

**BIODIVERSIDAD DE INSECTOS ACUATICOS  
ASOCIADOS A LA CUENCA DEL RÍO GRANDE DE  
MANATÍ**

*Evanid Nieves García & Keysa G. Rosas Rodríguez*

**2009**



Estudio de biodiversidad de insectos preparado para el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales con el propósito de evaluar las poblaciones de insectos acuáticos presentes en la sección alta de la cuenca del Río Grande de Manatí para conocer la condición del ecosistema acuático en ésta.

**Asesoría y Desarrollos, Inc.  
PMB 118 PO Box 6007  
Carolina, Puerto Rico 00984  
Tel: (787)752-8360  
Fax: (787) 268-0208**

# Tabla de Contenido

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>4</b>
Método de Shannon-Wiener:	6
Método de Simpson:	7
Método de Riqueza de Especies	7
Método de Número Efectivo de Especies	8
Índice de EPT	9
Índice Biótico a Nivel de Familia (FBI)	9
<b>RESULTADOS</b>	<b>12</b>
<b>ANÁLISIS</b>	<b>19</b>
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>21</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>23</b>
<b>LITERATURA CITADA Y REFERENCIAS</b>	<b>24</b>
<b>ANEJOS</b>	<b>30</b>
Anejo I Localización de las estaciones evaluadas	30
Ilustración A - Imagen satelital de las segmentos estudiados	31
Anejo II - Porcentaje de habitáculos de los segmentos estudiados	32
Anejo III – Entomofauna acuática en segmentos estudiados	33

# BIODIVERSIDAD DE INSECTOS ACUÁTICOS ASOCIADOS A LA CUENCA DEL RÍO GRANDE DE MANATÍ

*Evanid Nieves García  
Keysa G. Rosas Rodríguez*

## Resumen Ejecutivo

Los insectos acuáticos, además de tener importantes funciones ecológicas, son utilizados comúnmente en estudios de calidad de agua debido a que son comunes en todo cuerpo de agua dulce, son fáciles de coleccionar e identificar y pueden servir como indicadores efectivos de calidad de agua debido a que diferentes grupos tienen diferentes tolerancias a perturbaciones de su ecosistema. Debido a esto, en este estudio se llevó a cabo una evaluación de los insectos acuáticos presentes en parte de la cuenca del Río Grande de Manatí, para poder apreciar la condición del sistema y para contribuir al conocimiento de la entomofauna de la Isla, ya que este tipo de estudio no es común en Puerto Rico.

Se muestrearon seis estaciones dentro de la cuenca del Río Grande de Manatí utilizando una metodología de hábitat múltiple y se evaluaron los datos a la luz de diversos índices de biodiversidad y de calidad de agua. Se encontró una gran diversidad de familias y más allá, se encontraron grupos que indican una buena calidad de agua en el área estudiada. Aunque se reconoce la necesidad de estudios más detallados con herramientas desarrolladas localmente, podemos llegar a concluir que el área estudiada tiene un alto valor y potencial para que se le otorgue protección gubernamental.

# Introducción

Los insectos<sup>1</sup> acuáticos son un grupo diverso de organismos asociados a los cuerpos de agua dulce, los cuales incluyen humedales, ríos, y lagos, entre otros (Ramírez y Rosas, 2006). Son considerados acuáticos, ya que llevan a cabo todos o partes de sus estadíos de desarrollo asociados a estos cuerpos de agua. Estos organismos son componentes importantes de los ecosistemas, donde cumplen una variedad de funciones en los procesos ecológicos. Al mismo tiempo, son uno de los grupos menos estudiados en Puerto Rico, desde un punto de vista taxonómico y ecológico (Ramírez y Rosas, 2006).

Entre las comunidades que habitan los sistemas de agua dulce, los macroinvertebrados acuáticos, comprenden una gran parte de la diversidad acuática, por lo que con frecuencia son el principal componente animal de los ecosistemas lóticos (Castellanos y Serrato, 2008; Esteves, 1988). Estos invertebrados tienen adaptaciones fisiológicas y morfológicas únicas que los hacen exitosos en los medios acuáticos de agua dulce. Algunos pueden vivir en cualquier tipo de agua dulce sin importar cuán inhóspito sea el ambiente (Reese, 2002). Éstos son claves en sus comunidades y en el mantenimiento de los sistemas ecológicos acuáticos y son caracterizados por formar la base de la cadena alimenticia de otros organismos, controlando la cantidad y distribución de sus presas y constituyendo una fuente alimenticia para consumidores terrestres y acuáticos (Castellanos y Serrato, 2008; Wade *et al.*, 1989). Sin embargo están envueltos intrínsecamente en procesos ecológicos más sutiles, como el rompimiento y ciclo de materia orgánica y el procesamiento de nutrientes, un rol muy parecido al de los gusanos en la tierra (Reese, 2002). Estos organismos, juegan un papel importante en la red trófica de sistemas de agua dulce al acelerar la descomposición de detritos (Castellanos y Serrato, 2008; Wallace & Webster, 1996) y contribuir al reciclaje de nutrientes (Castellanos y Serrato, 2008; Wallace *et al.*, 1997). El conocimiento de la actividad biológica de estos organismos permite entender la dinámica del sistema que habitan y los estudios basados en su taxonomía y distribución, proveen información importante para comprender la ecología y el papel que desempeñan en el medio (Castellanos y Serrato, 2008).

Usualmente estos organismos acuáticos son utilizados como bioindicadores<sup>2</sup> para estudiar la salud de los sistemas donde habitan y la calidad de agua de los mismos. Algunas especies son muy sensibles a cambios abruptos de sus hábitculos, contaminación y modificación de su ecosistema, ya sea ocasionado por eventos climatológicos severos o por perturbaciones antropogénicas, por esta razón se

---

<sup>1</sup> Los que son de particular interés para nosotros perteneces a la Clase Insecta (invertebrados, caracterizados por presentar un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas) del Subfilo Hexápoda (subfilo de artrópodos, el que más especies agrupa, e incluye a los insectos) dentro del Filo Artrópoda (filo más numeroso y diverso del reino animal) del Reino Animalia ( caracterizados por su capacidad de locomoción, desarrollo embrionario y ausencia de clorofila y pared celular).

<sup>2</sup> Organismo cuya presencia, comportamiento o estado fisiológico presenta una estrecha correlación con determinadas circunstancias del entorno, por lo que pueden utilizarse como indicadores de éstas ("Bioindicador," Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2009).



encuentran mayormente en aguas puras. Mientras más estrecha sea la tolerancia de los organismos, mayor será su utilidad como indicador biológico. Cuando se desean estudiar las características regionales junto a las condiciones ecológicas se debe de utilizar los resultados numéricos de una investigación que use organismos que indiquen la calidad de agua (Puig, A.). En caso de que se necesite tener resultados que no dependan de las características regionales, que sean aplicables ante el uso de informaciones metódicas o al tener ecologías deficientes se debe usar el modelo de estructuras de comunidades (resultados cuantitativos) (Puig, A.). Por el contrario, otras especies son tolerantes a diversas condiciones, por lo que tienen adaptaciones a medios acuáticos turbios, anóxicos y ácidos. Distintos órdenes de especies prefieren distintos ambientes acuáticos (Dodson, 2005).

Los esfuerzos por estudiar los insectos acuáticos en Puerto Rico empezaron a inicios del siglo XIX, con la mayor parte del trabajo enfocado en grupos conspicuos, como lo son las libélulas y restringidos a zonas de bajura, cerca de plantaciones y centros de población (Ramírez, 2006). A pesar de que en el transcurso del tiempo el conocimiento de estadios adultos de grupos y órdenes populares fue proporcionalmente mejorando, actualmente el estadio larval o de ninfa de todos los grupos de insectos acuáticos representa un vacío en el conocimiento humano. Esta falta de información limita la habilidad de estudiar el funcionamiento de la entomofauna acuática en los ecosistemas tropicales y subtropicales (Ramírez, 2006).

Aunque se conoce que existe una apreciable diversidad de insectos acuáticos en Puerto Rico, conocemos muy poco de ellos y hace falta desarrollar herramientas para su identificación en la isla y mejorar la habilidad de identificar los estadios de larva o ninfa, los cuales son de gran importancia en los estudios científicos. Además, las herramientas que utilizan los insectos como bioindicadores han sido desarrolladas en lugares templados, los cuales poseen una composición de especies diferentes a la que puede poseer una isla sub-tropical. Por ejemplo, algunos grupos tradicionalmente usados como indicadores no se encuentran en la isla (Ej. Orden Plecoptera) y grupos como los del Orden Ephemeroptera se supone son sensibles a disturbios, sin embargo, tienen familias moderadamente resistentes en Puerto Rico (Ej. los pertenecientes a la familia Caenidae, la cual tolera la sedimentación). Por lo tanto, se desconoce cuan aplicables son estas herramientas para nuestros ríos y es necesario hacer los estudios pertinentes que permitan su adaptación a las condiciones presentes en nuestra isla.

Esta investigación evaluó la composición de la fauna entomológica presente en parte de la cuenca del Río Grande de Manatí, con el propósito de proveer información que permita un mejor entendimiento de la diversidad de insectos acuáticos en el ecosistema de esta cuenca hidrográfica y para obtener datos que sirvan como referencia al momento de evaluar la condición de otras cuencas hidrográficas. A esta información se le aplicaron diferentes índices bióticos y de biodiversidad que nos permitieron hacer inferencias sobre la condición de las áreas estudiadas. De esta manera se desarrolló información que permite un mejor entendimiento de la diversidad de insectos acuáticos en este ecosistema, con el objetivo de facilitar el trabajo de la comunidad científica y de Agencias gubernamentales interesadas en estos organismos de agua dulce.

# Metodología

## *Materiales y equipo*

- Red para colectar macroinvertebrados
- Alcohol isopropílico 70%
- Recipientes con tapas para colectar y almacenar macroinvertebrados
- Lápiz
- Marcador colorido en cinta “Flagging tape”
- Cinta métrica
- Libreta de apuntes y bolígrafo
- Cámara digital
- Sistema de posicionamiento global (GPS), Geo XM de Trimble
- Microscopio de disección o lupas

## *Área de estudio*

El área de investigación yace en la cuenca hidrográfica del Río Grande de Manatí, la cual se origina en el pueblo de Barranquitas, y cubre parte de las municipalidades de Orocovis, Naranjito, Jayuya, Corozal, Morovis, Ciales, Florida, Manatí y Barceloneta, donde finalmente desemboca en el Océano Atlántico. En esta cuenca hidrográfica se seleccionaron seis (6) estaciones, cónsonas con las estudiadas por el Proyecto de Ríos escénicos<sup>3</sup> de la División de Monitoreo del Plan de Aguas (DMPA) del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).

Para obtener un área representativa de las características de las estaciones estudiadas, en cada una de las seis (6) estaciones se delimitaron aleatoriamente tres (3) transeptos de cien (100) metros de largo, los cuales fueron identificados con marcador colorido en cinta. Las referencias geográficas (GPS) de los puntos más aguas abajo y más aguas arriba de cada transepto se incluyen en el **Anejo I**. Para evitar perturbaciones en el hábitaculo (profundidad, velocidad y calidad), siempre que fue posible, los transeptos de toma de muestras fueron escogidos cien (100) metros aguas arriba o agua abajo de cualquier carretera o puente que cruzara el cuerpo de agua bajo estudio.

La recolección de muestras de insectos acuáticos se realizó durante los meses de mayo y junio del año 2009. Se realizó una visita de campo para cada estación.

## *Colección de datos*

En esta investigación se utilizó la metodología del hábitat múltiple: red acuática con estructura de D, expuesta en el Capítulo 7: Protocolo para Macroinvertebrados

---

<sup>3</sup> Se pretende designar tramos de ríos como patrimoniales con el propósito de garantizar su integridad ecológica.

Bénticos del Protocolo de Rápida Bio-evaluación para ser Utilizado en Quebradas y Ríos: Perifiton<sup>4</sup>, Macroinvertebrados Bénticos y Peces, Segunda Edición, de la Agencia para la Protección Ambiental del los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Este método se enfoca en un esquema diseñado para hábitat múltiples, teniendo una representación proporcional dentro del tamaño de muestra razonable (Barbour *et al*, 1999). En esta metodología los insectos acuáticos fueron colectados de forma sistemática en cada uno de los habitáculos ribereños presentes en la estación bajo estudio (**Anejo II**).

Referenciamos los principales habitáculos ribereños asociados a macroinvertebrados. Estos tipos de hábitat contribuyen a sostener poblaciones de macroinvertebrados en los sistemas ecológicos de agua dulce (Barbour *et al*, 1999).

- Empedrado – El área de ambiente empedrado es un sustrato duro prevaleciente en rápidos y corridas de los cuerpos de agua dulce, el cual incluye pozas poco profundas (grava mezclada, guijarros, o más grandes). El muestreo de las áreas llanas con sustratos grandes se realizó aguantando la parte inferior de la red contra el sustrato y removiendo los organismos, sacando el sustrato por ½ metro hacia arriba de la red.
- Troncos sumergidos – Los pedazos de troncos y otros elementos de madera que llevan mucho tiempo sumergidos, incluyendo el material acumulado en las posas, son un excelente medio de colonización. Para muestrear estos obstáculos se perturbaron los mismos con el propósito de que los organismos emerjan, pero solo después de haber puesto la red en una posición que propicie capturar los insectos.
- Bancos vegetativos – Éstos al estar sumergidos tienen raíces y plantas emergentes asociadas a los mismos. Las áreas sumergidas de éstos se estudiaron interviniendo su entorno, el hábitat se perturbó primero para lograr que se soltaran los organismos pero solo después de haber colocado la red en la dirección del flujo.
- Arenas y sedimentos finos – Usualmente es el ambiente de macroinvertebrados menos productivo, aunque en ocasiones es el más prevaleciente en cuerpos de agua lóticos. Las muestras de los bancos de tierra fina y sin vegetación se obtuvieron agitando la red a través de la superficie del sustrato. Para reducir la cantidad de residuos en la muestra se evitó arrastrar la red por el sustrato.

En cada transecto de 100 metros de largo se comenzaron a tomar las muestras aguas abajo del mismo, continuando con el procedimiento aguas arriba. Se realizó un total de veinte (20) perturbaciones (patadas) en cada uno de los ambientes evaluados (**Anejo II**); las patadas sencillas consistieron en utilizar la fuerza para crear un hábitat

---

<sup>4</sup> Mezcla compleja sumergida en los ecosistemas acuáticos, compuesta de algas, cianobacterias, microorganismos heterotróficos y detritus.

productivo con distancia de ½ m. La patada provee un muestreo estacionario donde se posiciona la red y se perturba el sustrato cinco (5) metros antes de la red.

Cada uno de los distintos medios fueron muestreados utilizando una proporción a su representación en la superficie de área del total de macroinvertebrados que viven en el lugar estudiado (**Anejo II**). Los tipos de hábitat que contribuyeron menos del 5% no fueron estudiados. Por ejemplo, si los rápidos son 40% del hábitat estudiado y las arenas y sedimentos finos son 30 %, entonces ocho (8) inmersiones de la red deben ocurrir en las áreas de los rápidos y seis (6) en el material de las arenas y sedimentos finos. El resto (6) de las sumersiones se tomarían por cualquier tipo de hábitaculo.

Las muestras obtenidas en cada uno de los hábitat múltiples se unieron, donde se obtuvo una mezcla única y homogénea para cada una de las seis (6) estaciones. Las mismas se preservaron en alcohol isopropílico al 70% y se identificaron taxonómicamente<sup>5</sup> a nivel de familia.

#### *Fracción cuantitativa y procesamiento de datos*

Después de la colecta e identificación de los especímenes de insectos acuáticos se calcularon los índices de biodiversidad y los índices bióticos de calidad de agua para cada una de las estaciones muestreadas. Para calcular los mismos en cada una de las estaciones estudiadas se utilizaron los siguientes índices:

## **Método de Shannon-Wiener:**

El índice de Shannon-Wiener (H), se usa en [ecología](#) para medir la [biodiversidad](#). Es uno de los índices de mayor uso y éste procede de la Teoría de la Información (Shannon Entropy) y se expresa como:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

*Ec. 1*

Cuya expansión tiene la forma:

$$H \equiv -\{p_1 \ln(p_1) + p_2 \ln(p_2) + p_3 \ln(p_3) + \dots + p_{n-1} \ln(p_{n-1}) + p_n \ln(p_n)\}$$

<sup>5</sup> Se ocupa de los principios, métodos y fines de la clasificación.



Donde  $p_i$  es la proporción de individuos de la especie número  $i$ , y  $S$  el número total de especies (en este caso, familias) en la muestra. El rango de este índice es por lo general del 0 al 5.

## Método de Simpson:

El índice de Simpson ( $D$ ), que tiene un rango de 0 a 1, se puede definir como la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (en este caso, a la misma familia). Su fórmula es la siguiente:

$$D \equiv \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Ec. 2

Cuya expansión tiene la forma:

$$D \equiv p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + \dots + p_{n-1}^2 + p_n^2$$

Donde  $S$  es el número de especies,  $N$  el número total de individuos, y  $p_i$  es la proporción de individuos pertenecientes a la especie número  $i$ .

Este índice asume que la proporción de individuos de una especie en un área indica su importancia a la diversidad. Este método tiene un rango de cero al uno, con valores cercanos a cero correspondiendo a poblaciones heterogéneas, mientras que valores cercanos a uno corresponden a poblaciones homogéneas. Por lo tanto, para dos poblaciones con igual número de especies, el resultado de este índice será menor si las especies encontradas se encuentran en proporciones iguales.

Para facilitar la comparación entre los resultados de los índices de diversidad se ajustaron los resultados de forma tal que se presenten en la misma escala. Se calculó el porcentaje de la diversidad observada, al compararse por el valor máximo posible. El máximo total de diversidad según Shannon-Weiner es el logaritmo natural del número total de especies. El valor del Índice de Simpson ( $D$ ) se resta a uno ( $1-D$ ), expresándose en por ciento. De esta forma ambos resultados están expresados en porcentaje, de forma tal que un 0% significa cero diversidad.

## Método de Riqueza de Especies

La siguiente ecuación es la que nos permite calcular el número de especies (familias si fuese necesario) que se encuentran en cada transecto. Se traduce directamente a la

suma de cada especie para obtener el valor total de especies (Jost, 2006).

$$x \equiv \sum_{i=1}^s p_i^0$$

Ec. 3

Cuya expansión tiene la forma:

$$x \equiv p_1^0 + p_2^0 + p_3^0 + \dots + p_{n-1}^0 + p_n^0$$

## Método de Número Efectivo de Especies

En el 2006 se publicó un artículo que discute los peligros de la mal interpretación de los valores de los índices de diversidad comúnmente utilizados (como el Shannon-Weiner y el Simpson) debido a que cada uno tiene un comportamiento diferente y son utilizados intercambiamente como si indicaran la misma información. Por lo tanto, Jost propone varias ecuaciones que normalizan los valores dados por los índices comunes de diversidad, para que el resultado sea el número de especies de igual ocurrencia necesarias para llegar al resultado proporcionado por el índice. Jost nombra a este valor como el “*número efectivo de especies*”. Este valor da más información que el número observado de especies, ya que considera la proporción en que estas especies se encuentran en la muestra, y permite que se puedan comparar los resultados de los diferentes índices en una misma unidad, que en nuestro caso, sería el número de familias (obtenido con la ecuación 3). Los índices de Shannon-Wiener y de Simpson se normalizaron usando las siguientes ecuaciones<sup>6</sup>:

Tomando el resultado de la Ec. 1 :

$$H' = e^H$$

Ec. 4

Y tomando el resultado de la Ec. 2:

$$D' = 1/D$$

Ec. 5

Donde H prima es la cantidad de especies (familias) efectivas para el método de Shannon-Wiener y D prima es el mismo valor para el método de Simpson. Este último grupo de ecuaciones junto a la provista por Lou Jost (Riqueza de Especies) nos permite comparar todos los índices de biodiversidad en un campo común, en este caso,

<sup>6</sup> Según expuesto en el artículo “Entropy and diversity” publicado en el 2006 por Lou Jost.

número de familias.

## Índice de EPT

El índice EPT (cuyas siglas representan los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera) es un método rápido y útil para determinar diferencias entre sitios en cuanto a calidad de agua, ya que, debido a su tendencia a ser intolerantes a altos niveles de contaminación, estos grupos son considerados claves a la hora de determinar si algún cuerpo de agua se encuentra en condiciones óptimas para el desarrollo de vida acuática (Bueno, et al, 2005).

El índice EPT tradicional se calcula sumando la cantidad de especies presentes pertenecientes a estos órdenes. Sin embargo, debido a que sólo se identificaron los especímenes a nivel de familia, se utilizaron dos modificaciones a este índice donde se suma la cantidad de individuos que se colectaron para cada orden, se dividen entre el total de organismos colectados (EPT: Total) y entre el total de individuos de la familia Chironomidae encontrados (EPT: C). Para el primer método se considera que un lugar con un valor de 50% o más se encuentran en condiciones favorables, valores entre 50% y 25% en condiciones moderadas y menores de 25% en condiciones pobres. El EPT: C no tiene rangos predeterminados, sin embargo es un método comúnmente utilizado debido a que los chironómidos son un grupo de dípteros con una tolerancia muy alta a condiciones de alta contaminación y es un grupo con una alta diversidad de especies que se encuentra en todo tipo de hábitat y en todas partes del mundo, y por lo tanto es útil al momento de comparar resultados de diferentes lugares.

Las ecuaciones se escriben de la siguiente forma:

$$EPT:C \equiv \frac{\text{Total Epemeroptero} + \text{Total Plecoptero} + \text{Total Tricopteros}}{\text{Total Chironomidos}} \quad Ec. 6$$

$$EPT:Total \equiv \frac{\text{Total Epemeroptero} + \text{Total Plecoptero} + \text{Total Tricopteros}}{\text{Total Organismos Colectados}} \quad Ec. 7$$

## Índice Biótico a Nivel de Familia (FBI)

El índice biótico a nivel de familia (FBI, por sus siglas en inglés) (Hilsenhoff, 1988) es

un sistema desarrollado en Wisconsin para detectar contaminación orgánica. Este índice fue adaptado del índice biótico a nivel de especie (Hilsenhoff 1977, 1982, 1987) con el propósito de desarrollar un índice de evaluación rápida. Hilsenhoff le asignó un valor de tolerancia a cada especie del 0 al 10 a cada especie de acuerdo a su habilidad de habitar en áreas con limitado oxígeno disuelto, con valores más altos indicando su habilidad de encontrarse en condiciones de mayor contaminación. Para determinar el valor de cada familia tomó el promedio con factores de peso (“weighted average”) de los valores de tolerancia de cada especie de esa familia basada en su abundancia relativa en Wisconsin.

El FBI se calcula multiplicando el número de individuos de una familia por el valor de tolerancia de cada Familia (**Tabla I**), sumando estos productos y dividiendo por el total de insectos en la muestra (ver Ecuación 9).

$$FBI \equiv \sum_{i=1}^s (p_i \times Tolerancia_i) / Total \ Insectos \ en \ la \ Muestra$$

Ec. 8

**Tabla I:** Tolerancias usadas como Factores de Peso para el Método de FBI

Valores de Tolerancia usados en el Método FBI	
Familia	Valor de tolerancia (Hilsenhoff, 1988)
Chrysomelidae	-
Elmidae	4
Psephenidae	4
Staphilinidae	-
Blephariceridae	0
Chironomidae	8
Dixidae	-
Empididae	6
Psychodidae	10
Simuliidae	6
Taumeridae	-
Baetidae	4
Caenidae	7
Leptophlebiidae	2
Veliidae	-
Pyralidae	5
Coenagrionidae	9
Libellulidae	9
Calamoceratidae	-
Glossosomatidae	0
Hydropsychidae	4
Hydroptilidae	4
Philopotamidae	3

El índice tiene un rango del cero (0) al diez (10), donde valores bajos corresponden a

menor cantidad de contaminación orgánica. Hilsenhoff propone una guía donde estos valores se dividen de acuerdo al posible nivel de contaminación orgánica (ver **Tabla II**).

**Tabla II: Calidad de Agua versus Valores de FBI**

Evaluación de Calidad de Agua Utilizando el Índice Biótico a Nivel de Familia (FBI)		
Valor FBI	Calidad de agua	Grado de contaminación orgánica
0.00 - 3.75	Exelente	Contaminación orgánica improbable
3.76 - 4.25	Muy buena	Ligera contaminación orgánica posible
4.36 - 5.00	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5.01 - 5.75	Razonable	Bastante contaminación orgánica probable
5.76 - 6.50	Relativamente pobre	Contaminación orgánica substancial probable
6.51 - 7.25	Pobre	Contaminación orgánica muy substancial probable
7.26 - 10.00	Muy Pobre	Severa contaminación orgánica probable

El índice a nivel de especie es mucho más preciso que el de familia, ya que si dentro de una familia “intolerante” prevalecen sus especies “tolerantes” se puede sobrestimar el valor real y viceversa. Sin embargo, para nuestro caso, donde la taxonomía de muchos de los grupos encontrados no ha sido completamente estudiada, y mucho menos sus tolerancias específicas, el FBI serviría como un buen estimador de calidad general de agua.



# Resultados

**Tabla III: Órdenes y Familias Encontradas en las Estaciones Evaluadas en La Cuenca de Río Grande de Manatí**

Estación		San Lorenzo	Naranja Dulce	Dos Bocas	La Línea	Vaga	Pozas	Total
Orden	Familia	Espec./menes	Espec./menes	Espec./menes	Espec./menes	Espec./menes	Espec./menes	Espec./menes
Coleoptera	Chrysomelidae	0	0	0	1	0	0	1
	Elmidae	20	119	47	56	87	93	422
	Psephenidae	0	0	0	0	3	0	3
	Staphilinidae	13	543	29	41	2	6	634
Diptera	Blephariceridae	0	0	13	0	0	0	13
	Chironomidae	8	35	28	91	24	9	195
	Dixidae	0	0	1	0	0	0	1
	Empididae	0	0	0	0	2	0	2
	Psychodidae	3	0	2	2	19	9	35
	Simuliidae	57	37	7	66	31	19	217
	Taumeridae	13	0	3	4	0	0	20
	Baetidae	22	4	81	56	186	43	392
Ephemeroptera	Caenidae	0	3	0	0	1	0	4
	Leptophlebiidae	0	3	13	0	11	34	61
Hemiptera	Veliidae	0	0	1	0	4	4	9
Lepidoptera	Pyralidae	0	0	8	3	0	4	15
Odonata	Coenagrionidae	3	3	8	8	19	31	72
	Libellulidae	0	0	1	0	6	5	12
Trichoptera	Calamoceratidae	0	0	2	0	0	0	2
	Glossosomatidae	0	0	0	0	2	0	2
	Hydropsychidae	0	0	1	0	0	0	1
	Hydroptilidae	62	82	475	74	50	63	806
	Philopotamidae	0	0	0	11	54	44	109
<b>Total Insectos Acuáticos</b>		<b>201</b>	<b>829</b>	<b>720</b>	<b>413</b>	<b>501</b>	<b>364</b>	<b>3028</b>
<b>Total Familias</b>		<b>9</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>23</b>

**Tabla IV: Resultados de los índices para cada una de las Estaciones Estudiadas**

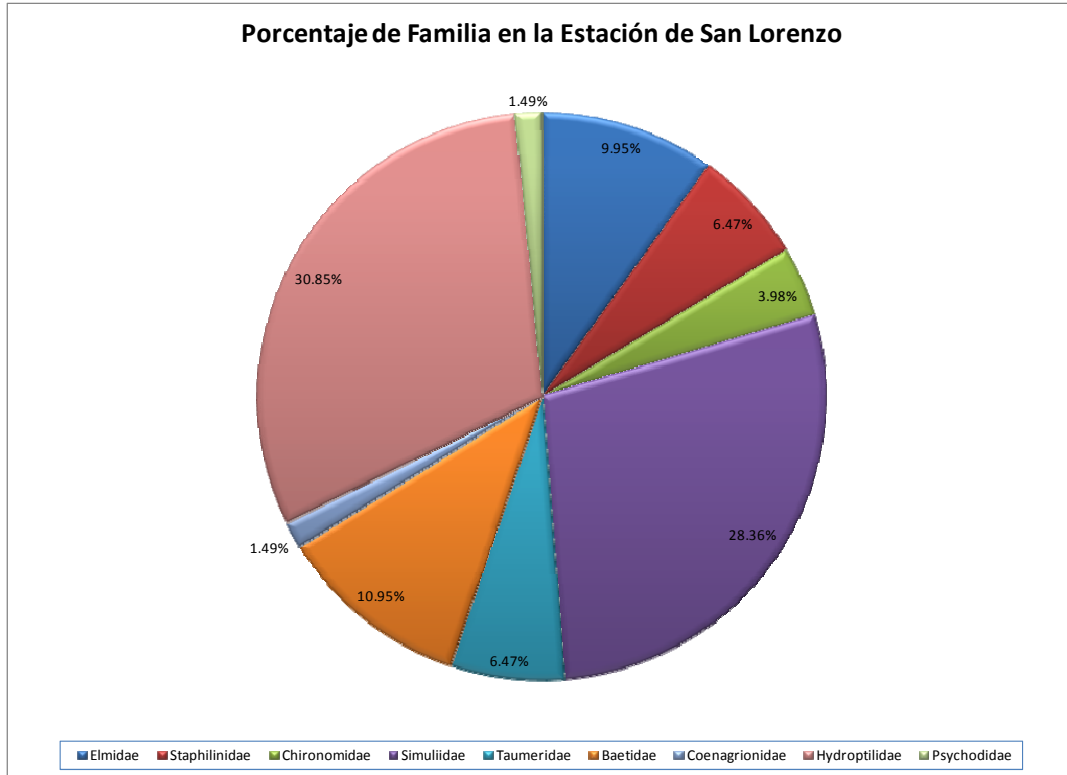
Localidades	Índices					
	Bióticos			Biodiversidad		
Estaciones	EPTC	EPTT	FBI	Shannon-Wiener	Simpson	Riqueza de Familias
San Lorenzo	10.5	41.79	4.37	1.80	0.20	9
Naranja Dulce	2.63	11.09	1.66	1.14	0.46	9
Dos Bocas	20.43	79.44	3.96	1.34	0.46	17
La Línea	1.55	34.14	4.86	2.00	0.15	12
Vaga	12.67	60.68	4.59	1.99	0.20	16
Pozas	20.44	50.55	4.44	2.15	0.14	13
Total	7.06	45.48	3.64	2.08	0.16	23

**Tabla V:** Métodos de Biodiversidad ajustados a nivel de Familia para cada una de las Estaciones Estudiadas y para el Total

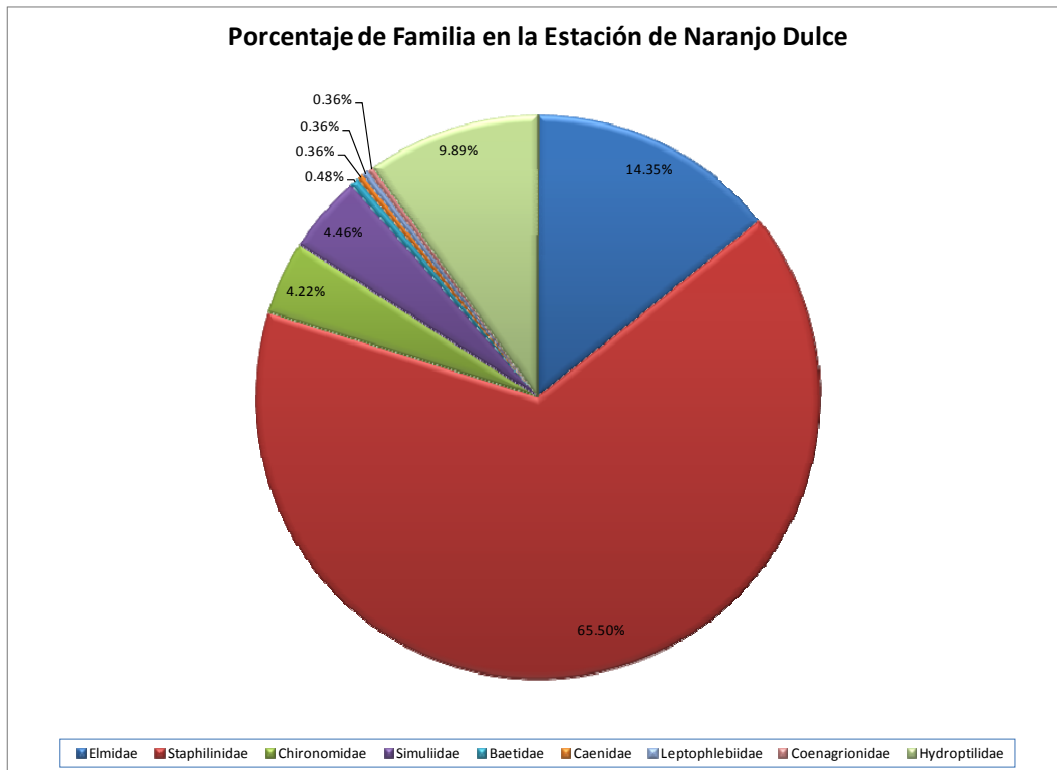
<b>Comparación de Métodos Ajustados a Familias</b>			
<i>Estación</i>	<i>Shannon-Wiener</i>	<i>Simpson</i>	<i>Riqueza de Familias</i>
San Lorenzo	6.05	4.9	9
Naranja Dulce	3.14	2.16	9
Dos Bocas	3.8	2.19	17
La Línea	7.39	6.58	12
Vaga	7.34	5.06	16
Pozas	8.61	7.04	13
Total	8.03	6.16	23

**Tabla VI:** Métodos de Biodiversidad ajustados a Porcentajes para cada una de las Estaciones Estudiadas

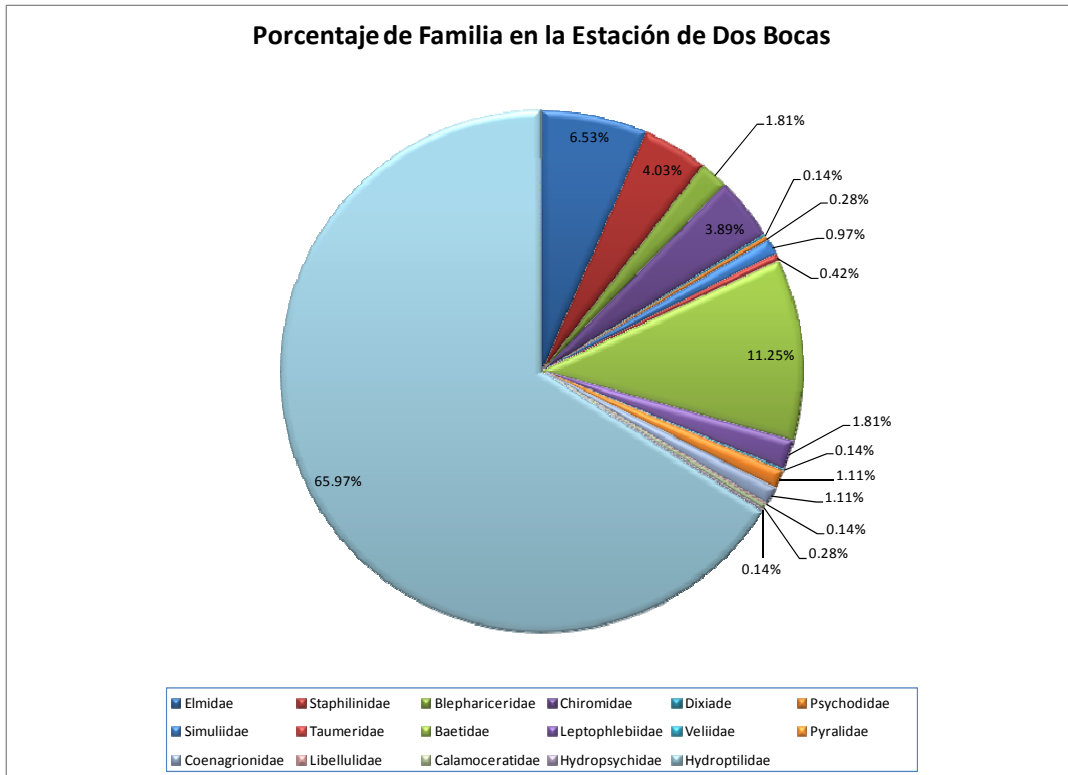
<b>Comparación de Métodos Ajustados a Porcentajes</b>		
<i>Estación</i>	<i>Shannon-Wiener</i>	<i>Simpson</i>
San Lorenzo	81.92	79.61
Naranja Dulce	52.06	53.74
Dos Bocas	47.16	54.44
La Línea	80.47	84.80
Vaga	71.86	80.23
Pozas	83.98	85.79



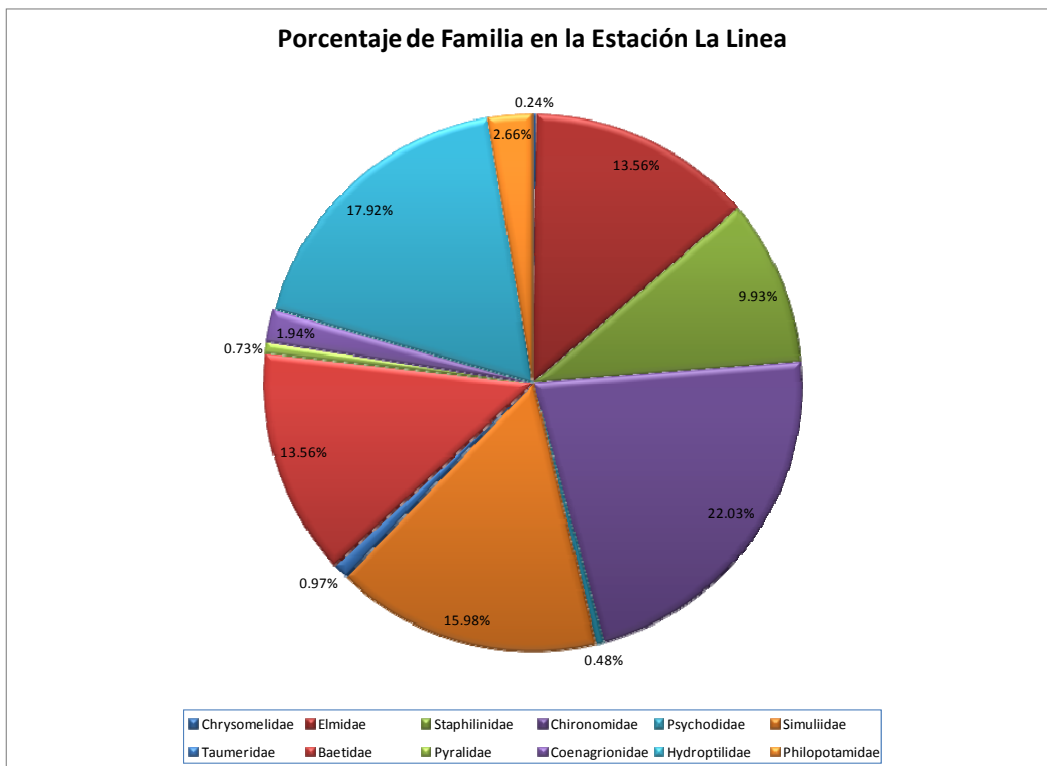
**Ilustración I:** Porcentajes de Familias Encontradas en la Estación de San Lorenzo



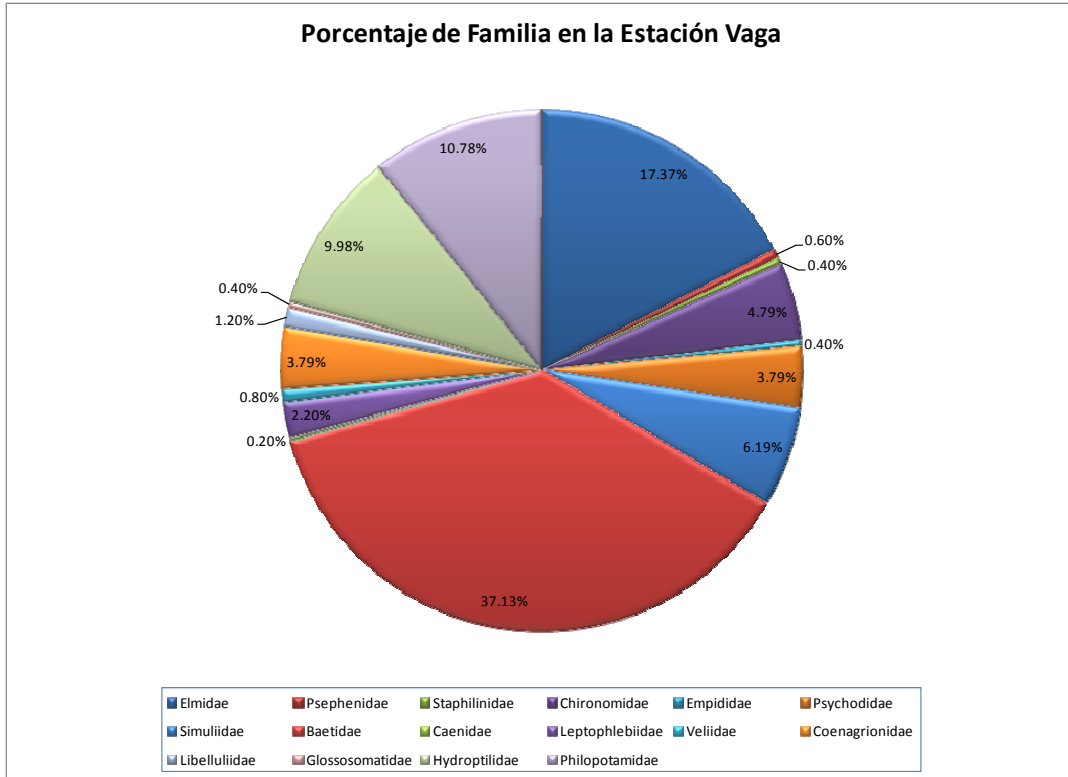
**Ilustración II:** Porcentajes de Familias en la Estación de Naranjo Dulce



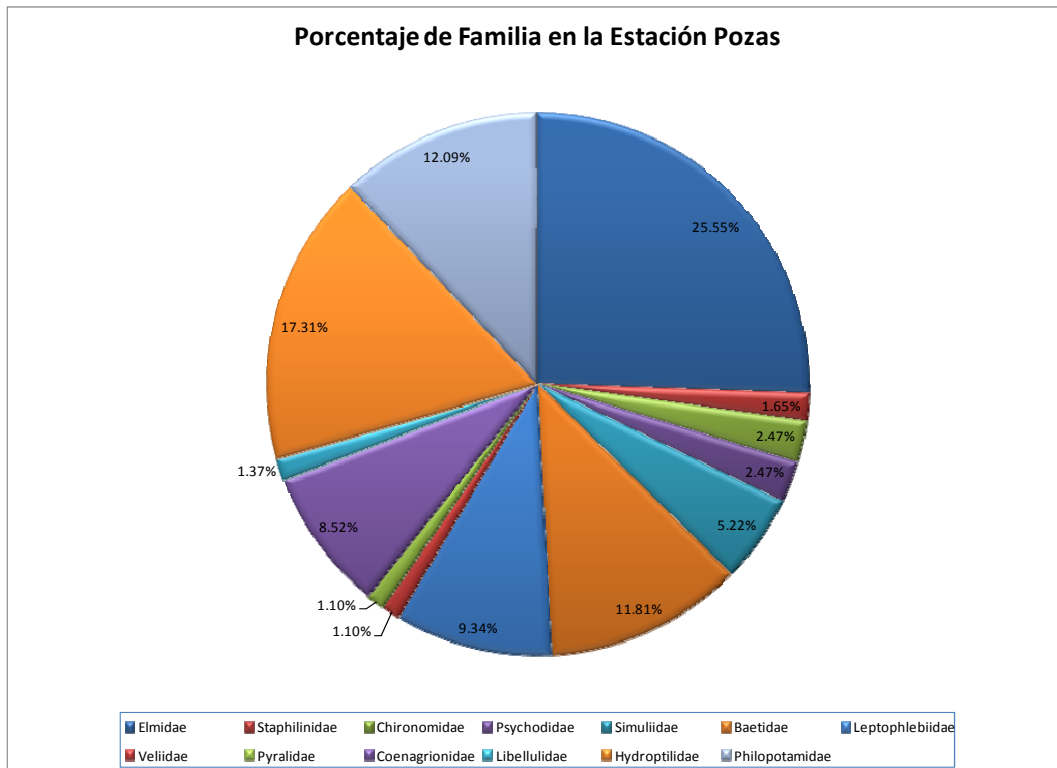
**Ilustración III: Porcentajes de Familias en la Estación de Dos Bocas**



**Ilustración IV: Porcentajes de Familias en la Estación de La Línea**

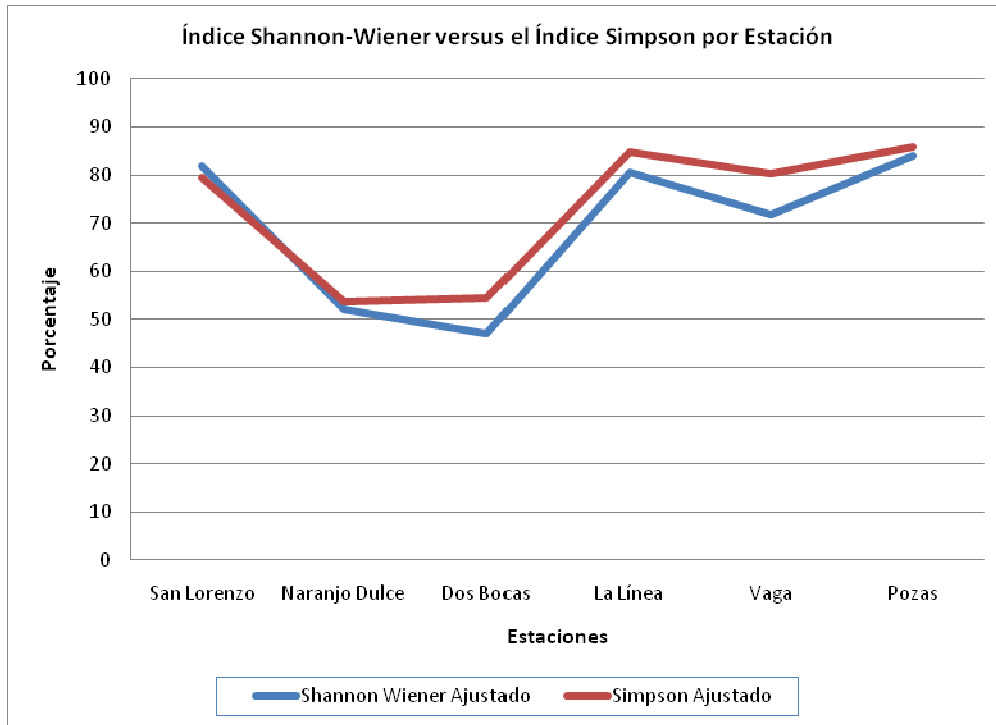


**Ilustración V: Porcentajes de Familias en la Estación de Vaga**

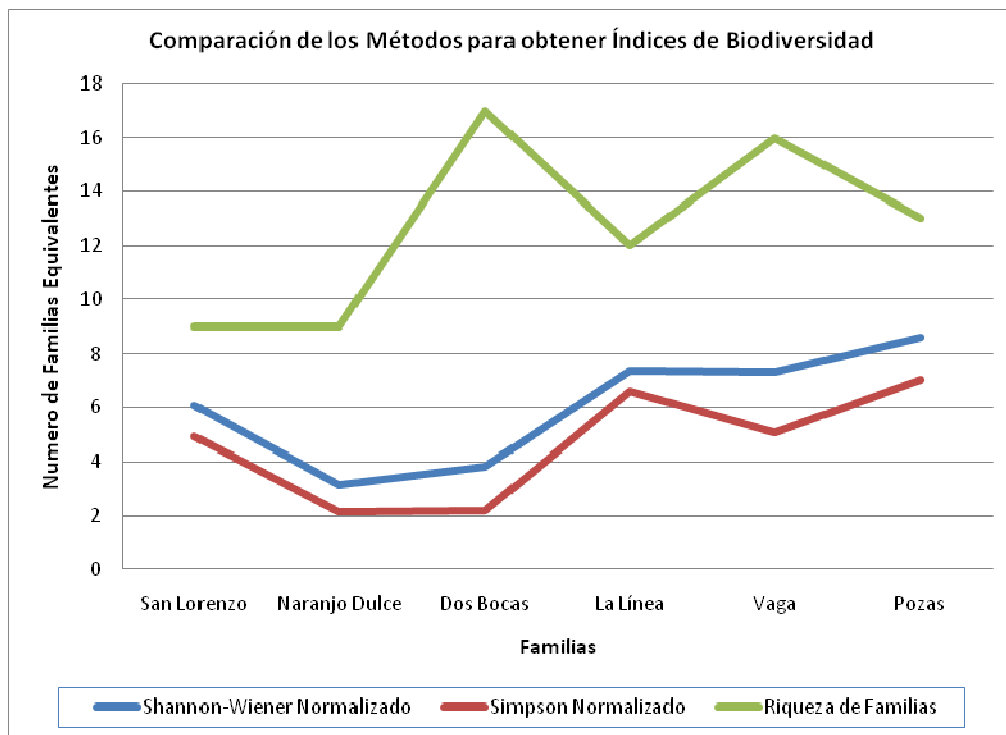


**Ilustración VI: Porcentajes de Familias en la Estación de Pozas**





**Ilustración VII:** Índice Shannon-Wiener versus el Índice Simpson por Estación Estudiada (ajustado a porcentaje)



**Ilustración VIII:** Comparación de Métodos para obtener Índices de Biodiversidad (ajustado a familias)

### Porcentaje de las Familias Encontradas en las Seis Estaciones

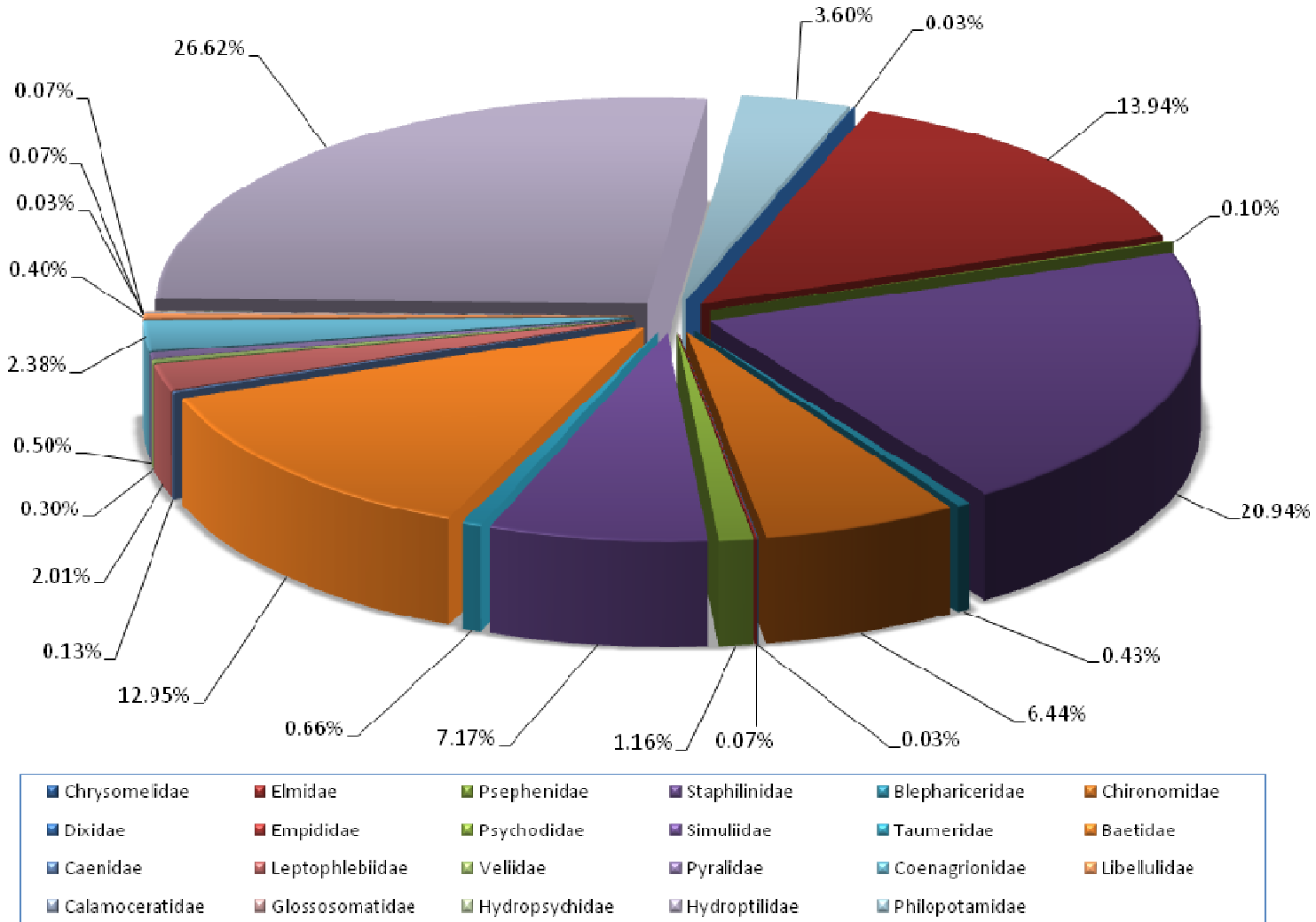


Ilustración IX: Porcentajes de las Familias Encontradas en las Estaciones Estudiadas

# Análisis

Una medida sencilla de diversidad de especies es tomar sólo en cuenta el número de especies o familias presentes en un ecosistema, sin considerar la proporción en que se encuentran las mismas, como el método de Riqueza de Especies. Tomando esto en consideración en el tramo del Río Grande de Manatí se encontraron 23 familias (ver **Tabla III** y **Anejo III**). Al considerar las estaciones por separado, la estación con mayor diversidad es la estación de Dos Bocas, con diecisiete (17) familias, seguida por Vaga con dieciséis (16), Pozas con trece (13), La Línea con doce (12) y San Lorenzo y Naranja Dulce con nueve (9) familias.

Tomando en cuenta la proporción de las especies encontradas vemos que, aunque se encontraron 23 familias, el 88.02% de los 3,028 individuos colectados en las seis estaciones evaluadas durante esta investigación son pertenecientes a las siguientes seis familias: Hydroptilidae (26.62%), Staphilinidae (20.94%), Elmidae (13.94%), Baetidae (12.95%), Simuliidae (7.17%) y Chironomidae (6.44%) (**Ilustración IX**). Esto significa que el restante 12% de los individuos pertenecen a diecisiete (17) familias. Al ver esta tendencia por estación podemos distinguir que este es patrón observable en cada una de las estaciones, ya que aunque cada una presenta de 9 a 17 familias, solo una o dos forman la mayor parte de la muestra:

- En Dos Bocas (**Ilustración III**) el 65.97% de las muestras pertenecen a la familia Hydroptilidae y un 11.25% a la familia Baetidae.
- En Naranja Dulce (**Ilustración II**) el 65.50% de los individuos fue de la familia Staphilinidae y el 14.35% de la familia Baetidae.
- En Vaga (**Ilustración V**) tuvo un 37.13% de muestras de la familia Baetidae y un 17.37% de la familia Elmidae.
- En San Lorenzo (**Ilustración I**) un 30.85% y 28.36% pertenecen a las familias Hydroptilidae y Simuliidae respectivamente.
- En Pozas (**Ilustración VI**) un 25.55% son de la familia Elmidae y un 17.31% de la familia Hydroptilidae.
- En La Línea (**Ilustración IV**) un 22.03% pertenecen a la familia Chironomidae y un 17.92% pertenecen a la familia Hydroptilidae.

Al analizar los resultados de los índices de biodiversidad de Shannon-Wiener y el de Simpson ajustados (**Tabla VI** e **Ilustración VII**) podemos notar que ambos están correlacionados. Las estaciones Naranja Dulce y Dos Bocas son las que presentan una menor diversidad de especies. Este resultado se debe al hecho que en estas estaciones fue que se observó la diferencia marcada entre la abundancia de las familias, ya que el balance de las especies se ve afectado por la presencia de una especie absolutamente dominante.

En la **Ilustración VII** se grafica la cantidad de familias observada y la cantidad de familias calculadas luego de convertir los valores de los índices de Shannon-Wiener y Simpson a números efectivos de familias utilizando el método de Jost. De nuevo, se observa claramente que al tomar en consideración el balance de las familias encontradas, el número efectivo de familias es mucho menor que el observado. Además, los valores del Índice de Simpson presentan valores algo menores que los informados por Shannon-Weaver, sin embargo, ambos métodos presentan el mismo patrón entre estaciones.

Los resultados de la prueba EPT:C dictan que las estaciones de Dos Bocas y Pozas tienen la mejor proporción de insectos (Chironomidos) que sugieren una buena calidad de agua (**Tabla IV**). La prueba EPT:T dice que las estaciones Dos Bocas y Vaga tienen las mejores proporciones de insectos que son usados como indicadores de buena calidad de agua y por lo tanto deben poseer condiciones favorables. Al también analizar los resultados de la prueba de FBI (**Tabla IV**) vemos que según los estándares definidos por Hilsenhoff (**Tabla II**), la estación de Naranja Dulce tiene una calidad de agua excelente mientras, que las estaciones de San Lorenzo, Dos Bocas y Pozas tienen calidades de agua muy buenas, y las estaciones de La Línea y Vaga se consideran de buena calidad de agua.

## Conclusión

Después de un cuidadoso estudio de los resultados obtenidos en los seis tramos estudiados de la cuenca del Río Grande de Manatí y de analizar los mismos a la luz de varios métodos de biodiversidad (Método de Riqueza de Especies, Shannon-Wiener y Simpson) e inclusive métodos de calidad de agua (EPT:C, EPT:Total y FBI) podemos llegar a nuestras conclusiones. La primera es, que las estaciones estudiadas presentan una gran diversidad de especies y según las herramientas utilizadas presentan unas cualidades de moderadas a buenas que crean la necesidad de protección. O en otras palabras, dependiendo de la forma en que estudie la data obtenida se ve que ciertos tramos tienen ventajas comparativas versus otros.

El método de riqueza de especies (en nuestro caso, familias) nos dice que los tramos de la estación de Dos Bocas y Vaga tuvieron la mayor biodiversidad. Tanto el método de Shannon-Wiener como el de Simpson al ser normalizados (**Tabla V e Ilustración VII**) muestran resultados similares, lo que podría indicar que ambos métodos son igualmente válidos para este tipo de estudio. Se necesitarían muchos estudios similares para poder aceptar o denegar esta hipótesis. Estos resultados reflejan que las estaciones con mejores condiciones, desde el punto de vista de biodiversidad lo son San Lorenzo, La Línea, Vaga y Pozas. Los valores de biodiversidad normalizados al porcentaje varían de aproximadamente el 45% al 84% (**Tabla VI**). Las estaciones con valores menores fueron las de Naranja Dulce y Dos Bocas y los mismos son aceptables (no hay daño mayor en estas estaciones).

Los métodos bióticos usados nos permiten concluir que, de acuerdo a los resultados de EPT:Total, Dos Bocas, a pesar de no tener buenos resultados en los métodos de biodiversidad más comunes (Shannon-Wiener y Simpson), obtuvo los mejores resultados de la prueba EPT:Total. Esto es importante, ya que a pesar de que no posee una alta diversidad comparado con las otras estaciones, la composición de los grupos de insectos acuáticos que posee, tiende a los grupos sensibles a contaminantes, los cuales se consideran como mejores indicadores de calidad de agua. Por otro lado, los resultados de esta prueba sugieren que entre las estaciones la única que aparenta encontrarse en condiciones pobres de calidad es Naranja Dulce. Sin embargo, al comparar con los resultados del FBI, la composición de las familias de esta estación es la que refleja tener una condición de aguas excelente, sin muestra de contaminación orgánica. Según los resultados de la prueba EPT:C las estaciones Dos Bocas y Pozas son las que obtuvieron un mayor valor. Aunque este método no tiene rangos predeterminados, nos indica que las estaciones tienen niveles buenos de calidad de agua. Debido a las limitaciones de nuestro estudio no se pudieron tomar pruebas de química de agua para poder corroborar estos datos, sin embargo, la composición biótica indica que si existe algún grado de contaminación, no es tan elevado.



Al unir todas las conclusiones, se observa, que como se aseveró anteriormente, cada estación sobresale dependiendo del método. Se concluye también que cada estación tiene una biodiversidad aceptable, por lo que se considera viable para que se le otorgue protección gubernamental. No obstante, se recomienda el estudiar detalladamente la misma para validar con una muestra mayor los resultados aquí obtenidos.

Es necesario que este tipo de investigación se realice para estudiar la Entomofauna Acuática en todas las cuencas de Puerto Rico para determinar cuáles son necesarias para la protección del recurso agua y además crear planes para restaurar las que han sido afectadas por el hombre. Es muy importante que también se realicen estudios de calidad de agua para poder desarrollar herramientas específicas que nos permitan determinar las especies características de nuestras aguas prístinas y sus niveles de tolerancia y poder tener esos datos de referencia al momento de comparar otros cuerpos de agua.

## Agradecimientos

Deseamos agradecer a cada una de las personas que colaboraron con esta investigación. Asimismo, reconocemos al grupo técnico de la Oficina de Monitoreo del Plan de Agua del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) por colaborar en las visitas de campo, apoyarnos durante el proceso de toma de muestras, facilitarnos las imágenes satelitales de las estaciones evaluadas y proporcionarnos las referencias geográficas de las mismas. Agradecemos al Dr. Carlos J. Santos Flores de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez por colaborar en la identificación de varios especímenes. Finalmente, agradecemos al Ing. Jimmy C. Pujols Cruz, quien además realizar sugerencias acertadas en la etapa cuantitativa de esta investigación, colaboró con la parte estadística durante el proceso analítico de este trabajo.

## Literatura Citada y Referencias

- Alexander, C.P. y G.W. Byers. 1981. Tipulidae (Ch. 7, pp. 153-190). In: M<sup>c</sup> Alpine et al., Manual of Nearctic Diptera.
- Barbour, M.T., J.Gerritsen, B.D. Zinder, and Stribling, 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Stream and Wadeable Rivers: Periphyton. Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- Berner, L. y M. L. Pescador. 1988. The Mayflies of Florida. Gainesville. University Presses of Florida. 415+xvi pp.
- "Bioindicador," Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2009 <http://es.encarta.msn.com> © 1997-2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- Boon, P.J. Notes on the distribution and Biology of Smicridea (Trichoptera: Hydropsychidae) in Jamaica. Archiv für Hydrobiologie, 111:423-433.
- Bouchard, R.W. 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208 pp.
- Bueno, J. *et al.* 2005 Biodiversidad del Estado de Tabasco. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/FichapubCP008.pdf>
- Byers, G.W. 1982. Tipulidae (pp. 407-414). In: Hurlbert, S. H. y A. Villalobos-Figueroa, Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies.
- Castellanos, P. M. y C. Serrato: Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 32(122): 79-86, 2008. ISSN 0370-3908.
- de la Rosa, C. 1997. Chironomidae. In: Solís, A. (ed.) Las Familias de insectos de Costa Rica. INBio. <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto197.html>
- Denning, D.G., V.H. Resh y C.L. Hogue. 1983. New species of Phylloicus and a new Neotropical genus of Calamoceratidae (Trichoptera). Aquatic Insects, 3:181-191.
- Dodds, W.K. 2002. Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications. Academic Press, San Diego, CA. 166pp.

- Dodson, S.I. 2005. Introduction to Limnology. McGraw-Hill Companies, Inc, Avenue of Americas, NY. 109pp.
- Edmunds, G. F., Jr. 1982. Ephemeroptera. In: Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies, S. H. Hurlbert and A. Villalobos-Figueroa (eds.), pp. 242-248. San Diego State University.
- Esquivel, C. 1997. Aeshnidae. In: Solís, A. (ed.) Las Familias de insectos de Costa Rica. INBio. <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto219.html>
- Esquivel, C. 1997. Lestidae. In: Solís, A. (ed.) Las Familias de insectos de Costa Rica. INBio. <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto225.html>
- Esquivel, C. 1997. Coenagrionidae. In: Solís, A. (ed.) Las Familias de insectos de Costa Rica. INBio. <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto221.html>
- Esteves, F.A. 1988. Fundamentos de Limnología. Ed. Interciencias. FINEP. Rio de Janeiro, Brasil. 578 pp.
- Flint, O.S., Jr. 1978. Studies of Neotropical caddisflies, XXII: Hydropsychidae of the Amazon Basin (Trichoptera). Amazoniana, 6:373-421.
- Flint, O.S., Jr. 1970. Studies of Neotropical caddisflies, X: Leucotricha and related genera from North and Central America (Trichoptera: Hydroptilidae). Smithsonian Contributions to Zoology, 60:1-64.
- Flowers, W.R., 1992. Review of the genera of Mayflies of Panama, with a checklist of Panamanian and Costa Rican species. In Insects of Panama and Mesoamerica select studies. D. Quintero and A. Aiello (eds) University Press. 37-51pp.
- Flowers, W.R. Familia Caenidae. Agricultural Research Programs Florida Agricultural and Mechanical University, Tallahassee, FL 32307, USA <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto12.html>
- Forattini, O.P. 1973. Entomología Médica. IV. Psychodidae. Phlebotominae. Leishmaniasis. Bartonelose. Edgar Blucher, S. Paulo, 658 pp.
- García y Díaz, J. 1938. An ecological survey of the fresh water insects of Puerto Rico. I. Odonata with new life histories. J. Agr. Univ. Puerto Rico, 22(1):43-96.
- Gelhaus, J. Familia Tipulidae. Department of Entomology United States National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 20560, USA <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto21.html>
- Henry, C.S.; Penny, N.D.; Adams P.A., 1992. The neuropteroid orders of Central America (Neuroptera and Megaloptera). In Insects of Panama and Mesoamerica

- Selects estudios. D. Quintero and A. Aiello (eds) University press. 432-457pp.
- Hilsenhoff, W. L. 1987. An improved biotic index of organic stream pollution. Great Lakes Entomologist 20:31-39.
- Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society. 7:65-68.
- Holzenthall, R., 1980. Familia Glossosomatidae. . Department of Entomology, University of Minnesota, Twin Cities, 219 Hodson Hall, 1980 Folwell Avenue, St. Paul, Minnesota 55108, USA.  
<http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto117.html>
- Holzenthall, R., 1980. Familia *Calamoceratidae*. . Department of Entomology, University of Minnesota, Twin Cities, 219 Hodson Hall, 1980 Folwell Avenue, St. Paul, Minnesota 55108, USA.  
<http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto33.html>
- Holzenthall, R., 1980. Familia Hydropsychidae. Department of Entomology, University of Minnesota, Twin Cities, 219 Hodson Hall, 1980 Folwell Avenue, St. Paul, Minnesota 55108, USA.  
<http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto18.html>
- Holzenthall, R., 1980. Familia Hydroptilidae. Department of Entomology, University of Minnesota, Twin Cities, 219 Hodson Hall, 1980 Folwell Avenue, St. Paul, Minnesota 55108, USA. <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto49.html>
- Holzenthall, R., 1980. Familia Philopotamidae. Department of Entomology, University of Minnesota, Twin Cities, 219 Hodson Hall, 1980 Folwell Avenue, St. Paul, Minnesota 55108, USA. <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto131.html>
- Hurlbert, S.H. & A. Villalobos-Figueroa (eds.) 1982. Aquatic Biota of Mexico, Central America and the West Indies. San Diego State University Press. San Diego, CA. 529pp.
- Marshall, J.E. 1979. A review of the genera of the Hydroptilidae (Trichoptera). Bulletin of the British Museum of Natural History, 39:135-239.
- McCafferty, W.P. 1998. Aquatic Entomology: The fishermen's and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives. Jones and Bartlett Publishers, Canada. 448pp.
- Merritt, R.W & K.W. Cummings (eds.). 1996. An Introduction to the Aquatic insects of North America 3<sup>rd</sup> ed. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa. 862pp.
- Merritt, R. W., and Cummins, K. W., 1996. "An introduction to the aquatic insects of

- North America". Kendall/Hunt Publishing Company.
- Klots, E. B. 1932. Insects of Porto Rico and Virgin Islands. Odonata or dragon flies. Scientific survey of Porto Rico and the Virgin Islands. 14(1):1-107.
- Murillo, J. y R. Zeledón. 1986. Flebótomos de Costa Rica (Diptera, Psychodidae). Brenesia, Museo Nacional (Hist. Natural) San José, Costa Rica. Supl. N. 23, 137 pp.
- Murillo, J., 1986. Familia Psychodidae. Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.  
<http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto103.html>
- Müller, F. 1980. Sobre as casas construidas pelas larvas de insectos trichopteros da provincia de Santa Catharina. Archivos do Museu Nacional Rio de Janeiro, 99-134, 210-214, láminas VIII-XI.
- Novelo y Gutiérrez, R., 1992. Biosystematics of the larvae of the genus *Argia* in Mexico (Zygoptera: Coenagrionidae). Odonatologica 21, 39-71.
- Novelo y Gutiérrez, R., 1994. Las náyades de *Protoneura aurantiaca* Selys y *P. cupida* Calvert (Odonata: Zygoptera: Protoneuridae). Folia Entomologica Mexicana 90, 25-31.
- Novelo y Gutiérrez R., 1997. Clave para la determinación de familias y géneros de las náyades de Odonata de México Parte II. Anisoptera. Dugesiana 4(2): 31-40pp.
- Peters, W. L. 1971. A revision of the Leptophlebiidae of the West Indies (Ephemeroptera). Smithsonian Contributions to Zoology 62: 1-48.
- Polhemus, J.T., 1984. Aquatic and Semiaquatic Hemiptera. In An Introduction to the aquatic insects. Merrit and Cummins (eds). 231- 260pp.
- Puig, A. Bioindicadores (= indicadores biológicos).  
<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Bioindic.html>
- Ramírez, A., 2006. Una guía para aprender sobre insectos acuáticos Neotropicales.  
<http://ites.edu/ramirez/ls/acuaticos.html>
- Ramírez, A. y Rosas, K.G., 2006. Insectos acuáticos de Puerto Rico: Guía para la identificación de las familias. Instituto para Estudios de Ecosistemas Tropicales Universidad de Puerto Rico, Río Piedras.
- Paulson, D. R. 1982. Odonata. In: S. H. Hurlbert and A. Villalobos-Figueroa (eds.), Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies. Pp. 249-277. San Diego State University. San Diego California.

- Reese, J.J. 2002. A Guide to Common Freshwater Invertebrates of North America. McDonald & Woodward Publishing Company, Blacksburg, Virginia. 10pp.
- Roldán, G., 1988. Guía para el Estudio de Macroinvertebrados Acuáticos. Departamento de Antioquia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 217pp.
- Roldán P., G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. 217 + xi pp.
- Ross, H.H. 1956. Evolution and Classification of the Mountain Caddisflies. University of Illinois Press, Urbana, Illinois. 213pp.
- Solís, A. Familia Elmidae. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Heredia, Costa Rica.  
<http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto270.html>
- Suárez, Víctor M. Hoja Informativa del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales Oficina de Educación y Publicaciones del DRNA. Información obtenida de la División de Inventario Científico, Sección D.T.O. del DRNA.  
[http://www.proyectosalohogar.com/Diversos\\_Temas/Rios\\_de\\_Puerto\\_Rico.html](http://www.proyectosalohogar.com/Diversos_Temas/Rios_de_Puerto_Rico.html)
- Traver, J. R. 1938. Mayflies of Puerto Rico. Journal of Agriculture, University of Puerto Rico 22: 5-45.
- Vargas, V M. 1976. Notas sobre Artropodología Médica. Oficina de Publicaciones Universidad de Costa Rica.
- Viterbo, E., 2000. Descripción de la Entomofauna Acuática Asociada al Río Santa Clara en Verrugas, República de Panamá.  
<http://www.monografias.com/trabajos10/descrip/descrip.shtml?relacionados>
- Voshell, J.R. 2002. A Guide to Common Invertebrates of North America. The McDonald & Woodward Publishing Company, Blacksburg, Virginia. 442pp.
- Wade, K.R., Ormerod, J.J., & Gee, A.S. 1989. Classification and ordination of macroinvertebrate assemblages to predict stream acidity in upland Wales. Hydrobiologia, 171(1): 59-78.
- Wallace, J.B. & Webster, J.R. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. Annu. Rev. Entomol. 41: 115-139.
- Wallace, J.B., Eggerton, S.L., Meyer, J.L. & Webster. J.R. 1997. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. Science, 277: 102-104.
- Wallace, J.B. y D. Malas. 1976. The fine structure of capture nets of larval

Philopotamidae (Trichoptera), with special emphasis on *Dolophilodes distinctus*.  
Canadian Journal of Zoology, 54:1788-1802.

Westfall Jr., M.J., 1984. Odonata. In An Introduction to the aquatic insects. Merritt and Cummins (eds). 126-176pp.

<http://www.waterbugkey.vcsu.edu/>

<http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto12.html>

<http://www.inbio.ac.cr/papers/coleoptera/PSEPHE.html>



# Anejos

## Anejo I Localización de las estaciones evaluadas

## **Ilustración A - Imagen satelital de las segmentos estudiados**

## **Anejo II - Porcentaje de habitáculos de los segmentos estudiados**

## **Anejo III – Entomofauna acuática en segmentos estudiados**