1998).

### **Distribución geográfica**

Son cosmopolitas, encontrándose a nivel mundial en diversos hábitats.

### **6.9.5.- Orden Plecoptera**

Los plecópteros se conocen como “moscas de piedra”, debido a que sus estados inmaduros (ninfas) se ubican debajo de las piedras en los lugares torrentosos de los ríos (Rojas & Zúñiga 1995). También es común observar en los ríos donde habitan los plecópteros, las exuvias (cutícula de la ninfa que deja al emerger el adulto) sobre las rocas. El orden Plecoptera es un pequeño grupo de insectos acuáticos hemimetábolos (de desarrollo directo o simple, sin estadía de pupa), con alrededor de 3,500 especies distribuidas en 15 familias (Gutiérrez 2010).

### **Ecología**

Los plecópteros tienen un gran valor ecológico en los ecosistemas acuáticos. Muchas especies, son importantes desmenuzadores de hojas, las cuales caen en los arroyos. Estas especies desmenuzadoras convierten una fuente de materia orgánica de gran tamaño a partículas de menor tamaño a través de la alimentación y defecación. Estas partículas orgánicas pequeñas son llevadas por las corrientes del arroyo y capturadas por muchos otros organismos. Las ninfas de Plecoptera son miembros muy importantes de los ecosistemas acuáticos, tanto lénticos como lóuticos. Prefieren las aguas frías bien oxigenadas y se establecen debajo de las piedras entre la vegetación o en las orillas de los estanques (Williams & Feltmate 1992, citados en Gutiérrez 2010).

### **Distribución geográfica**

La biogeografía de Plecoptera es poco conocida en el área Tropical y Neotropical por falta de estudios sistemáticos, distribución y ecológicos (Rojas & Zúñiga 1995).

## **Taxonomía**

El orden es fácilmente reconocido por varias características morfológicas: cuerpo suave y alargado, tres segmentos en los tarsos, antenas largas y filiformes, ojos compuestos en posición lateral y dos o tres ocelos (ojos simples) en posición dorsal, un par de cercos largos, abdomen de 10 segmentos. Los adultos son muy similares a las ninfas, solo que éstos poseen dos pares de alas membranosas, aunque en algunos casos pueden estar reducidas o ausentes. En cuanto a las ninfas, una característica para diferenciar entre las familias, es la posición de las branquias. Estas pueden estar ubicadas en el tórax, entre los cercos (branquias anales), en los primeros segmentos del abdomen, o en algunos casos pueden estar ausentes (Gutiérrez 2010). El género *Anacroneuria* (Familia Perlidae) está constituido de alrededor de 302 especies descritas, lo que lo hace el género más diverso del orden Plecoptera (Gutiérrez 2010).

### **6.9.6.- Orden Neuroptera**

Los neurópteros son insectos holometábolos (con metamorfosis completa) con estadios de huevo, larva, pupa e imago (adulto). Son tal vez los insectos más grandes y llamativos que se encuentran en el agua. Su coloración, por lo general, es oscura y se caracterizan por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes. Comúnmente denominados "muerde dedos" por su comportamiento agresivo. Las larvas son depredadoras voraces de las charcas y quebradas, y se alimentan hasta de invertebrados, pequeños peces y anfibios del fondo de esta agua (Roldán 1988).

## **Ecología**

Los neurópteros son mayoritariamente depredadores, aunque algunos adultos se alimentan de polen. Cazán principalmente otros artrópodos, algunos de los cuales, como los pulgones, son plagas para los vegetales, por lo que son útiles

reguladores de las poblaciones naturales de algunas especies de insectos (López 2010).

### **Distribución geográfica**

Los neurópteros o insectos de ala de encaje, están distribuidos en América, sin embargo, no se tiene clara su distribución.

### **Taxonomía**

Los adultos se caracterizan por poseer dos pares de alas membranosas con numerosas nervaduras que forman un retículo. Las larvas son muy móviles y activas, con las piezas bucales modificadas para perforar y chupar, con la fusión de los palpos maxilares con las mandíbulas. Las mandíbulas de las larvas son normalmente muy largas y en forma de tenaza. Producen enzimas digestivas que inyectan a sus presas y después las succionan (López 2010).

### **6.9.7.- Orden Diptera**

Es uno de los órdenes de insectos más diverso, con casi 153.000 especies descritas en el ámbito mundial y son insectos holometábolos o de metamorfosis completa,. Aunque los adultos de algunas pocas especies son brevemente acuáticos (mientras ovipositan o emergen de pupas sumergidas), sólo los estados inmaduros de ciertas especies pasan largos períodos de tiempo parcial- o completamente sumergidas (Merritt & Cummins 2008).

Las larvas de la mayoría de las especies pueden ser consideradas como acuáticas en un sentido amplio, pues para sobrevivir, deben estar en ambientes desde ligeramente húmedos a húmedos, como dentro de tejidos de plantas vivas, materia orgánica en descomposición, como parásitos de otros animales o en asociación con cuerpos de agua; siendo sólo este último hábitat considerado para incluir a las especies acuáticas (Merritt & Cummins 2008).

### **Ecología**

Los dípteros se pueden encontrar en una diversidad de hábitats, como ríos, arroyos, lagos, quebradas, depósitos de agua y hasta en costas marinas. La familia Simuliidae es indicadora de aguas muy limpias. Su alimentación es muy variada; unos son herbívoros, en tanto que otros son carnívoros (Menjivar 2010).

### **Distribución Geográfica**

El Orden Diptera es cosmopolita, es decir que se encuentra en todo el mundo, excepto en los polos y en el océano abierto, desde el extremo norte de Groenlandia, donde son los insectos más comunes, hasta pocas especies viviendo en la Antártida; además habitan desde las costas hasta las regiones nevadas (Menjivar, 2010).

### **Taxonomía**

Se caracterizan por no tener patas torácicas. Respiran a través de la cutícula o mediante sifones aéreos, agallas traqueales y pigmentos respiratorios (hemoglobina), para sobrevivir en zonas escasas en oxígeno, como en Chironomidae (Roldán 1996, McCafferty 1998).

### **6.9.8.- Orden Ephemeroptera**

Estos insectos son un orden exclusivamente acuático. Los adultos frágiles, con sus alas de aspecto vidrioso, a veces levemente manchadas. El cuerpo comúnmente es liso y brillante, y poseen dos o tres largos filamentos caudales. La morfología general del cuerpo de los adultos reviste especial importancia para los pescadores artesanales en América del Norte, ya que muchos anzuelos se ceban con imitaciones sintéticas de algunas especies que son presa apetecida por determinadas especies de peces, tales como las truchas (McCafferty 1998). Estos insectos tienen un alto potencial de reproducción, aunque hay variación en la

cantidad de huevos (algunas especies ponen entre 400 y 700 huevos, mientras que en otras la cantidad de huevos incubados ha llegado hasta 12 000 por hembra. (Dominguez *et al.* 2006, citado en Serrano 2010).

### **Ecología**

Los adultos de efímeras forman parte importante de las cadenas alimenticias, tanto terrestres como acuáticas, sirviendo de alimento a pájaros, ranas, libélulas y peces. Las ninfas son esencialmente herbívoras, transformando la biomasa vegetal en biomasa animal y siendo a su vez alimento potencial de gran variedad de depredadores dentro del ambiente acuático. Algunas pocas especies poseen hábitos alimenticios depredadores, consumiendo principalmente larvas de la Familia Chironomidae (Orden Diptera), mientras que otras especies consiguen alimento ayudados por sus partes bucales filtradoras, obteniendo partículas en suspensión dentro del agua. Las ninfas de Ephemeroptera por lo general habitan en aguas limpias y bien oxigenadas, siendo sensibles a la presencia de carga orgánica residual en el agua (con la excepción de algunas pocas especies); por tanto, son consideradas buenas indicadores de calidad del agua (Zúñiga & Rojas 1995).

### **Distribución geográfica**

Los efemerópteros constituyen un grupo de insectos cosmopolitas, solo ausentes en la Antártida y algunas islas oceánicas; el orden comprende un poco más de 3000 especies en 42 familias y alrededor de 400 géneros, a nivel mundial (Zúñiga & Rojas 1995).

### **Taxonomía**

Los insectos de este orden presentan “colas” (cercos largos y filamento caudal medio), presencia de gran número de venas intercalares y venas transversales en las alas y la incapacidad para plegarlas. Además, poseen ojos bien desarrollados, antenas delgadas y partes bucales masticadoras (McCafferty 1998).

### **6.9.9.- Orden Trichoptera**

A este orden pertenecen los insectos acuáticos holometábolos (con estadios de huevo – larva – pupa – adulto) y se considera un grupo relacionado con el orden Lepidoptera (mariposas y polillas) (Holzenthal *et al.* 2007). A nivel mundial se conocen alrededor de 13 000 especies de tricópteros, de 45 familias y 600 géneros. Sin embargo, varias estimaciones proponen que puedan existir más de 50 000 especies de este orden en el mundo (Holzenthal *et al.* 2007). El nombre Trichoptera deriva del griego y precisamente significa alas peludas (Rincón & Pardo 1995, McCafferty 1998). Se conoce que la mayoría de los adultos son de hábito de vuelo vespertino, cerca de los cuerpos de agua, donde ocurren las larvas, aunque existen muchas especies de hábitos diurnos (McCafferty 1998).

#### **Ecología**

En los ambientes acuáticos, los tricópteros revisten una gran importancia dentro de las cadenas alimenticias y el reciclaje de nutrientes. La capacidad de las larvas de producir seda y la cual ha resultado en una notable variedad de formas de estuches y refugios y su funcionamiento, ha permitido a este orden de insectos explotar exitosamente una gran cantidad de nichos ecológicos dentro de los ecosistemas de agua dulce, con mucha exclusividad. La producción de seda y la construcción de los refugios o estuches le proporcionan varias ventajas a las larvas, incluyendo camuflaje y protección contra depredadores, ayuda en la respiración, protección contra el arrastre por la corriente y también facilita la alimentación. En este orden, la alimentación de las larvas incluye filtradores y recolectores de partículas pequeñas de materia orgánica, algas unicelulares y protozoarios, raspadores de perifiton, fragmentadores (desmenuzadores) de materia orgánica particular u órganos sumergidos de plantas (p.ej. raíces), además de depredadores (Roldán 1996).

### **Distribución geográfica**

Los tricópteros se consideran cosmopolitas y están presentes en todos los continentes y regiones faunísticas, con excepción de los polos y algunas remotas islas oceánicas. Para la región Neotropical han sido mencionadas un total de 24 familias, dentro de las cuales se encuentran 15 familias con más de 460 especies (muchas de ellas endémicas) registradas para Costa Rica, el país centroamericano mejor estudiado en su fauna de tricópteros (Springer 2006).

### **Taxonomía**

El abdomen presenta nueve segmentos visibles sin pseudopatas en los segmentos intermedios. Sin embargo, todas las especies tienen un par de propatas provistas de uñas (o "ganchos") en el segmento caudal (final). Estas son cortas y pegadas en las larvas de especies formadoras de estuches, o largas y delgadas en las larvas de vida libre. Las larvas de Trichoptera carecen de espiráculos funcionales; pero en varias especies hay agallas (branquias) no retractiles, sobre todo en el abdomen, lo cual destaca que la respiración o intercambio gaseoso, ocurre por vía trans-cuticular. Cuando existen agallas, éstas pueden ser simples o presentar ramificación profusa (Korytkowski 1995). Una característica bien conocida y llamativa de las larvas es su capacidad de construir refugios o casitas (estuches) portátiles, por medio de una seda pegajosa producida en una glándula en las partes bucales de la larva, utilizando una gran variedad de materiales (Korytkowski 1995).

### **6.10.- Descripción de las familias y géneros más comunes encontrados durante el estudio**

A continuación se presenta la descripción de las familias de insectos acuáticos encontrados en la subcuenca alta y baja del río Gariché.

### 6.10.1- Orden Coleoptera

**Dryopidae:** La familia Dryopidae es fácilmente distinguible de otras familias debido a que tienen la antena pectinada (en forma de peine), aunque en muchas ocasiones las antenas pueden estar retraídas en unas cavidades debajo de la cabeza. Poseen uñas fuertes y largas, que les permiten adherirse al sustrato. El cuerpo es de color negro y puede ser glabro o pubescente, dependiendo del género. Las larvas son delgadas y cilíndricas. Cabeza retráctil en el tórax. En el noveno segmento abdominal poseen una cámara caudal con ganchos internos, pero sin branquias, y protegida por un opérculo (Gutiérrez 2010).

**Elmidae:** Las larvas poseen un cuerpo más o menos cilíndrico, delgado y completamente esclerotizado. Poseen un opérculo en el noveno segmento abdominal que cubre la región anal, donde se ubican las branquias, y un par de ganchos, en vista ventral. Las antenas son cortas. Poseen tres pares de patas bien desarrolladas. El cuerpo es color café oscuro o negro y puede ser glabro o pubescente. Las larvas se encuentran en troncos sumergidos, hojas en descomposición, raíces sumergidas y sobre rocas, donde se alimentan de materia vegetal en descomposición y algas. En general, los élmidos son muy abundantes y diversos en ríos de aguas bien oxigenadas y con presencia de abundante materia orgánica en descomposición, como hojarasca y madera (Gutiérrez 2010).

**Hydrophilidae:** Los adultos varían en tamaño de 4 mm hasta 4 cm, con el cuerpo ovalado, hidrodinámico y glabro, variando en coloración. Generalmente poseen filas de pelos en las patas traseras.

Las larvas pueden tener un tamaño que va desde 1.5 cm hasta 4 cm. Poseen un cuerpo delgado y suave, más o menos cilíndrico, con 8 o 10 segmentos abdominales. Algunas especies poseen agallas laterales. La mayoría poseen espiráculos terminales, patas largas y delgadas, que terminan en una uña fuerte. Las mandíbulas con hasta tres pares de apéndices (Gutiérrez 2010).

**Lampyridae:** Familia poco conocida, larvas de 3 a 15 mm, con palpos maxilares bien desarrollados, último segmento abdominal bien diferenciado (Roldán 2000). El cuerpo es delgado, aplanado dorsoventralmente y relativamente suave. La cabeza puede retraerse un poco dentro del tórax y el pronoto (primer segmento del tórax), expandido dorsalmente cubre la parte superior de la cabeza. Poseen espiráculos en los primeros ocho segmentos abdominales, el noveno y décimo segmento son reducidos. Las mandíbulas son acanaladas, a través de las cuales inyectan enzimas digestivas a sus presas (Archangelsky *et al.* 2009).

**Psephenidae:** El cuerpo es fuertemente aplanado dorsoventralmente y cubre totalmente la cabeza. Las patas son cortas y no visibles en vista dorsal. Por su forma se les llama en inglés “water penny” (moneda del agua). Poseen branquias expuestas en dos filas, en cuatro o cinco pares, dependiendo del género. El género *Psephenops* sp, puede llegar a medir de 2 a 6 mm. Sus larvas son de cuerpo ovalado y segmentada, con una coloración amarilla o café claro (Roldán 2000).

**Ptilodactylidae:** Presentan antenas con 11 segmentos, filiformes, serriforme o pectiniforme, inserciones antenales expuestas con antenas frecuentemente con apéndices articulados y relativamente largas.

Las larvas son de tamaño grande, de hasta 3 cm, con el cuerpo cilíndrico y completamente esclerotizado, de color café claro u oscuro. Patas torácicas relativamente pequeñas. El último segmento del abdomen sin opérculo, deja ver una estructura en forma de sierra (Roldán 2000).

#### **6.10.2.- Orden Diptera**

**Chironomidae:** Los machos adultos tienen antenas plumosas y llamativas y las hembras poseen antenas pilosas. La cabeza es pequeña, frecuentemente escondida por el tórax y carece de ocelos. Las patas delanteras son alargadas y la venación de las alas es más marcada, los adultos pueden presentar una

coloración verde, blanca, roja o azul. La mayoría de los especímenes son acuáticos durante los estadios de larva y pupa, aunque hay especies terrestres y algunos grupos adaptados a la vida en el mar. Son pequeños y alcanzan un tamaño de 2 a 10 mm (Roldán 2000).

**Simuliidae:** Las larvas son acuáticas y viven en corrientes. Se adhieren a las rocas por medio de una ventosa presente en la parte posterior del cuerpo y filtran el agua en busca de partículas en suspensión para su alimentación. Tienen el cuerpo algo compacto de 3 a 15 mm de longitud, con coloración oscura y patas muy cortas. Las alas son anchas y brillantes, sin mucha venación. El género *Simulium* sp. tiene uña con forma de botella, presenta una cabeza esclerotizada con manchas dorsales oscuras y dos penachos bien visibles, propata torácica con pequeños dientes (Roldán 2000).

**Tipulidae:** Las larvas son a menudo puntiagudas o casi circulares anteriormente y más o menos romo y expandido posteriormente. Miden de 10 - 25 mm cuando alcanzan la madurez y a veces alcanzan o sobrepasan los 100 mm. La cápsula cefálica es incompleta posteriormente y está parcial o completamente retraída en el tórax. El abdomen usualmente es cilíndrico, pero puede ser algo deprimido. Comúnmente posee pequeños lóbulos o protuberancias para la movilidad y menos comúnmente, procesos en forma de hojas o espinas (McCafferty 1998).

### 6.10.3.- Orden Ephemeroptera

**Baetidae:** Los individuos de esta familia son de tamaño corporal pequeño o mediano, con cuerpos adaptados para nadar (forma cilíndrica). Con una cabeza hipognata, antenas largas, cuya longitud es dos o más veces el ancho de la cabeza, labio con glosa y para glosa largas y estrechas. Sus branquias son sencillas y localizadas sobre los segmentos abdominales uno a cinco, uno a siete o dos a siete. Segmentos abdominales sin proyecciones posterolateral, pueden

llegar a medir de 4,5 a 5 mm y presentar agallas en los segmentos abdominales (Chacón & Segnini 1995, Roldán 1988).

**Leptohyphidae (Tricorythidae):** Poseen un cuerpo ligeramente aplanado con un gran mesotórax, branquias presentes sobre los segmentos abdominales dos a seis, branquias sobre el segundo segmento abdominal operculadas y cubre los pares de agallas subsiguientes, tres filamentos caudales de igual tamaño. En el género *Leptohyphes* sp. se observa el palpo labial y maxilar de tres segmentos, branquias sobre el segundo segmento abdominal en forma ovalada, tecas alares posteriores presentes en el macho y ausentes en la hembra y fémures anchos en todas las patas y con espinas (Chacón & Segnini 1995, citados en Gutiérrez 2010). Este género puede medir de 4 a 5 mm (Roldán 1988).

**Leptophlebiidae:** Las ninfas en esta familia son algo aplanadas dorsoventralmente, con cabeza formada por mandíbulas, palpo labial y maxilar de tres segmentos, branquias abdominales bifurcadas y tres filamentos caudales. En el género *Thraulodes* se distingue una cabeza de forma cuadrada en vista dorsal, mandíbulas con hileras de pelos desde la mitad del margen más externo a la base de los incisivos. Pueden medir de 6 a 10 mm. En el género *Traverella*, la forma es notablemente aplanada, puede llegar a medir de 6 a 8 mm, agallas con márgenes fibriliformes, prolongación en forma de cuerno en la parte frontal (Chacón & Segnini 1995, Roldán 1988).

#### 6.10.4.- Orden Hemiptera

**Belostomatidae:** Estos insectos pueden ser desde medianos hasta grandes o muy grandes (9 - 110 mm), figuran entre los insectos de mayor tamaño. Las patas anteriores raptoras son dirigidas hacia delante, lo que les dan un aspecto agresivo inconfundible. Poseen un cuerpo aplanado dorsoventralmente, ovalado y alargado, patas anteriores con fémures ensanchados y tarsos con uno a tres segmentos.

Presentan una o dos uñas, patas medias y posteriores generalmente aplanadas, con hileras de pelos lagos en tibias y tarsos, adaptadas para nadar. Sin patas anteriores raptoras, ni patas medias y posteriores nadadoras (Mazzucconi *et al.* 2009, citado en Pacheco 2010)). En el estudio se encontró el género *Belostoma* que se caracteriza por la cabeza en forma cónica, mide de 12 a 27 mm con patas posteriores no aplanadas (Roldán 2000).

**Gerridae:** Incluye insectos desde muy pequeños hasta los patinadores más grandes (1,6-36 mm). Esta familia presenta insectos con el mesotórax muy prolongado, tienen antenas tan largas o más largas que la cabeza, las cuales son completamente visibles al observar el insecto dorsalmente. Las membranas de los hemiólitros carecen de celdas, las uñas de por lo menos el primer tarso, están insertados en una pequeña hendidura antes del ápice, los fémures posteriores son muy largos y se extienden más allá del ápice del abdomen. Las patas medias y posteriores largas y delgadas, con las coxas próximas al límite meso-metatórax y dirigidas hacia atrás, alejadas de las patas anteriores. Ojos grandes y globosos, ocelos ausente (Mazuconni *et al.* 2009, citado en Pacheco 2010).

**Naucoridae:** Son insectos pequeños a medianos (5 - 20 mm), de colores apagados, reconocibles por su cuerpo de forma ovalada y aplanado dorso-ventralmente. Presentan patas anteriores raptoras, con fémures ensanchados, tarsos (generalmente fusionados a las tibias) de uno o dos segmentos, y una o dos uñas o sin ellas, tarso medio y posterior de dos segmentos distinguibles, con dos uñas. Patas posteriores nadadoras, con hileras de pelos largos. Membrana de los hemiólitros sin nervaduras. (Mazzucconi *et al.* 2009, citado en Pacheco 2010).

**Veliidae:** Insectos de cuerpo poco alargado, con patas finas, pero no muy largas. El cuerpo puede ser negro o gris oscuro, la cabeza presenta ojos, pero no ocelos, las antenas y la proboscis presentan cuatro segmentos. Son de tamaño pequeño aproximadamente 3 a 5 mm. El género *Rhagovelia* mide 4,5 a 5,2 mm. La

característica que lo identifica es un abanico de pelos en el tercer segmento tarsal de la segunda pata (Roldán 2000).

#### **6.10.5.- Orden Lepidoptera**

**Crambidae:** El tórax y el abdomen contienen pliegues filamentosos, poseen mandíbulas prominentes y adaptadas para raspar el sustrato en busca de su alimento. Tienen la particularidad de construir sus viviendas en forma de capullos de seda fina (Roldán 2000).

#### **6.10.6.- Orden Neuroptera**

**Corydalidae:** Los adultos suelen medir más de 35 mm y a menudo tienen alas moteadas (McCafferty 1998). Las larvas miden 25-90 mm en la madurez, el abdomen, dispone de ocho pares de segmentos con dos filamentos laterales por cada uno y termina en un par de propatas anales, cada una con dos ganchos terminales. Las patas están bien desarrolladas, con dos uñas al final de cada una. Las piezas bucales presentan mandíbulas robustas, dirigidas hacia adelante. La cabeza y el tórax pueden ser de color uniforme o bien presentar un patrón de manchas. *Corydalus* sp. es uno de los insectos acuáticos más grandes y llamativos y mide de 10 hasta 80 mm. Su coloración es clara a café oscuro, mandíbulas muy desarrolladas. Se considera un depredador entre los insectos (Roldán 2000).

#### **6.10.7.- Orden Odonata**

##### **Sub-Orden Zigóptera (Caballitos del diablo)**

**Calopterygidae:** Presentan patas largas y cuerpo esbelto. Cuando completan el último estadio miden de 25 a 50 mm, excluyendo las branquias caudales. Las branquias son alargadas, robustas y con tres caras (de corte triangular). El primer segmento antenal visiblemente más largo que el resto de segmentos combinados (McCafferty 1998), característica que los distingue de las demás náyades de Zygoptera. Otra característica única de la familia es el prementón con una incisión profunda. La coloración puede variar entre verde – café claro a café oscuro. El género *Hetaerina* mide de 18 a 23 mm con el primer segmento de las antenas el doble de largo de los demás segmentos juntos (Roldán 2000).

**Coenagrionidae:** Los adultos son de talla pequeña y alas hialinas pedunculadas en la base. El cuerpo carece de reflejos metálicos. La cabeza es moderadamente dilatada en sentido transversal. Se caracterizan por tener el primer segmento antenal no tan alargado, apéndices caudales laminares o ligeramente triédricos; generalmente con tres a cinco setas dorsales en el prementón con cero a seis setas en el palpo. El prementón con una pequeña hendidura media o ninguna (Novelo-Gutiérrez 1997).

### **Sub-Orden Anisoptera (Libélulas)**

**Libellulidae:** La longitud del cuerpo del último estadio de las náyades mide entre 8 a 28 mm (McCafferty 1998) y el cuerpo puede estar más o menos cubierto de setas. Todos los segmentos de las antenas son de similar tamaño. Para la diferenciación a nivel de género son importantes las partes bucales, las protuberancias dorsales a lo largo del abdomen y la pirámide anal (formada por los cercos y prontos, unas estructuras pequeñas puntiagudas) (Sermeño 2010).

#### **6.10.8.- Orden Plecoptera**

**Familia Perlidae:** Las larvas son alargadas, de forma algo aplanada a cilíndricas, generalmente miden (sin incluir los apéndices caudales) entre 10 - 35 mm y a veces hasta 60 mm, cuando están en último estadio. La cabeza posee ojos ampliamente separados, antenas largas y delgadas, con partes bucales del tipo masticador. Las patas están bien desarrolladas con dos uñas tarsales. Las branquias se ubican en la base de cada pata. El abdomen termina en dos colas (apéndices caudales) (McCafferty 1998). El género *Anacroneturia* posee antenas muy largas, agallas torácicas de posición ventral, dos cerci y coloración de amarillenta a café oscura (Roldán 2000).

#### **6.10.9.- Orden Trichoptera**

**Calamoceratidae:** Estos organismos miden de 15 a 18 mm. Presentan el pronoto con largas prolongaciones que forman una depresión, donde se apoya la cabeza. Una característica especial de estos insectos acuáticos es que construyen sus casas con hojas (Springer & Serrano 2010).

**Helicopsychidae:** Las larvas tienen el cuerpo en forma de espiral, igual a la de su refugio, hecho de piedritas y granos de arena, en forma de concha de un caracol, la cual es exclusiva de la familia dentro del orden Trichoptera. Las garras o uñas de sus propatas anales presentan claramente una forma de peine (Springer & Serrano 2010).

**Hydropsychidae:** Presentan segmentos torácicos cubiertos totalmente por placas esclerotizadas. El abdomen posee hileras de branquias altamente ramificadas y un denso cepillo de setas adyacentes a cada uña. Construyen casa fijas sobre las piedras, troncos, ramas u otros sustratos disponibles en ríos y quebradas, como

en el caso de los géneros *Leptonema* y *Smicridea* (Roldán 1988, Holzenthal 2006).

**Glossosomatidae:** Las larvas se caracterizan por construir un estuche (casita) en forma de caparazón de tortuga, formado de pequeñas piedritas, con dos aperturas en su parte ventral. En ausencia del refugio, las larvas pueden reconocerse por una placa dorsal única en el protórax, una pequeña placa dorsal esclerotizada en el noveno segmento abdominal, las propatas anales ampliamente unidas al abdomen con las garras o uñas de estas propatas anales, y presentan por lo menos un gancho accesorio dorsal. Además, carecen de agallas (branquias). La discriminación de géneros dentro de esta familia requiere del examen con ayuda de un microscopio, porque se basa en características de las uñas tarsales (Springer 2006).

**Leptoceridae:** Las larvas se distinguen de todas las demás familias que forman casitas (estuches) portátiles, por sus antenas relativamente largas y visibles (su longitud es por lo menos seis veces su anchura, con excepción del género *Atanatolica*, cuyas larvas tienen la antena corta. Su cuerpo es de color anaranjado y son abundantes sobre paredes de cascadas o cataratas y zona mojada de rocas cubiertas por musgos en ríos y quebradas (Springer 2006). Las casas casi siempre en forma tubular, pueden ser de piedritas, granos de arena o materia orgánica, a veces una combinación de los dos. Un género utiliza palitos huecos y otro construye su estuche con pedacitos cortos de tejido vivo de plantas (tallos o pedacitos de raíces arreglados en forma de espiral, formando un tubo largo (Springer & Serrano 2010).

**Philopotamidae:** Las larvas de esta familia presentan una placa dorsal en el protórax y frecuentemente está bordeada por una línea negra notoria. Son de color café claro (amarillento) o anaranjado (McCafferty 1998). Las larvas construyen refugios tubiformes fijos a la superficie del sustrato (Korytkowski 1995).

## 7.- Conclusiones

- ❖ La diversidad de macroinvertebrados de la subcuenca alta y baja del río Gariché fue de: 4964 individuos, pertenecientes a 48 géneros, 25 familias y nueve órdenes de la Clase Insecta, en época seca y lluviosa.
- ❖ La época seca presentó mayor cantidad de macroinvertebrados acuáticos con un total de 3351 individuos, a diferencia de la época lluviosa con un total de 1614 individuos.
- ❖ Los órdenes Hemiptera y Trichoptera fueron los más abundantes en ambas épocas del año y las familias más representativas fueron Gerridae, Veliidae e Hydroptilidae, respectivamente.
- ❖ Los géneros con mayor número de individuos en ambas épocas del año fueron *Rhagovelia* y *Atanatica*.
- ❖ El índice de diversidad Shannon-Weaver indica una diversidad media para la subcuenca alta y baja del río Gariché, con una  $H' = 2,36$  y  $H' = 1,95$  para época seca y época lluviosa, respectivamente.
- ❖ Con base en el índice de similitud de Jaccard, en época seca se encontró que las estaciones de muestreo 1 y 2, mostraron la mayor similitud y la menor similitud en las estaciones 1 y 3.
- ❖ En la época lluviosa la mayor similitud de macroinvertebrados acuáticos se presentó en las estaciones 1 y 2 y la menor similitud en las estaciones 1 y 3.
- ❖ El agua del río Gariché presenta Agua Clase I, es decir de buena calidad, en las cuatro estaciones de muestreo en la época seca, según el índice biótico BMWP'/Col., cuyos valores fueron 115, 126, 153 y 151.
- ❖ Para época lluviosa los valores BMWP'/Col fueron: 94, 84, 149 y 119, indicando que en la estación 3 y 4 las aguas son Clase I, pero en las estaciones 1 y 2 las aguas son Clase II calidad aceptable, aguas ligeramente contaminadas.
- ❖ En época seca la subcuenca alta y baja del río Gariché, mostró valores normales de pH (6,6-7,6), LDO (7,2-7,7 mg/L) y de conductividad (125,2-133,6 uS/cm).

- ❖ Para la época lluviosa los parámetros fisicoquímicos como el pH (5,2-5,3) y el LDO (4,5-4,6 mg/L) mostraron valores más bajos del ámbito normal considerados aceptables en un ecosistema acuático.
- ❖ La mayor diversidad y abundancia se encontró en la subcuenca baja del río Gariché, en ambas épocas del año.

## 8.- Bibliografía

- Alba-Tercedor, J. & A. Sánchez. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*. 4: 51-56.
- Archangelsky, M., Manzo, V., Michat M.C. & P.L., Torres. 2009. Coleoptera. Pp. 412-468. *En*: E. Dominguez & H.R. Fernández (eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 656 p.
- Arocena, R; Fabián, D. y Clement, J. 2000. " Las causas naturales versus la contaminación orgánica como factores estructuradores del zoobentos en tre afluentes de una laguna costera" *Limnética*. 18: 99 - 113.
- Chacón, M & S. Segnini. 1995. Reconocimiento taxonómico de las náyades del orden Ephemeroptera en la deriva de los ríos de alta montaña en el estado de Mérida, Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.* N.S. 11 (2): 103-122.
- Corbet, P. S. 1964. Temporal patterns of emergence in aquatic insects. *Canadian Entomology*, 96: 264-279
- Correa, M; T. Machado & G. Roldán, 1981, "Taxonomía y Ecología del orden Trichoptera en el departamento de Antioquía a diferentes pisos altitudinales", *actual. Biol*; 10 (36): 35-48.
- De la Lanza, G; S. Hernández, & J. Carvajal. 2000. *Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdez, S.A. de C.V. México. 663 p.
- Elliot, J.M. 1967. " Invertebrate drift in a Dartmoor stream". *Arch. Hydrobiol.* 63: 202 - 237.
- Fernández, H:R. & E. Domínguez. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Editorial Universitaria de Tucúman. 282 p.
- González, G. 2010. *Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta, media y baja del río David, provincia de Chiriquí, república de Panamá*. 82 p.

- Gutiérrez Fonseca, P. E. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador.
- Hellawell, J.M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier, Londres.
- Holzenthall, R. 2006. Familia Hydropsychidae. (Tricópteros de Costa Rica). Costa Rica. 24/4/2011. <http://www.imbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto97.html>
- Korytkowski, Ch.A. 1995. Ephemeroptera. *En*: Insectos Acuáticos. Universidad de Panamá, Programa de Maestría en Entomología. Material de apoyo didáctico. 7 p.
- Lombardo, R. & V. Rodríguez. 2007. Entomofauna acuática asociada a la parte media-baja del río Santa María, provincia de Veraguas, Panamá. *Tecnociencia*. 9(1), 89-100.
- López Sorto, R.E., Sermeño Chicas, J.M. & D. Pérez. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros de los órdenes Megaloptera y Neuroptera en El Salvador. *En*: Springer, M. (ed.). 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. 17 pág.
- Marchese, M & P. Pavé. 2005. Inventarios bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná – Entre Ríos, Argentina). *Argentina. Ecología Austral* 15: 183 – 197.
- Margalef, R. 1998. Ecología. Novena edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 951 p.
- McCafferty, W. 1981. Aquatic Entomology. Boston: Science Books International 448 p.

- Medianero, E. & M. Samaniego. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Folia Entomol. Mex*; 43 (3): 279-294.
- Menjivar Rosa, R.A. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Diptera en El Salvador. *En*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). 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. 50 pág.
- Merritt, R.W. & K.W. Cummins, 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Third Edition. E. U. Edition Kendall/Hunt Publishing Company, 682 p. Mey, W. & W. Speidel. 2008. Global diversity of butterflies (Lepidoptera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 521-528.
- Novelo-Gutiérrez, R. 1997. Clave para la separación de familias y géneros de náyades de odonata de México Parte I. Zygoptera. *Dugesiana*, 4(1): 1-10.
- Pacheco-Chaves, B. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador. *En*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). 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. 49 pág.
- Pérez, G. & G. Roldán. 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bentónicas del río Negro. Antioquía. *Rev. Actualidades Biológicas*. 7 (24): 27-36.
- Pérez-Sola, F.J. & F.M. Sola-Fernández. 1993a. DIVERS. Programa para el Cálculo de los índices de similitudes. [Programa informático en línea]. (Consultado 17/272011). <http://perso.wanadoo.es/ip-l/descargas.htm>

- Pérez-Sola, F.J. & F.M. Sola-Fernández. 1993b. SIMIL. Programa para el Cálculo de los índices de similitudes. [Programa informático en línea]. (Consultado 17/272011). <http://perso.wanadoo.es/ip-l/descargas.htm>
- Pino, R. & J. Bernal. 2009. Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta y media del río David, provincia de Chiriquí, república de Panamá. *Revista Gestión y Ambiente* 12(3): 73-84.
- Pino, R. 2006. Diversidad y distribución de la comunidad de insectos acuáticos de la subcuenca alta y media del río David, Provincia de Chiriquí, república de Panamá. 95 p.
- Posada-García, J.A. & G. Roldán-Pérez. 2003. Clave ilustrada y diversidad
- Rojas, A.M. & M.C. Zúñiga. 1995. Seminario Invertebrados Acuáticos y su utilización en estudios ambientales. Aspectos taxonómicos. Plecoptera. Sociedad Colombiana de Entomología. Editora Guadalupe. Bogotá, Colombia. 101-120 p.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Editorial Presentia. Bogotá, Colombia. 217 p.
- Roldán, G. 1992. Fundamentos De Limnología Neotropical Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 529 p.
- Roldán, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Editorial Presentia Ltda. Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá-Colombia.
- Roldán, G. 1999. Los Macroinvertebrados y su valor como Indicadores de la Calidad del Agua. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia.
- Roldán, G. 2000. Los Macroinvertebrados como Bioindicadores de la Calidad de las Aguas en los Andes Colombianos. Versión preliminar Universidad de Antioquia, Departamento de Biología. Medellín, Colombia. 100 p.
- Sermeño Chicas, J.M., Pérez D. & P.E. Gutiérrez Fonseca. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Odonata en El Salvador. *En: Springer, M. (ed.)*.

- 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. 38 pág.
- Serrano Cervantes, L. & A. Zepeda Aguilar. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Lepidoptera en El Salvador. *En*: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos en El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES). Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, S.A. de C.V., San Salvador, El Salvador. 16 pág.
- Serrano Cervantes, L. & A. Zepeda Aguilar. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador. *En*: Springer, M., Sermeño Chicas, J.M. & D. Vásquez Acosta (eds.). 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. 29 pág.
- Springer, M. 2006. Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop*: 273-286.
- Springer, M. Serrano Cervantes, L. & A. Zepeda Aguilar. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Trichoptera. *En*: Sermeño Chicas, J. M. (ed.). 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. 47 pág.

- 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.
- Zúñiga De Cardozo, M. Del C.; A. M. Rojas De Hernández & S. Mosquera. 1997. Biological aspects of Ephemeroptera in rivers of southwestern Colombia (South America), pp: 261-268. En: P. Landolt & M. Sartori (Eds.) Ephemeroptera and Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics. Mauron-Tinguely and Lachat S.A. Fribourg, Switzerland.

## 9.- Anexos

Imágenes de los macroinvertebrados acuáticos más representativos del estudio

### Orden Coleoptera

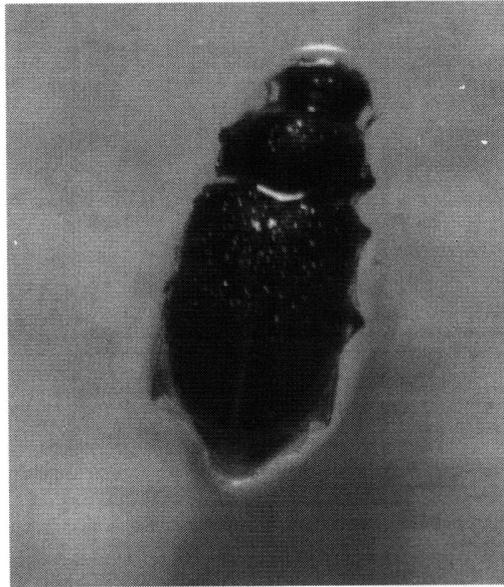


Figura 10.- Adulto de *Dryops* (Dryopidae).

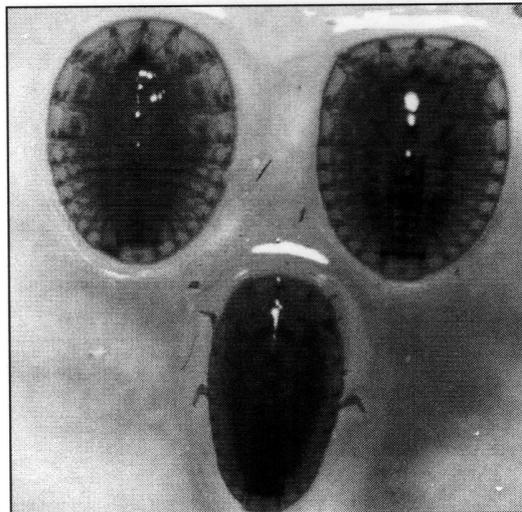


Figura 11.- Larva de *Psephenops* (Psephenidae).

**Orden Ephemeroptera**



**Figura 12.-** Ninfa de *Thraulodes* (Leptophlebiidae).

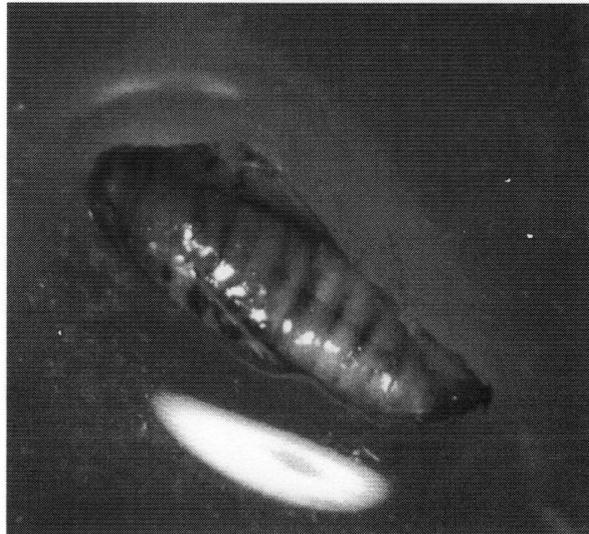


**Figura 13.-** Ninfa de *Leptohyphes* (Leptohyphidae)

**Orden Lepidoptera**

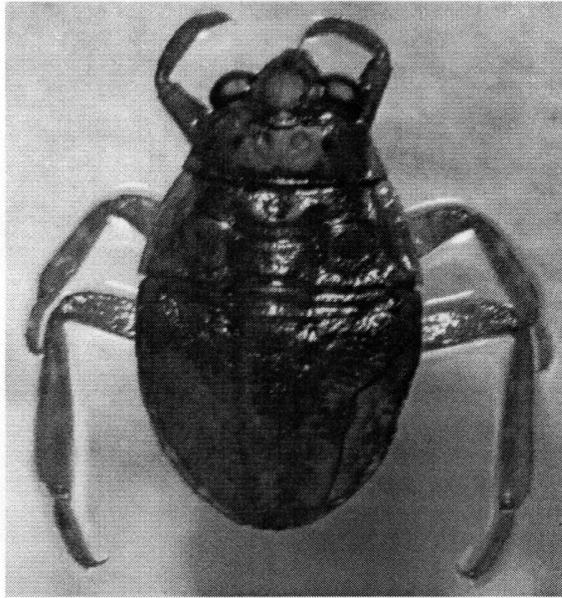


**Figura 14.-** Ninfa de *Traverella* (Leptophlebiidae).

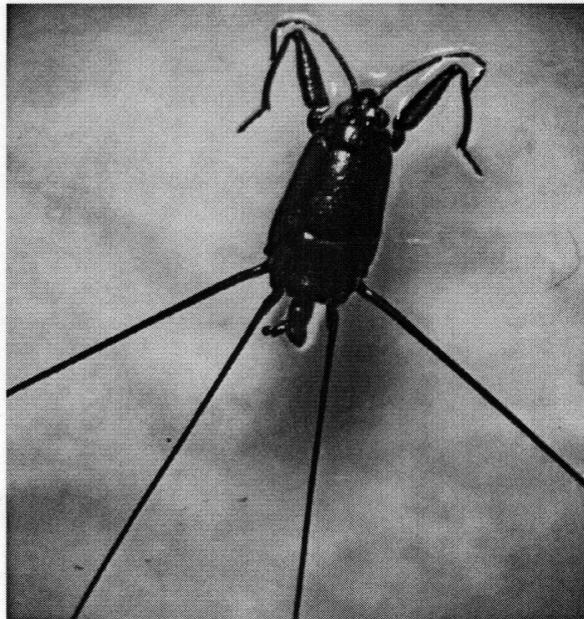


**Figura 15.-** Pupa de *Petrophila* (Pyralidae).

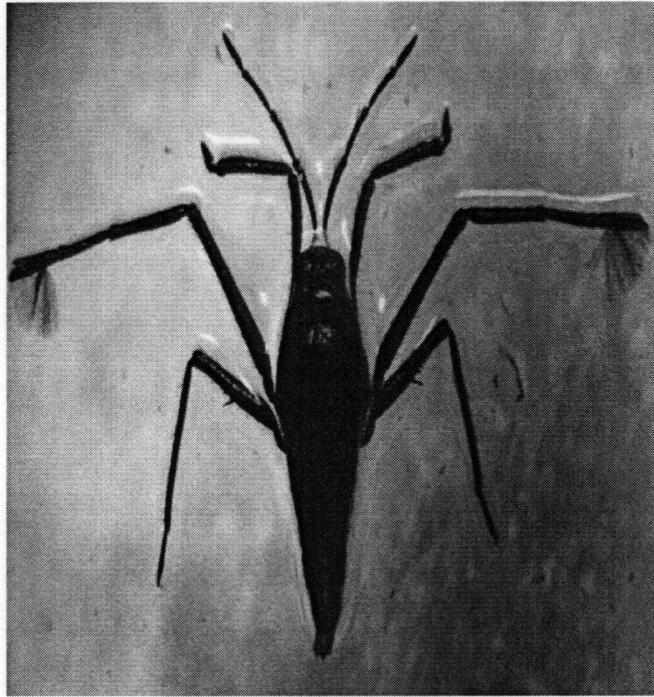
**Orden Hemiptera**



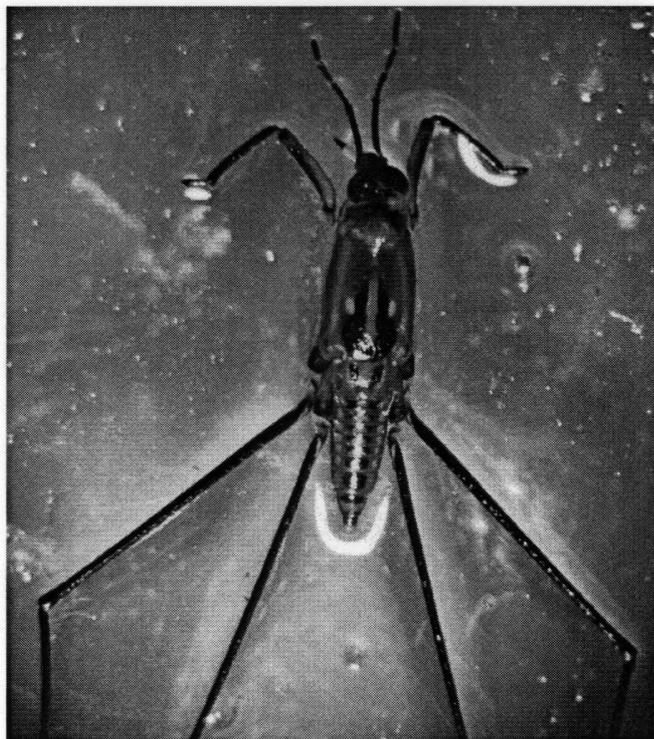
**Figura 16.-** Adulto de *Belostoma* (Belostomatidae).



**Figura 17.-** Adulto de *Aquarius* (Gerridae).



**Figura 18.-** Adulto de *Rhagovelia* (Veliidae).



**Figura 19.-** Adulto de *Metrobates* (Gerridae).

Orden Neuroptera

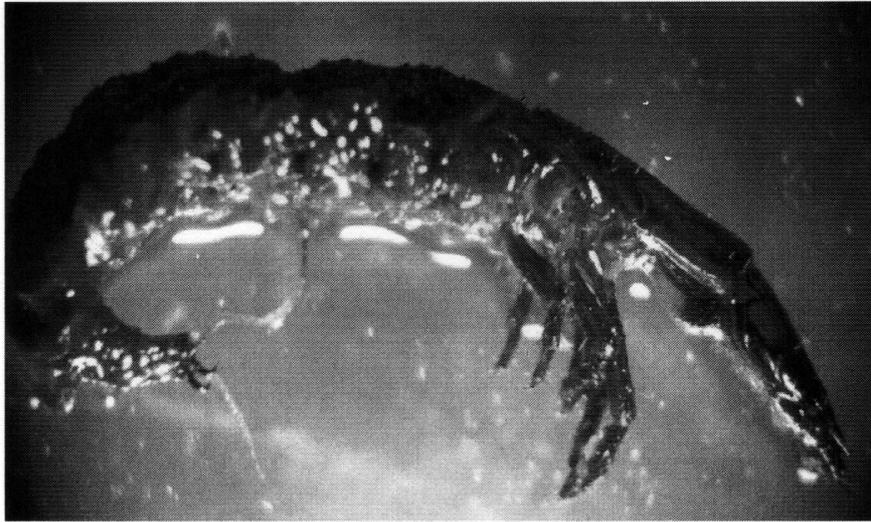


Figura 20.- Ninfa de *Corydalus* (Corydalidae).

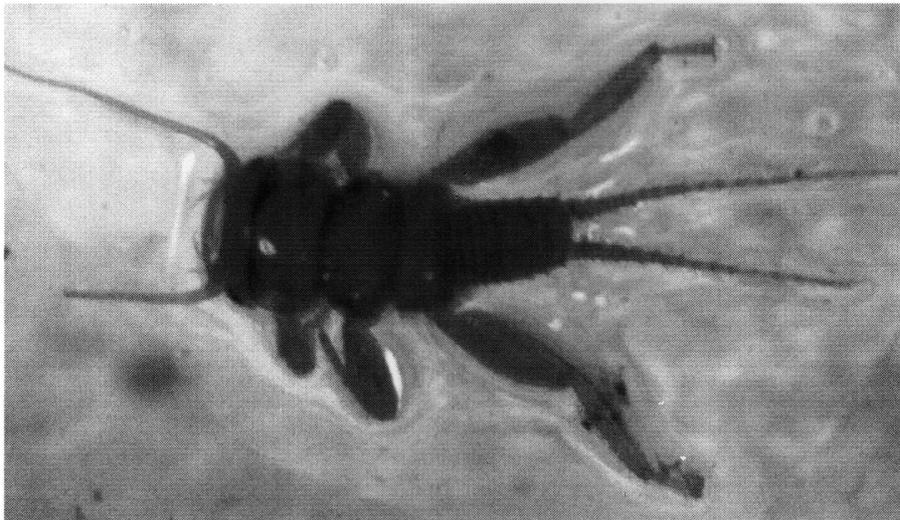
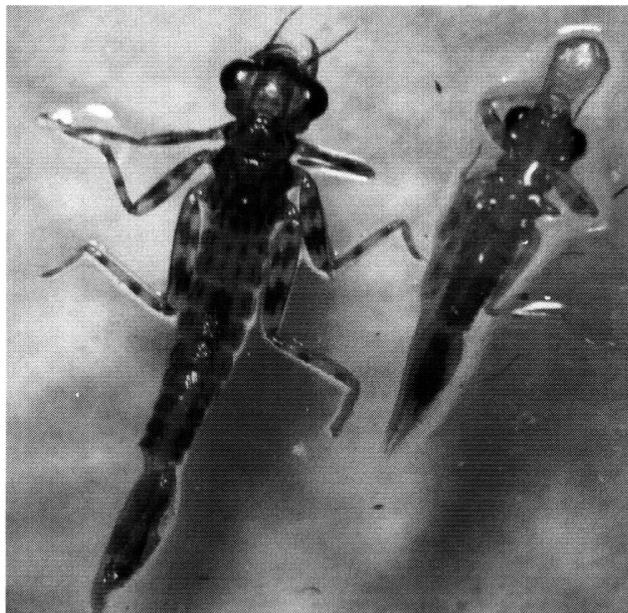


Figura 21.- Ninfa de *Anacroneuria* (Perlidae).

Orden Odonata



**Figura 22.-** Ninfa de *Argia* (Coenagrionidae).



**Figura 23.-** Ninfa de *Ischnura* (Coenagrionidae).

Orden Diptera

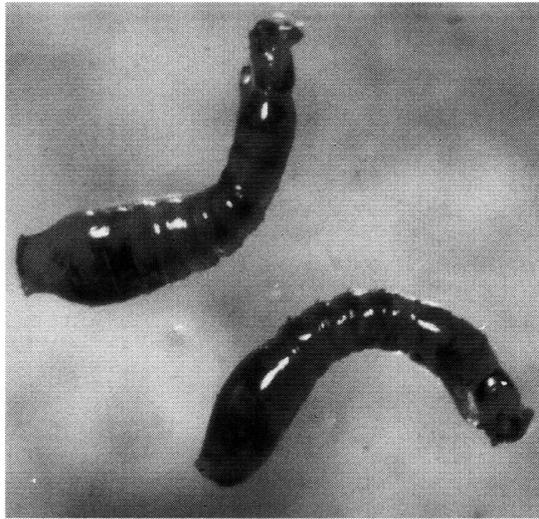


Figura 24.- Larva de *Simulium* (Tipulidae)



Figura 25.- Larva de *Hexatoma* (Simuliidae).

Orden Trichoptera

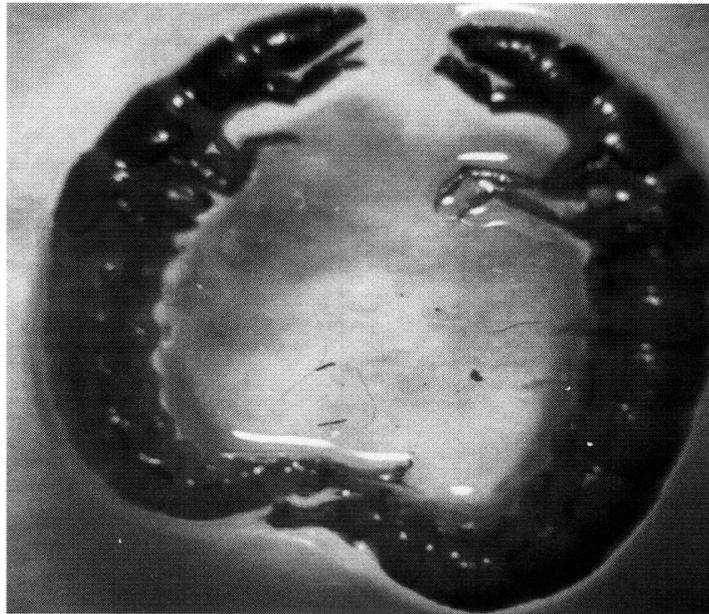


Figura 26.- Larva de *Smicridea* (Hydropsychidae).

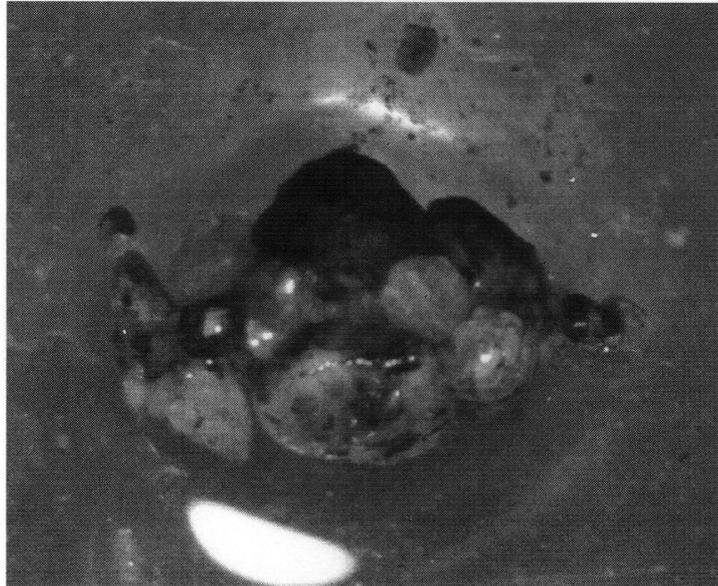


Figura 27.- Larva de *Glossosoma* en su casita (Glossosomatidae).

Cuadro 11.- Valores de BMWP'/Col., para época seca en la subcuenca alta y baja del río Gariché del río Gariché.

<b>Familia</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Baetidae	7	7	7	7
Leptohyphidae	7	7	7	7
Leptophlebiidae	9	9	9	9
Calopterygidae	-	-	7	7
Coenagrionidae	7	7	7	7
Perlidae	-	-	10	-
Corydalidae	-	6	6	6
Belostomatidae	-	-	5	-
Gerridae	8	8	8	8
Veliidae	8	8	8	8
Dryopidae	-	-	7	7
Elmidae	-	-	6	-
Hydrophilidae	-	-	3	-
Psephenidae	10	10	10	10
Calamoceratidae	10	-	10	10
Helicopsychidae	10	10	-	10
Hydropsychidae	5	5	5	5
Hydroptilidae	7	7	7	7
Leptoceridae	9	9	-	9
Glossosomatidae	7	7	7	7
Philopotamidae	-	8	8	8
Chironomidae	-	2	-	-
Simuliidae	8	8	8	8
Tipulidae	3	-	-	3
Crambidae	-	8	8	8
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>126</b>	<b>153</b>	<b>151</b>

Cuadro 12.- Valores de BMWP'/Col., para época lluviosa en la subcuenca alta y baja del río Gariché.

<b>Familia</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Baetidae	7	-	7	7
Leptohyphidae	7	7	7	7
Leptophlebiidae	9	9	9	9
Calopterygidae	-	-	7	-
Coenagrionidae	-	-	7	7
Perlidae	-	-	10	-
Corydalidae	-	-	6	-
Belostomatidae	-	-	5	-
Gerridae	8	8	8	8
Veliidae	8	8	8	8
Dryopidae	-	-	7	7
Elmidae	-	-	-	6
Psephenidae	10	10	10	10
Helicopsychidae	10	-	-	-
Hydropsychidae	5	5	5	5
Hydroptilidae	7	7	7	7
Glossosomatidae	-	7	-	-
Philopotamidae	8	8	8	8
Limnephilidae	7	7	7	7
Lampyridae	-	-	10	-
Libellulidae	-	-	6	-
Simuliidae	8	8	8	8
Naucoridae	-	-	7	7
Crambidae	-	-	-	8
<b>Total</b>	<b>94</b>	<b>84</b>	<b>149</b>	<b>119</b>

Cuadro 13.- Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el cálculo del BMWP'/Col.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectilidae, Hydridae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Ghomphidae, Lampyridae, Perlidae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcydae, 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, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Sialidae, Megapodagrionidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Crambidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdelliidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae.	1

Cuadro 14.- Clases de calidad de agua, valores BMWP'/Col. y su significado.

Clase	Calidad	BMWP' / Col.	Significado
I	Buena	150 101-120	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas
V	Muy critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas

Cuadro 15.- Promedio de datos de LDO, pH y conductividad obtenidos en las cuatro estaciones de la subcuenca alta y baja del río Gariché en época seca.

	Mes	LDO (mg/L)	pH	Conductividad (uS/cm)
<b>Época seca</b>	Enero	4.50	7.57	125.2
	Febrero	4.48	7.09	133.3
	Marzo	4.54	6.97	130.2
	Abril	4.57	6.55	133.6

Cuadro 16.- Promedio de datos de LDO, pH y conductividad obtenidos en las cuatro estaciones de la subcuenca alta y baja del río Gariché en época lluviosa.

	Mes	LDO (mg/L)	pH	Conductividad (uS/cm)
<b>Época Lluviosa</b>	Julio	7.24	5.31	112.7
	Agosto	7.94	5.30	112.2
	Septiembre	8.14	5.29	112.4
	Octubre	7.71	5.28	112.2