

**Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su importancia en el ecosistemas  
dulceacuícolas del Río Seco, Tortí, Panamá**

Diversity of aquatic macroinvertebrates and their importance in the freshwater ecosystems  
of Río Seco, Tortí, Panama

**Génesis Almanza**

Ontario Tech University. Canadá.

[zarahialmanza14@gmail.com](mailto:zarahialmanza14@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0001-5029-2369>

**Janaí Domínguez**

University of Arkansas at Fayetteville. Estados Unidos.

[jd072@uark.edu](mailto:jd072@uark.edu) <https://orcid.org/0009-0000-9190-2007>

**José Aguilar Llerena**

Ministerio de Educación, Academia Bilingüe Panamá para el Futuro. Panamá.

[betacaroteno\\_22@yahoo.es](mailto:betacaroteno_22@yahoo.es) <https://orcid.org/0009-0003-1492-2348>

**Digna García**

Ministerio de Educación, Escuela Secundaria Pedro Pablo Sánchez. Panamá.

[bbzareth@gmail.com](mailto:bbzareth@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0008-0689-9789>

\*Autor de correspondencia: [betacaroteno\\_22@yahoo.es](mailto:betacaroteno_22@yahoo.es)

**Recepción:** 17 de enero de 2025

**Aprobación:** 30 de marzo de 2025

**DOI:** <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6770>

**Resumen**

Con el objetivo de determinar la diversidad de macroinvertebrados y su importancia en el ecosistema dulceacuícola de río Seco, se dividió el río en área de amortiguamiento (sitio 1 y 2) y área de impacto directo (sitio 3), siendo monitoreadas entre los meses de julio y septiembre de 2019. Las muestras fueron tomadas de hojarascas, piedras y palos a las orillas del río o sumergidas en él y, además, se utilizó la red Surber. Los ejemplares capturados fueron transportados al laboratorio en bolsas herméticas e identificados con claves taxonómicas. Se recolectaron un total de 706 especímenes de macroinvertebrados,

distribuidas en 10 órdenes y 28 familias. Las ordenes más abundantes fueron Ephemeroptera (262), Coleoptera (167), Hemiptera (120), Diptera (71) y Trichoptera (57). Para determinar la diversidad ( $H'$ ), equitatividad ( $J'$ ) y dominancia ( $D'$ ), se utilizaron los índices de Shannon-Wiener, Pielou, Simpson los resultados evidenciaron una diversidad media, una buena mezcla de especies, con una distribución relativamente equitativa entre ellas, lo que es favorable para la biodiversidad del ecosistema y el protocolo SVAP arrojó un resultado de 8.27 indicando que el área estudiada de río Seco tienen una calidad buena.

**Palabras clave:** biodiversidad, biología marina, calidad del agua

### **Abstract**

To determine the diversity of macroinvertebrates and their importance in the freshwater ecosystem of river Seco, the river was divided into a buffer area (sites 1 and 2) and an area of direct impact (site 3), monitored between July and September 2019. Samples were taken from leaf litter, stones, and logs at the riverbanks or submerged in the water, and a Surber net was also used. The captured specimens were transported to the laboratory in airtight bags and identified using taxonomic keys. A total of 706 macroinvertebrate specimens were collected, distributed across 10 orders and 28 families. The most abundant orders were Ephemeroptera (262), Coleoptera (167), Hemiptera (120), Diptera (71), and Trichoptera (57). To determine diversity ( $H'$ ), equitability ( $J'$ ), and dominance ( $D'$ ), the Shannon-Wiener, Pielou, and Simpson indexes were used. The results showed medium diversity, a good mix of species, with a relatively equitable distribution among them, which is favorable for the biodiversity of the ecosystem. The SVAP protocol yielded a result of 8.27, indicating that the studied area of río Seco has good quality.

**Keywords:** biodiversity, marine biology, water quality

## INTRODUCCIÓN

Los Ecosistemas acuáticos lóticos como ríos, arroyos, manantiales, proveen muchos servicios a los seres humanos, ejemplo para consumo, la irrigación, la industria, recreación, pesquerías y fuente de diversidad, algo esencial para la salud y supervivencia de los seres humanos (Palmer et al., 2004; Cartón, 2024). Estos sistemas fluviales en todo el mundo están siendo sometidos a una fuerte presión humana, lo que ha causado alteraciones importantes en las fuentes de agua que están afectando el hábitat de la fauna acuática (Springer, 2006), es por ello, que su protección es una prioridad generalizada debido al aumento continuo del desarrollo industrial y agropecuario, principalmente en países en vía de desarrollo como Panamá (Ríos et al., 2015). Los insectos acuáticos constituyen el 10% del total de las especies de insectos y están representados por nueve órdenes que cumplen alguna o todas las fases de su ciclo de vida en ríos o lagos (Springer, 2006).

La mayoría de ellos son sumamente importantes ya que cumplen funciones especiales para mantener el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Muchas especies son depredadoras de vectores de enfermedades y otras constituyen parte del alimento de los peces y otros animales acuáticos (Springer, 2006).

En la actualidad constantemente los cuerpos de aguas siguen siendo amenazados por la contaminación, debido a esto es necesario realizar estudios y métodos completos de evaluación para conocer el estado real de estos ecosistemas en cuanto a su diversidad y abundancia de insectos acuáticos ya que éstos juegan un papel importante en el equilibrio y riqueza de los ríos y son una parte fundamental de la cadena alimenticia en el agua, con el fin de salvaguardar y vigilar los futuros recursos hídricos (Emmen et al., 2016; Ruiz- Picos et al., 2017).

En los últimos años se han hecho esfuerzos para mejorar la eficiencia de las herramientas de monitoreo biológico para evaluar los recursos hídricos (Buss et al., 2003; Czerniawska-Kusza, 2005). El uso efectivo de estas herramientas requiere una mejor comprensión de los organismos que tienen mayor influencia en los resultados del índice biótico, así como en los

procesos que determinan la distribución y presencia de ciertos taxones bioindicadores en el medio ambiente (Gonçalves & Menezes, 2011).

El propósito de esta investigación es estimar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su importancia en los ecosistemas dulceacuícolas de río Seco, ubicado en la comunidad de Guacuco, Corregimiento de Tortí. Su nacimiento se encuentra en las montañas dentro de la reserva forestal de la Fundación San Francisco en donde sus aguas son extraídas mediante motor, luego pasadas a un reservorio tipo tanque, filtrada y luego clorada a base de pastillas. Una vez clorada pasan a las tuberías que abastecen a cada casa de la comunidad de Guacuco. Nuestra contribución estará basado en la premisa de que una elevada diversidad y riqueza de familias de macroinvertebrados será indicativo de un buen estado ecológico del río Seco.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

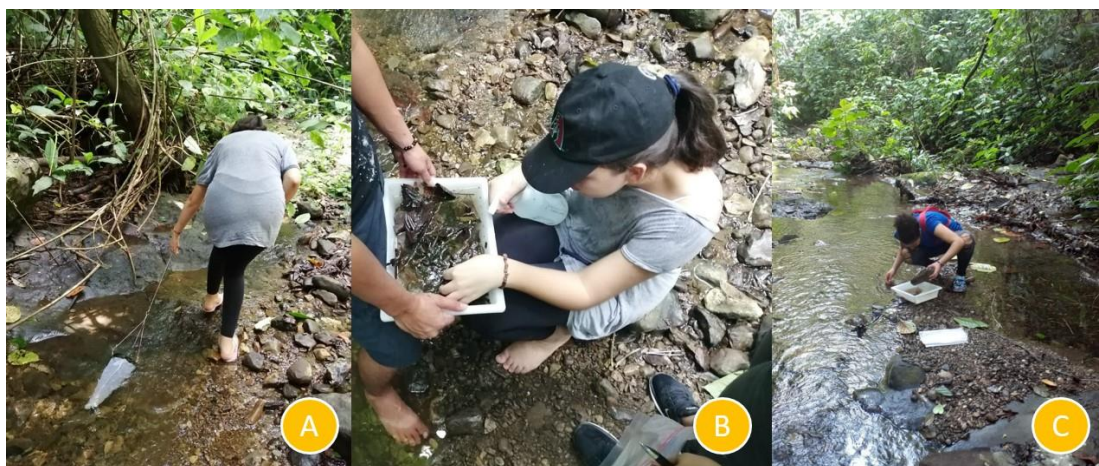
La zona de estudio, se encuentra localizada en el Corregimiento de Tortí, comunidad de Guacuco, ubicados en la cuenca del río Seco, en el Distrito de Chepo, Panamá. Esta cuenca, se ubica entre los 8°57'N y 78°27'O. Este afluente está ubicado en la Región Hídrica Pacífico Oriental, esta región se extiende desde el este de la provincia de Panamá hasta la de Darién, abarcando una extensión de 23 028 km<sup>2</sup>. Incluye cuencas que desembocan hacia el Pacífico y con rangos de precipitación entre los 1700 y 3435 l/m<sup>2</sup> /año y un promedio de 1360 l/m<sup>2</sup> /año (Cornejo et al., 2017).

La colecta de los macroinvertebrados se realizó entre los meses de julio a septiembre de 2019, se establecieron 3 estaciones de muestreo por cada sitio, distribuidas en dos áreas. Se seleccionó un tramo de 2 m<sup>2</sup> en cada sitio objeto de estudio (Roldán, 2003). Se implementaron tres métodos para recolectar: a). Surber de 11 pulgadas de largo X 6 pulgadas de diámetro: la red se coloca sobre el sustrato arenoso, grava-gravilla y rocoso dentro de un cuadrante aplicando el método conocido como kicking, se coloca en el sustrato en contra corriente un metro por dos minutos y se repitió en tres ocasiones, tomando nueve muestras por estación, tres en remansos, corrientes o pozas para cada sitio. b). Colecta manual de hojarasca del fondo, de las orillas, palos y lavado de piedra a tres muestras por sitio. Se utilizaron estas muestras

cualitativas para estimar abundancia y riqueza de macroinvertebrados. c) Red tipo D. Lo recolectado fue depositado en bolsas plásticas de cierre hermético con alcohol al 70%, rotulada y transportada al laboratorio (Figura 1).

### Figura 1.

#### *Colecta de macroinvertebrados*



**Nota.** **A.** Utilizando el Surber (método kicking), **B.** Muestras de hojarasca, **C.** Lavado de piedras.

En el laboratorio se procedió a limpiar las muestras, luego fueron colocados los especímenes en frascos rotulados por sitio de muestreo. La identificación se hizo al estereoscopio y microscopio, se colocaron en frascos y viales con su etiqueta, los especímenes se identificaron hasta nivel de familia, para ello se utilizaron las claves de Merritt & Cummins (1996), Gutiérrez-Fonseca et al., (2010), Gutiérrez-Fonseca (2010), Pacheco Chaves et al. (2010), Serrano-Cervantes et al., (2010), Sermeño-Chicas et al., (2010) y Springer et al., (2010). Una vez terminado se utilizó una cámara KONUS (#5829 CMOS CAMERA USB PLUG) y cámaras digitales para tomar las fotos de individuos por familias.

Los datos se agruparon por sitios, considerando el número de familias dentro de cada orden de insectos colectados. Se determinó la diversidad para cada sitio y por área, con base en el índice de Shannon-Weaver (Margalef, 1998), equidad o equitatividad ( $J'$  = índice de Pielou)

y dominancia o predominio ( $D'$  = índice de Predominio de Simpson), a nivel de familia y para determinar la calidad ambiental del río se utilizó el índice ecológico *Stream Visual Assessment Protocol* (SVAP), evalúa el hábitat físico de un río donde se asignan puntajes de 1 a 10 de acuerdo con 15 métricos. Se pueden quitar algunos métricos dependiendo de las características del lugar, cuando no son aplicables al sitio. Para obtener el resultado de este protocolo se le asignan valores a cada métrica, se suma el total y se divide entre la cantidad de métricas que se evaluaron. Puntajes de 9.6 a 10 son considerados como altos evidenciando un río o quebrada con condiciones sanas ubicándolo en una clase de excelente y valores entre 1 a 2.2 puntajes bajos indicando el mal estado del río o quebrada de clase muy pobre. (Mafla, 2005). Los análisis se realizaron utilizando el programa PAST 4.15 y Microsoft Excel.

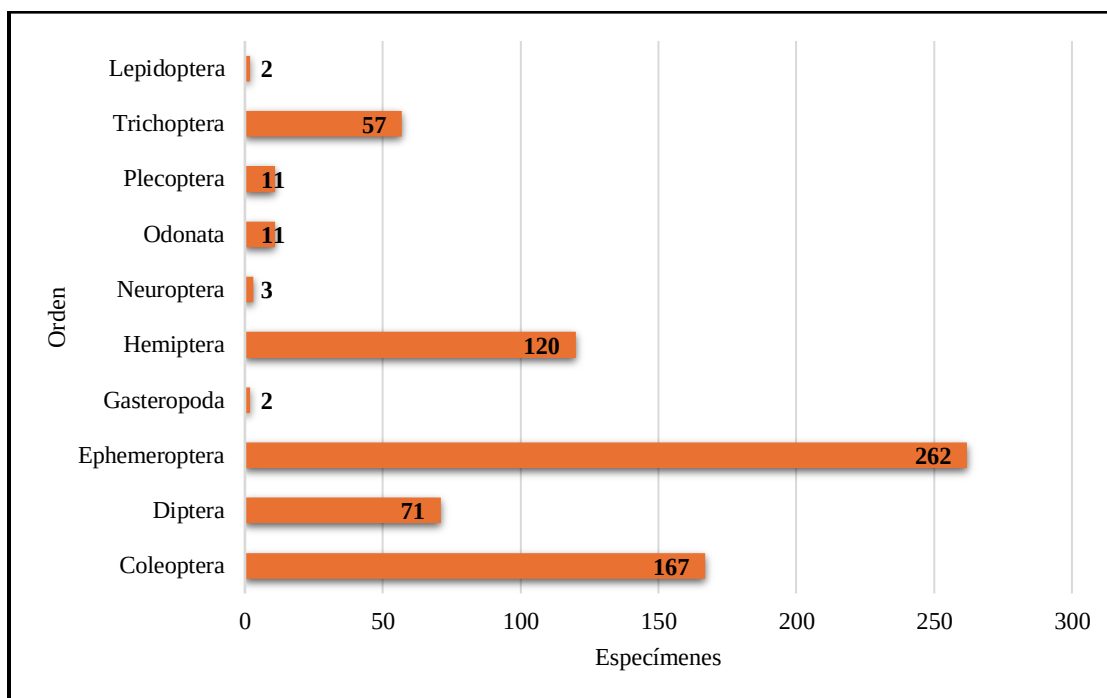
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los tres meses de muestreo realizados en el río Seco se obtuvieron 706 individuos, pertenecientes a 28 familias en 10 ordenes. El orden con más especímenes recolectados fue Ephemeroptera (262), seguido de Coleoptera (167), Hemiptera (120), Diptera (71) y Trichoptera (57) (Figura 2). Los cinco órdenes anteriores agrupan el 95.9% (677) del total (706) de especímenes recolectados. Con relación al número de familias presentes, el río Seco estuvo representado por 28 familias. Los órdenes con más familias registradas fueron Díptera (6), Odonata (5), Hemiptera (4), estos órdenes agrupan el 53.6 % (15), el resto 7 órdenes se agrupan en un 46.4 % (Figura 3). De las familias con mayor cantidad de especímenes presentes están representados por Leptophlebiidae (185), Elmidae (160), Notonectidae (59), Veliidae (55), Baetidae (46), Tipulidae (37), Leptohyphidae (31), Chironomidae y Hydropsychidae con (25) respectivamente (Figura 4).



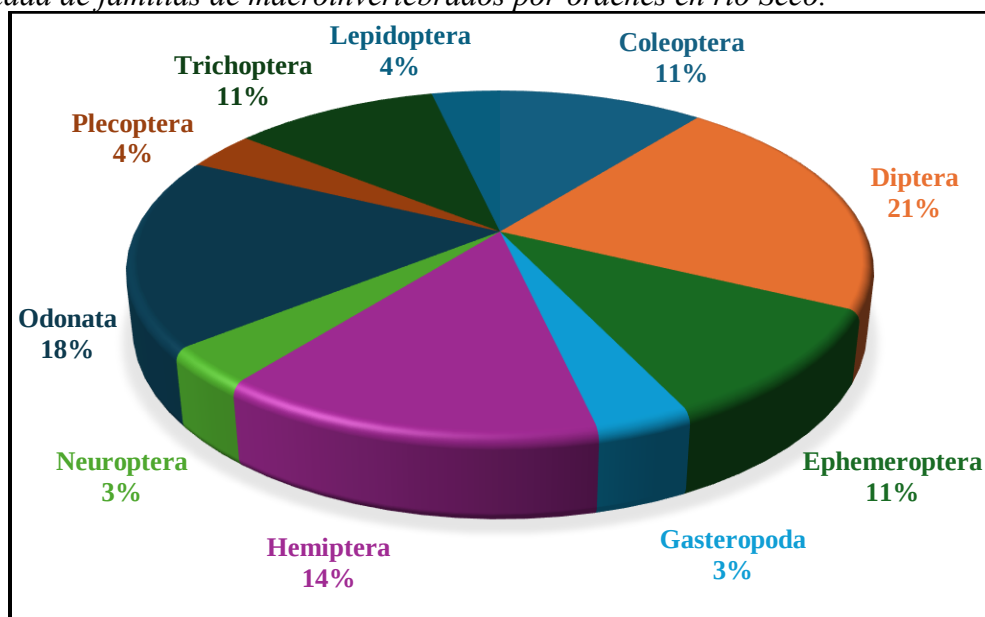
**Figura 2.**

*Abundancia de especímenes por orden en río Seco.*



**Figura 3.**

*Diversidad de familias de macroinvertebrados por ordenes en río Seco.*

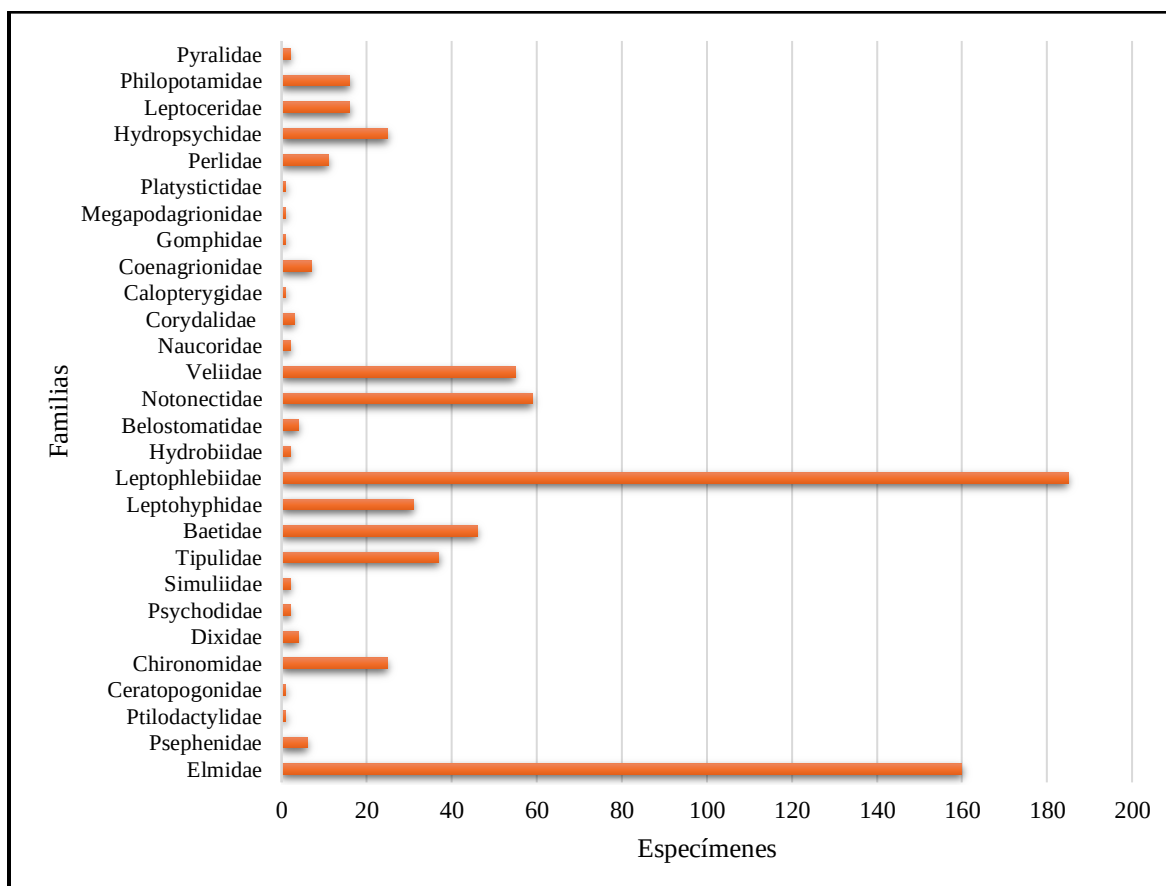


De los sitios de muestreo con mayor abundancia de macroinvertebrados acuáticos fue el sitio 2 con 421 individuos (59.6 %), seguido se encuentran el sitio 1 con 162 (22.9 %) individuos y por último el sitio 3 con 123 individuos (17.4 %). La abundancia fue mayor en la parte del río donde se presentan la mayor cantidad de agua, sedimentación y hojarascas. Situaciones similares presentaron Santamaría & Bernal (2016) en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo donde estas condiciones podrían ser consecuencia de la vegetación ribereña y la cobertura boscosa, debido a que dicho sitio presentaba una perturbación de tipo antropogénica, en nuestro caso realizada para crear acceso a la toma de agua, esto a su vez provocando mayores aberturas de la vegetación que permitieron un aumento de hierbas y mayores entradas de los rayos del sol, puesto que esto podría implicar a un alto crecimiento de microorganismo, que sirve como alimento para los macroinvertebrados acuáticos. El incremento en las temperaturas del agua también estimula la actividad microbiana, lo que favorece el crecimiento del perifiton y resulta en una descomposición más rápida de los materiales, lo que a su vez lleva a un aumento en la cantidad de individuos (Sánchez-Argüello et al., 2010). Según Connolly & Pearson (2007) un aumento en la abundancia de macroinvertebrados generalmente está relacionado con la proliferación de ciertos taxones tolerantes como Chironomidae u Oligochaeta, en los sitios de muestreos estuvo presente individuos de la familia Chironomidae, sin embargo, en el sitio 2 presento mayor cantidad de individuos. Cambios en la composición de la taxonomía también es un indicador común de las respuestas de la comunidad a los cambios en la calidad del agua y del hábitat (Rosenberg y Resh, 1993; Posada et al., 2000). Otro factor influyente en la variación de la composición taxonómica en las comunidades lo asocian Sánchez-Argüello et al., (2010) con la altitud y variables relacionadas al ancho de la corriente y profundidad del agua adicional a una influencia humana (cubierta-dose, sólidos disueltos, fosfatos, carbono orgánico total).



**Figura 4.**

*Abundancia de especímenes colectados por familia de macroinvertebrados en río Seco.*



Cambra & Santos (2014) en un estudio del río Pirre PND comentan que la presencia de una gran abundancia de especímenes del orden Ephemeroptera y Trichoptera ubican a estos ordenes como excelentes bioindicadores de la calidad del agua, algo similar río Seco, donde el orden Ephemeroptera es la más abundante en especímenes y Trichoptera se ubica dentro de las cinco más abundantes (Figura 2). En Panamá los estudios realizados evidencian una abundancia para el orden Ephemeroptera, sobre todo en lugares con poca intervención antropogénica (Castillo & Bernal, 2014, Cambra & Barria, 2014, Cambra & Santos, 2014), así como también estudios en nuestro país que indican a los tricópteros un grupo importante en diversidad, abundancia y como indicador de aguas limpias y bien oxigenadas (Castillo & Bernal, 2014). Según Flowers & De la Rosa (2010) estos órdenes son muy susceptibles a cambios bióticos o abióticos en su ecosistema. Estas apreciaciones podemos tomarlas como

referencia puesto que una disminución o ausencia a futuro de estos ordenes en río Seco podrían indicar que existe algún tipo de alteración de tipo antropogénica o de forma natural como mencionan en otros estudios (Medianero & Samaniego, 2004, Cambra & Santos, 2014).

La existencia de Plecoptera (Perlidae) y de escarabajos Psephenidae y Ptilodactylidae son también buenos indicadores de la excelente calidad del agua, estas familias se presentan en río Seco, resultados similares a los del PND en el río Pirre (Cambra & Santos, 2014) y río Perrésenico (Cambra & Barría, 2014). La familia Perlidae se consideran altamente sensibles a cambios químicos y físicos, como la contaminación o alteración a su ecosistema (Stewart & Stark, 2008), motivo por el cual se ubica un excelente bioindicador de la calidad del agua para río Seco. Algunas familias como Perlidae se recolectaron pocos especímenes consideramos que los muestreos por ser realizados en temporada lluviosa pudiese ser un factor influyente. En estudios del río Curundú, Medianero y Samaniego (2004) indican que la precipitación pluvial influye de manera directa e indirecta en los patrones anuales de abundancia de insectos.

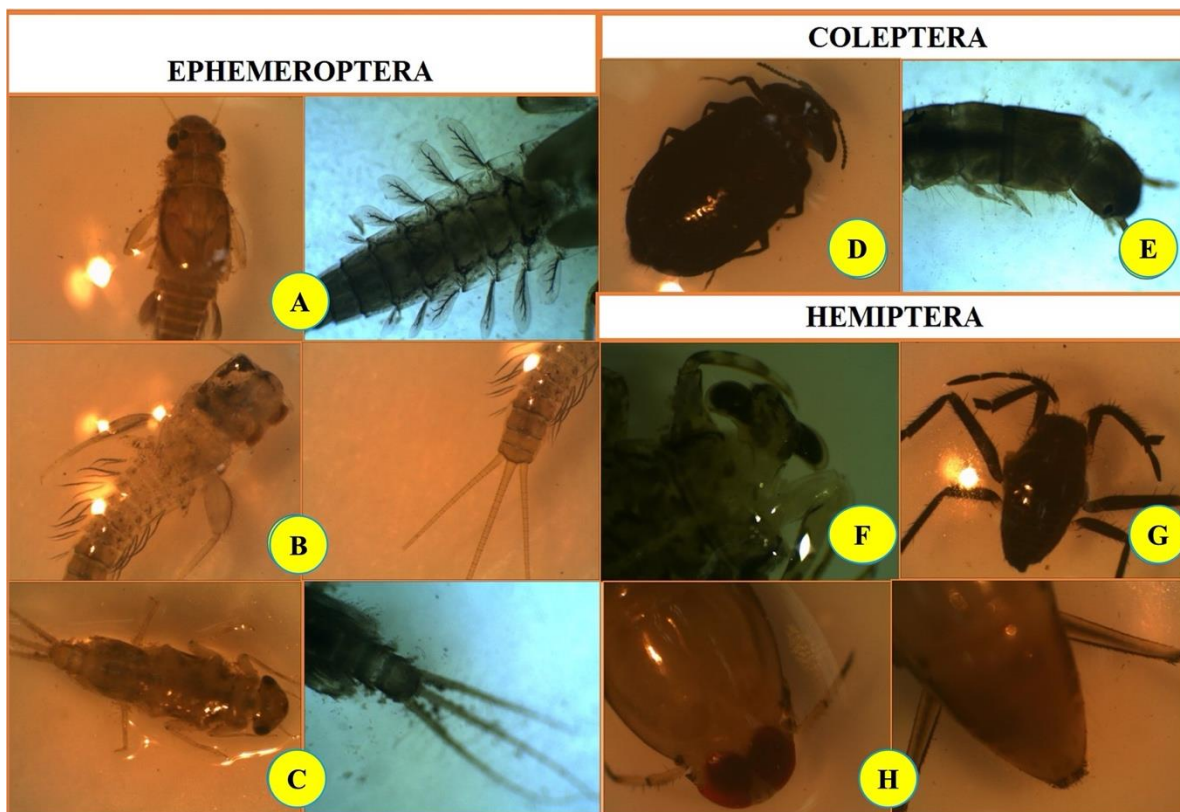
Para el río Seco dentro de los cinco órdenes con mayor abundancia de especímenes y el primero con mayor diversidad de familias fue el orden Diptera el cual es uno de los órdenes más ampliamente distribuidos y con mayor diversidad, similar a esta investigación. En este orden algunas familias como Chironomidae y Tipulidae están adaptadas a vivir en zonas con fuertes corrientes y elevadas concentraciones de oxígeno, mientras que otras son familias oportunistas, como la Psychodidae, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas, por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de la misma (Ladrera, 2012). Chironomidae y Tipulidae son familias que para el río Seco se ubicaron dentro de las primeras 9 familias con mayor cantidad de especímenes.

Aguirre & Bernal (2014) en un estudio realizado reportaron para el río Caldera la familia Elmidae como la más diversa con 10 géneros. Para nuestros efectos la familia Elmidae fue la

segunda con mayor número de especímenes. Manzo (2013) comenta que la familia Elmidae incluye coleópteros de distribución mundial, comunes en ambientes lóticos, con elevada velocidad de corriente y buena disponibilidad de oxígeno, donde son importantes constituyentes de la comunidad bentónica.

**Figura 5.**

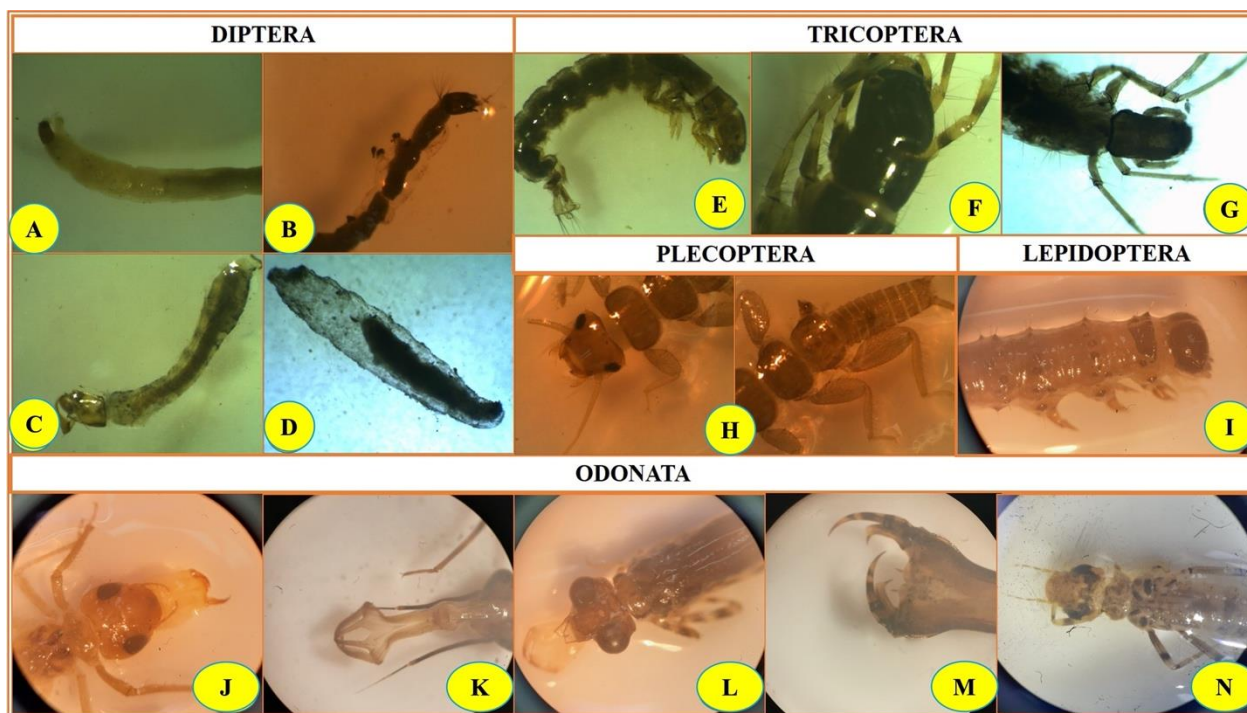
*Ordenes y Familias de macroinvertebrados*



**Nota.** Orden Ephemeroptera, Familias: A. Baetidae, B. Leptophlebiidae, C. Leptohyphidae; Orden Coleoptera, Familias: D. Elmidae, E. Ptilodactylidae; Orden Hemiptera, Familias: F. Belostomatidae, G. Veliidae, H. Notonectidae.

**Figura 6.**

*Órdenes y Familias de macroinvertebrados*



**Nota. Orden Diptera, Familias:** A. Chironomidae, B. Dixidae, C. Simuliidae, D. Tipulidae. **Orden Trichoptera, Familias:** E. Hydropsychidae, F. Leptoceridae, G. Philopotamidae. **Orden Plecoptera, Familia:** H. Perlidae. **Orden Lepidoptera, Familia:** I. Pyralidae. **Orden Odonata, Familias:** J. Platysticidae, K. Calopterygidae, L. Coenagrionidae, M. Gomphidae, N. Megapodagrionidae.

Las aguas en el área estudiada presentan condiciones propicias para el establecimiento de las comunidades de macroinvertebrados diversa compuesta por especímenes pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera, Plecoptera y Odonata (Figuras 5 y 6) en general consideradas indicadores de aguas limpias (Roldán, 2003). Castillo & Bernal (2014) mencionan que al encontrar variaciones temporales en las condiciones del sustrato en cada sitio, algo muy similar a los sitios de estudios, de los cuales los sitios 1 y 3 presentaban sustratos rocosos a arenosos y el sitio 2 arena-grava. Esto permitiría suponer que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos responde más al tipo de sustrato, que a la composición química (Guevara, 2011). Así, en el sustrato de arena y grava dominan más los dípteros, mientras que en el sustrato rocoso dominan los efemerópteros y tricópteros. Pero en

ambientes mixtos, se encontrado mayor número de órdenes y mayor variabilidad de su abundancia en los diferentes ambientes (Castillo & Bernal, 2014).

**Tabla 1.**

*Índices biológicos calculados para la población de macroinvertebrados de río Seco*

| <b>Índices<br/>Biológicos</b>   | <b>Río Seco</b> |                |                |
|---------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
|                                 | <b>Sitio 1</b>  | <b>Sitio 2</b> | <b>Sitio 3</b> |
| <b>Shannon-Wiener<br/>(H')</b>  | 2.187           | 2.185          | 2.189          |
| <b>Pielou (J')</b>              | 0.7889          | 0.7559         | 0.7573         |
| <b>Simpson (D')</b>             | 0.8455          | 0.8334         | 0.789          |
| <b>Números de<br/>Familias</b>  | 16              | 18             | 18             |
| <b>Número de<br/>Individuos</b> | 162             | 421            | 123            |

Los valores obtenidos del índice de Shannon-Wiener indican una diversidad media, comparándolos con los rangos usados para este índice donde  $H < 1.5$  = diversidad baja,  $1.5 < H < 2.7$  = diversidad media y  $H' > 2.7$  = diversidad alta (Castillo & Bernal, 2014; Tapia & Bernal, 2017). Este valor medio probablemente se deba a que el bosque ribereño o cobertura boscosa de río Seco están un poco intervenidos (Tapia & Bernal, 2014). El bosque ribereño juega un papel importante retardando y reduciendo la escorrentía superficial, utilizando el exceso de nutrientes, atrapando los sedimentos y los contaminantes que se desprenden de los suelos descubiertos o suelos de cultivos, y de esta manera proteger los cuerpos de agua" (Naiman & Décamps, 1997). En este sentido Alonso (2006) menciona que la ausencia de vegetación ribereña empobrece la composición de macroinvertebrados bentónicos.

El índice de Pielou nos indica que hay un nivel relativamente alto de equitabilidad en la distribución de especies dentro de la comunidad de macroinvertebrados de río Seco, el valor obtenido puede sugerir que las especies están distribuidas de forma bastante uniforme, aunque no completamente. Lo que significa que hay una diversidad considerable en la comunidad de macroinvertebrados, con múltiples especies presentes y una buena distribución de individuos entre ellas.



El índice de Simpson indica una alta diversidad en la comunidad de macroinvertebrados de río Seco, una buena mezcla de especies, con una distribución relativamente equitativa entre ellas, lo que es favorable para la biodiversidad del ecosistema. Emmen et al., (2016), mencionan que el índice de dominancia de Simpson (D), es útil para localizar la presencia de grupos taxonómicos con valores altos de abundancia dentro de la comunidad, aunque no precisamente grupos dominantes ya que hay otros factores, además de la abundancia, que hacen a un grupo dominante (con alta influencia en el ecosistema), como puede ser su tamaño corporal o su papel ecológico.

Para el protocolo de SVAP (stream visual assesment potocol), los resultados arrojaron un valor de 8.27 indicando que el hábitat físico de Río Seco tienen una calidad buena, tal como lo presenta en la Guía de biomonitorio y protocolo por Mafla (2005).

## CONCLUSIONES

Los resultados del estudio sugieren que el ecosistema dulceacuícola del río Seco presenta una diversidad media con una buena equidad entre las especies, lo cual es positivo para la biodiversidad general del área. Sin embargo, se observó una alta dominancia, lo que indica que algunas especies son más prevalentes y podría generar vulnerabilidades si estas enfrentan amenazas ambientales. La alta presencia de los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera refuerza su papel como excelentes bioindicadores de la calidad del agua, ya que son sensibles a cambios en su entorno. En este contexto, los macroinvertebrados no solo reflejan el estado ecológico del agua según la capacidad de resistencia de las familias encontradas, sino que también desempeñan un papel fundamental en la cadena alimenticia y en el mantenimiento del equilibrio ecológico de los ríos, destacándose en el reciclaje de nutrientes y como indicadores clave de la calidad del hábitat. La metodología empleada en el estudio, incluyendo el protocolo SVAP y los índices de biodiversidad, demostró ser efectiva para evaluar la salud y sostenibilidad del ecosistema acuático. Por ello, es importante continuar monitoreando estas métricas a lo largo del tiempo, ya que proporcionan información valiosa para detectar posibles cambios y responder adecuadamente a cualquier deterioro ambiental en el hábitat del río Seco.



## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Fundación Parque Natural San Francisco y al Padre Pablo (q. e. p. d.) por darnos acceso al río Seco pudiendo así realizar todos los muestreos y a nuestros amigos y familiares que formaron parte de la logística, transporte, colecta, monitoreo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Y., & Bernal, J. (2014). Distribución y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta, media y baja del río Caldera, Chiriquí, Panamá. *Scientia*, 24(2), 37-55.  
<http://jadimike.unachi.ac.pa/handle/123456789/1023>
- Alonso, A. (2006). Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas, Asociación Española de Ecología Terrestre*, 15(2):1-5.  
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7796/1/ECO\\_15\(2\)\\_13.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7796/1/ECO_15(2)_13.pdf)
- Buss, D.F., D.F. Baptista, & J.L. Nessimian. (2003). Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cadernos de Saúde Pública*, 19, 465-473.  
[https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource\\_ssm\\_path=/media/assets/csp/v19n2/15412.pdf](https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/csp/v19n2/15412.pdf)
- Cambra, R., & Barría, L. (2014). Insectos acuáticos como indicadores de la calidad del agua del río Perresénico, Parque Nacional Darién, República de Panamá. *Scientia*, 24(2), 57-70.  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/download/1192/1003/1971>
- Cambra, R., & Santos, A. (2014). Monitoreo de insectos acuáticos y Calidad del agua en el río Pirre, Parque Nacional Darién, República de Panamá. *Tecnociencia*, 16(2), 65-76. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/1192>
- Cartón, A. (2024, 1 de agosto). *Ecosistemas lóticos: qué son y ejemplos*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-loticos-que-son-y-ejemplos-2419.html>
- Connolly N. & Pearson R.G., (2007). The effect of fine sedimentation on tropical stream macroinvertebrate assemblages: a comparison using flow-through artificial stream channels and recirculating mesocosms. *Hydrobiologia*, 592, 423–438.  
<https://doi.org/10.1007/s10750-007-0774-7>

- Cornejo, A., E. López-López, R. A., Ruiz-Picos, J. E. Sedeño-Díaz, B. Armitage, T. Arefina, C. Nieto, A. Tuñón, M. Molinar, T. Ábrego, E. Pérez, A.R. Tuñón, J. Magué, A. Rodríguez, J. Pineda, J. Cubilla & I. M. Avila Quintero. (2017). Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá. 326 p. <https://sinia.gob.pa/diagnostico-de-la-condicion-ambiental-de-los-afluentes-superficiales-de-panama-ano-2017/>
- Czerniawska-Kusza, I. (2005). Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroinvertebrates for water-quality assessment. *Limnologica* 35: 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2005.05.003>
- Emmen, D., Quiros, D., & García, D. (2016). Diversidad de insectos acuáticos y calidad de agua de los ríos Indio y Gatún del Alto Chagres, cuenca del Canal. *Tecnociencia*, 18(1), 101-115. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/134/120>
- Flowers, R. W., & De la Rosa, C. (2010). Ephemeroptera. *Revista De Biología Tropical*, 58(S4), 63–93. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.20083>
- Gonçalves, F.B. & M.S. Menezes. (2011). A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil, *Biota Neotrop.* 11(4): 27-36. <https://www.scielo.br/j/bn/a/DjJvdFGcwLzRvZWYFpGS3Pp/?format=pdf&lang=en>
- Guevara Mora, Meyer. (2011). Insectos acuáticos y calidad del agua en la cuenca y embalse del río Peñas Blancas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 635-654. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v59n2/a09v59n2.pdf>
- Gutiérrez-Fonseca, P. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleoptera en El Salvador.
- Gutiérrez Fonseca, P. E., Sermeño Chicas, J. M., & Chávez Sifontes, J. M. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Plecoptera en El Salvador. En M. Springer (Ed.), *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos* (pp. 1-14). Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES. [https://www.researchgate.net/publication/261948850\\_Guia\\_ilustrada\\_para\\_el\\_estudio\\_ecologico\\_y\\_taxonomico\\_de\\_los\\_insectos\\_acuaticos\\_inmaduros\\_del\\_Orden\\_Plecoptera\\_en\\_El\\_Salvador](https://www.researchgate.net/publication/261948850_Guia_ilustrada_para_el_estudio_ecologico_y_taxonomico_de_los_insectos_acuaticos_inmaduros_del_Orden_Plecoptera_en_El_Salvador)

- Ladrera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de información Ambiental*, 39, 24-29. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>
- Mafla Herrera, M. (2005). Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano, Talamanca, Costa Rica. CATIE Publ., Turrialba, Costa Rica. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2267>
- Manzo, V. (2013). Los élmidos de la region Neotropical (Coleoptera: Byrrhoidea: Elmidae): diversidad y distribución. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 72(3-4): 199-212. <https://www.redalyc.org/pdf/3220/322030024008.pdf>
- Margalef, R., (1998). Ecología. Editorial Omega. 968p.
- Medianero, E., & Samaniego, M. (2004). Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3), 279-294. <https://www.redalyc.org/pdf/424/42443304.pdf>
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (Eds.). (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall Hunt.
- Naiman, R. J., & Décamps, H. (1997). *The ecology of interfaces: Riparian zones*. Annual Review of Ecology and Systematics, 28(1), 621-658. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.110197.003201>
- Pacheco Chaves, B., Springer, M., Sermeño-Chicas, J. M., & Hernández Martínez, M. Á. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador. *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Hemiptera en El Salvador*.
- Palmer, M., Bernhardt, E., Chornesky, E., Collins, S., Dobson, A., Duke, C., ... & Turner, M. (2004). Ecology for a crowded planet. *Science*, 304(5675), 1251-1252. [https://palumbilab.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj26116/files/media/file/ecology\\_for\\_a\\_crowded\\_planet.pdf](https://palumbilab.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj26116/files/media/file/ecology_for_a_crowded_planet.pdf)
- Posada, J. A., Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2000). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 48(1), 59-70. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442000000100008](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442000000100008)

- Ríos, T., González, G., & Vega, J. A. B. (2015). Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua de los ríos David y Mula, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 113-128. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169439782007>
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. *Uso del metodo BMWP/Col, Universidad de Antioquia, Medellin, Medellin, Colombia*.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (Eds.). (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall. <https://doi.org/10.1002/iroh.19940790404>
- Ruiz-Picos, R. A., Kohlmann, B., Sedeño-Díaz, J. E., & López-López, E. (2017). Assessing ecological impairments in Neotropical rivers of Mexico: calibration and validation of the Biomonitoring Working Party Index. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(9), 1835-1852. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1299-x>
- Sánchez-Argüello, R., Cornejo, A., Pearson, R. G., & Boyero, L. (2010). Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed. In *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 46, No. 3, pp. 149-156). EDP Sciences. <https://www.limnology-journal.org/articles/limn/pdf/2010/03/limn10019.pdf>
- Santamaría, E. E., & Bernal, J. A. (2016). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, Provincia de Chiriquí, Panamá. *Tecnociencia*, 18(1), 5-24. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/129/115>
- Sermeño-Chicas, J. M., Pérez, D., Gutiérrez-Fonseca, P., Springer, M., & Hernández Martínez, M. Á. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Odonata en El Salvador. *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Odonata en El Salvador*.
- Serrano-Cervantes, L., Aguilar, Z., & Altagracia, J. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2275>
- Serrano-Cervantes, L., Aguilar, Z., Altagracia, J., Springer, M., Sermeño-Chicas, J. M., & Hernández Martínez, M. Á. (2010). Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Lepidoptera en El Salvador. *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del Orden Lepidoptera en El Salvador*.

- Springer, M. (2006). Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54(1), 273-286. <https://doi.org/10.15517/rbt.v54i1.26851>
- Springer, M. (2010). Capítulo 3: Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 53-59. <https://www.redalyc.org/pdf/449/44922967003.pdf>
- Springer, M., Ramírez, A., Hanson, P. 2010 (eds.). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos, métodos de recolección, biomonitorio acuático Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera. *Rev. Biol. Trop.* 58 (4): 1-240. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4>
- Stewart, K.W. & Stark, B.P. (2008). Plecoptera, pp. 311-384. En: Merritt, R.W., Cummins, K.W. & Berg, M.B. (eds.), *An introduction to the aquatic insects of North America*, 4th edition. Kendal/Hunt Publ. Co., Iowa.
- Tapia, M., & Bernal, J. (2014). Diversidad y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad agua del río Chiriquí Viejo, Chiriquí, Panamá. *Sciencita (Panamá)*, 24(2), 93-106. [https://www.researchgate.net/publication/320387233\\_Diversidad\\_y\\_structura\\_de\\_la\\_comunidad\\_de\\_macroinvertebrados\\_acuaticos\\_como\\_indicadores\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_agua\\_del\\_rio\\_Chiriqui\\_Viejo\\_Chiriqui\\_Panama](https://www.researchgate.net/publication/320387233_Diversidad_y_structura_de_la_comunidad_de_macroinvertebrados_acuaticos_como_indicadores_de_la_calidad_del_agua_del_rio_Chiriqui_Viejo_Chiriqui_Panama)