

Artículo original

## Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Colombia

### Diversity of aquatic macroinvertebrates in the National Natural Park *Selva de Florencia*, Colombia

✉ Juan Guillermo Orrego-Meza<sup>1</sup>, ✉ Isabel Cristina Hernández-Cortés<sup>1</sup>, ✉ Jhon Faber Marulanda-López<sup>2,3</sup>, ✉ Juan Mateo Rivera-Pérez<sup>1</sup>, ✉ Juan Pablo Viteri-Delgado<sup>1</sup>, ✉ Mariana Franco-Torres<sup>1</sup>, ✉ Camilo Andrés Llano-Arias<sup>2</sup>, ✉ Lucimar Gomes-Dias<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Semillero GEUC, Grupo Entomológico, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

<sup>2</sup> Grupo de Investigación de Biodiversidad y Recursos Naturales (Bionat), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

<sup>3</sup> Museu de Entomologia, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil

## Resumen

Los ecosistemas dulceacuicolas son una fuente primaria de servicios ecosistémicos indispensables para el sostenimiento de la vida y albergan una importante diversidad de insectos acuáticos. Dados los vacíos de información sobre la entomofauna acuática en parques nacionales, el objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad de insectos acuáticos del Parque Nacional Natural Selva de Florencia (PNNSF), ubicado en el noroccidente colombiano. Se recolectaron macroinvertebrados acuáticos en tres microcuencas seleccionadas del parque (La Selva, Las Mercedes y Chupaderos). Los especímenes fueron identificados y depositados en la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC) y, posteriormente, se analizó su composición, riqueza y diversidad. Se recolectaron 534 individuos representados en 10 órdenes, 41 géneros y 57 morfoespecies. Todos los géneros reportados constituyen nuevos registros en el PNNSF y cuatro de las especies de Ephemeroptera son nuevas, y de estas tres aún están en proceso de descripción. La mayor riqueza y diversidad se encontraron en la quebrada La Selva, con 20 taxones exclusivos, entre ellos, *Dryops*, *Gyretes*, *Anchytarsus*, *Diochus*, *Limnocoris*, *Hebrus* y *Thraulodes*, según el análisis de composición. Este estudio constituye el primer levantamiento taxonómico de macroinvertebrados acuáticos del PNNSF. Los nuevos registros y especies documentados demuestran la importancia de ampliar la investigación sobre la entomofauna acuática en la zona para así facilitar futuros estudios ecológicos (incluidos programas de biomonitorio), sistemáticos y biogeográficos en la región.

**Palabras clave:** Insectos acuáticos; Bioindicadores; Áreas protegidas; Colombia.

## Abstract

Freshwater ecosystems are a primary source of ecosystem services essential for the maintenance of life. The biodiversity of aquatic insects in these ecosystems is significant. Considering the limited information about aquatic entomofauna in Colombian national parks, our objective was to evaluate the diversity of aquatic insects in the National Natural Park *Selva de Florencia*, located in the northwestern region of Colombia. We collected the aquatic macroinvertebrates in three selected microbasins of the park (La Selva, Las Mercedes, and Chupaderos). The sampled specimens were deposited in the CEBUC collection and, subsequently, we analyzed their diversity, composition, and richness. A total of 534 individuals represented in 10 orders, 41 genera and 57 morphospecies of aquatic insects were collected. All genera reported in this study are new records for the PNNSF and we documented four new species of Ephemeroptera, three of which are still being described. The greatest richness and diversity were found on La Selva stream with 20 exclusive taxa, among which we can mention *Dryops*, *Gyretes*, *Anchytarsus*,

**Citación:** Orrego-Meza JG, Hernández-Cortés IC, Marulanda-López JF, et al. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 44(171):560-571, abril-junio de 2020. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1027>

**Editor:** Gabriel Roldán

**\*Correspondencia:**

Lucimar Gomes-Dias;  
[lucimar.dias@ucaldas.edu.co](mailto:lucimar.dias@ucaldas.edu.co)

**Recibido:** 1 de octubre de 2019

**Aceptado:** 23 de abril de 2020

**Publicado:** 31 de marzo de 2020



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

*Diochus*, *Limnocoris*, *Hebrus* y *Thraulodes* after the composition analyses. The new species and records for the park demonstrate the importance of expanding research on aquatic entomofauna in the area to facilitate future studies on the region's ecology (included biomonitoring programs), systematics, and biogeography.

**Keywords:** Aquatic insects; Bioindicator; Protected areas; Colombia.

## Introducción

Los ecosistemas de agua dulce constituyen solo una pequeña fracción de los recursos hídricos del planeta y albergan gran parte de su diversidad (**Radinger, et al., 2019**), por lo que se los considera uno de los recursos naturales renovables más importantes para la vida (**Meza, et al., 2012**). Estos sistemas dulceacuícolas tienen una gran riqueza de especies de vertebrados, invertebrados, plantas y algas (**Jonsson, et al., 2001**) y, con frecuencia, los peces y los macroinvertebrados son el principal componente animal y su papel en la red trófica de estos ecosistemas es importante, pues controlan la cantidad y la distribución de sus presas y, además, acrecientan las fuentes alimenticias de los consumidores terrestres y acuáticos al acelerar la descomposición de detritos y contribuir al reciclaje de nutrientes (**Guinard, et al., 2013; Radinger, et al., 2019**). Otro aspecto relevante de los recursos hídricos se relaciona con la gran variedad de servicios ecosistémicos que brindan (abastecimiento de agua, regulación de las crecidas, retención de sedimentos, exportación de biomasa, estabilización del microclima, sumidero mundial de carbono, y transporte acuático y turístico), así como de productos (recursos forestales, fauna, pesca, forraje, y recursos agrícolas y de energía) y sus atributos, los cuales son requisito previo indispensable para que haya un desarrollo verdaderamente sostenible en una región (**Bucher, et al., 1997; Braga, 2000; Jacobus, et al., 2019; Raitif, et al., 2019**).

A pesar de su gran importancia, los ecosistemas de agua dulce y los servicios que brindan se han visto afectados por una serie de impactos antropogénicos como la pérdida de hábitats, el cambio climático, la deforestación, las invasiones biológicas, y las prácticas agrícolas y ganaderas, lo que genera un aumento en la carga orgánica, la sedimentación y la contaminación agroquímica, modificando el flujo natural de la materia, la energía y el ciclo de los nutrientes (**Radinger, et al., 2019; Meza, et al., 2012**). Asimismo, la urbanización y la construcción de represas tienen un efecto muy negativo en la diversidad de macroinvertebrados (**Gál, et al., 2019**) y ocasionan cambios en la magnitud de los caudales y en la periodicidad de sus variaciones, respectivamente (**González, et al., 2012; Hurtado, et al., 2005**). Dichas perturbaciones afectan la composición, la riqueza y la abundancia de la biota acuática, que, en gran medida, está representada por insectos acuáticos (**González, et al., 2012; Hurtado, et al., 2005; Mosquera-Murillo & Mosquera-Mosquera, 2017; Lara-Lara, et al., 2008**).

En este contexto, teniendo en cuenta que Colombia es uno de los países más ricos en especies por superficie unitaria (**Bucher, et al., 1997; Rangel, 2005**) y que la pérdida de biodiversidad puede alterar la estabilidad y la sostenibilidad de procesos del ecosistema (**Covich, 2006**), el Gobierno de Colombia ha implementado políticas nacionales y una serie de normas ambientales para proteger la diversidad biológica (**Rodríguez, et al., 2002**), entre ellas, el establecimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) que busca el cumplimiento de los objetivos de conservación en el país e integra un conjunto de áreas naturales de carácter público, privado o comunitario a nivel nacional, regional y local (**Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2019**).

Sin embargo, la falta de inventarios faunísticos y la escasez de estudios taxonómicos, son factores que limitan las estrategias de conservación y aumentan las amenazas de extinción de especies de insectos (**Kim, 2009**). En Colombia el caso es muy alarmante, ya que en muchas regiones del país los estudios son incipientes y ello ha impedido el avance de una serie de investigaciones biológicas, biogeográficas y ecológicas, incluida la detección de bioindicadores de calidad ambiental (**Zúñiga & Cardona, 2009**). El conocimiento precario de la entomofauna en el país persiste incluso en las áreas ya declaradas como parques o reservas ecológicas.

Entre los 59 parques nacionales de Colombia se encuentra el Parque Nacional Natural Selva de Florencia (PNNSF) establecido en el 2005, el cual hace parte del SINAP (**Parques Nacionales Naturales de Colombia**, 2019) y está ubicado en el departamento de Caldas, específicamente en la vertiente oriental de la Cordillera Central de Colombia. El parque está constituido por ecosistemas de bosque húmedo alto andino y subandino, con hábitats naturales bien conservados y otros de origen antropogénico, ya que en el momento de su declaratoria se encontraban poblados por campesinos asentados en esta zona durante la llamada “colonización antioqueña”, durante la cual se recurrió a la tala y quema de árboles para la ampliación de la frontera agrícola (**Duarte-Marín, et al., 2018; Ballesteros, et al., 2009; Moreno, 2011**).

En diversos estudios se ha documentado que el PNNSF alberga una gran diversidad de especies de anfibios (**Duarte-Marín, et al., 2018**) y de aves (**Castellanos, et al., 2003**), y algunos registros de mamíferos (**Chacón, et al., 2013; de Luna & Link, 2018**). Sin embargo, desde su establecimiento no se han hecho estudios que caractericen la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, a pesar del potencial de estos organismos como bioindicadores para determinar la calidad de agua, ya que son capaces de responder a las alteraciones ocasionadas por actividades humanas en ecosistemas fluviales (**Meza, et al., 2012; Muñoz, et al., 2001**).

En ese sentido y, dados los vacíos de información sobre la entomofauna acuática en áreas de reservas o parques nacionales, el objetivo de este estudio fue evaluar la composición y la riqueza de insectos acuáticos en tres microcuencas del PNNSF en el marco del proyecto “Caldas Expedición Siglo XXI - Levantamiento de la biota y geología de la subcuenca del río San Antonio y el sector de las bocatomas del Parque Nacional Natural de Selva de Florencia”. Cabe destacar que este parque comprende una región biogeográfica importante que alberga una fauna única y diversa, que fue propuesta como provincia de Chocó-Magdalena por **Hernández-Camacho, et al.** (1992) y definida como parte de la subregión del Pacífico por **Morrone** (2014).

## Materiales y métodos

### Área de estudio

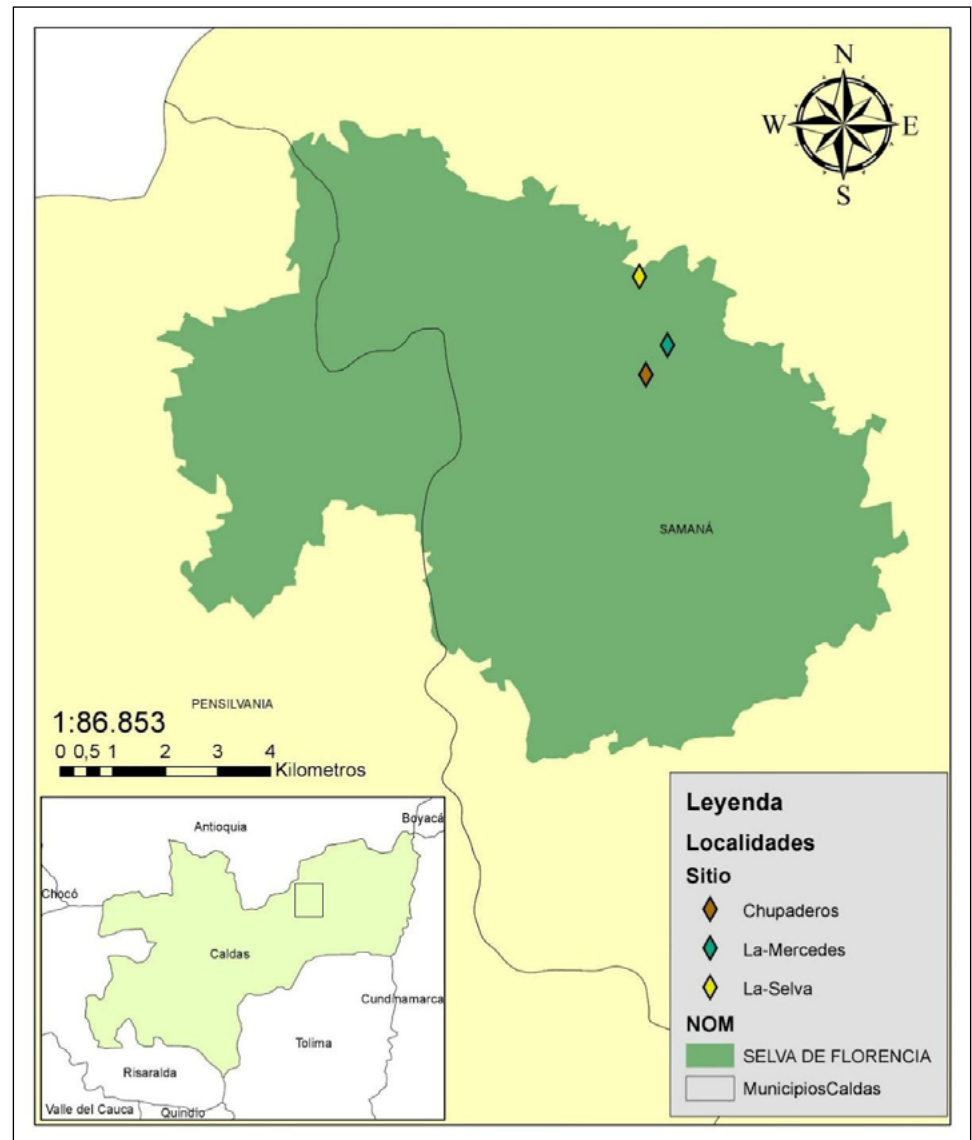
El PNNSF se localiza a 5°29'8,17" de latitud norte y a 75°04'7,18" de longitud oeste (**Figura 1**) sobre la vertiente oriental de la Cordillera Central colombiana en el departamento de Caldas; cuenta con una extensión de 10.019 ha, que se encuentran principalmente en jurisdicción del corregimiento de Florencia (municipio de Samaná), y un pequeño sector que pertenece al municipio de Pensilvania y a la cabecera municipal de Samaná. El rango altitudinal va desde los 850 hasta los 2.400 m s.n.m. La temperatura media anual oscila entre los 17 y los 22 °C y la precipitación puede alcanzar los 8.000 mm al año (**Ballesteros, et al., 2009**).

El presente estudio se llevó a cabo en el área de influencia del volcán El Escondido y el cañón del río San Antonio, en tres microcuencas: Las Mercedes (5°30'31,7" N 75°02'24,3" O), La Selva (5°30'52,0" N 75°02'51,8" O) y Chupaderos (5°29'29,8" N 75°02'45,6" O) (**Figura 1**). Las microcuencas mencionadas se seleccionaron en el marco del proyecto “Caldas Expedición Siglo XXI- Levantamiento de la biota y geología de la subcuenca del río San Antonio y el sector de las bocatomas del Parque Nacional Natural de Selva de Florencia”, consideradas por el equipo de Parques Nacionales que trabaja en el área como tres microcuencas importantes del PNNSF y de fácil acceso. El muestreo de macroinvertebrados acuáticos se estableció en un gradiente altitudinal entre los 1.189 y los 1.443 m s.n.m, durante tres periodos: del 19 al 21 de octubre del 2017 (promedio de precipitación diaria: 20 mm); del 20 al 24 de febrero del 2018 (promedio de precipitación diaria: 10,64 mm); del 21 al 24 de abril del 2018 (promedio de precipitación diaria: 23,27 mm) (datos de precipitación tomados de la estación meteorológica de ISAGEN - PNNSF). En todas las etapas de muestreo se presentaron lluvias fuertes, excepto en el segundo periodo (febrero), cuando se presentaron lluvias moderadas según la clasificación de **Viñas**

**Rubio & López (2015).** La estructura, composición del paisaje, formaciones vegetales y ubicación altitudinal de los sitios de estudio permiten situar la parte baja del cañón del río San Antonio (1.000 m s.n.m) dentro del zonobioma húmedo tropical del río Magdalena, y los sitios muestreados por encima de los 1.000 m s.n.m, dentro del orobioma subandino de la Cordillera Central, según la clasificación de **Rodríguez, et al. (2006).**

**Recolección de macroinvertebrados y determinación taxonómica**

Se hicieron muestreos cualitativos y cuantitativos en las quebradas ubicadas en las tres microcuencas seleccionadas, los cualitativos utilizando coladores manuales y los cuantitativos, redes Surber de 30,5 x 30,5 x 8 cm y ojo de malla de 560 µm, con tres repeticiones por sustrato (hojarasca, roca y sedimento fino) (**Silveira, et al., 2004**). Además, cerca de las fuentes hídricas seleccionadas se utilizaron trampas de luz para la captura de insectos acuáticos adultos para facilitar la identificación de especies y la descripción de nuevas especies en la región en aras de contribuir a futuros trabajos taxonómicos. Todas las muestras se conservaron en etanol al 96 %. El material se identificó utilizando principalmente



**Figura 1.** Mapa de las tres microcuencas del PNN Selva de Florencia

las claves de **Domínguez & Fernández** (2009) y se depositó en la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC) (N° de registro: RNC 188), siguiendo los criterios y protocolos establecidos en esta.

### *Análisis de datos*

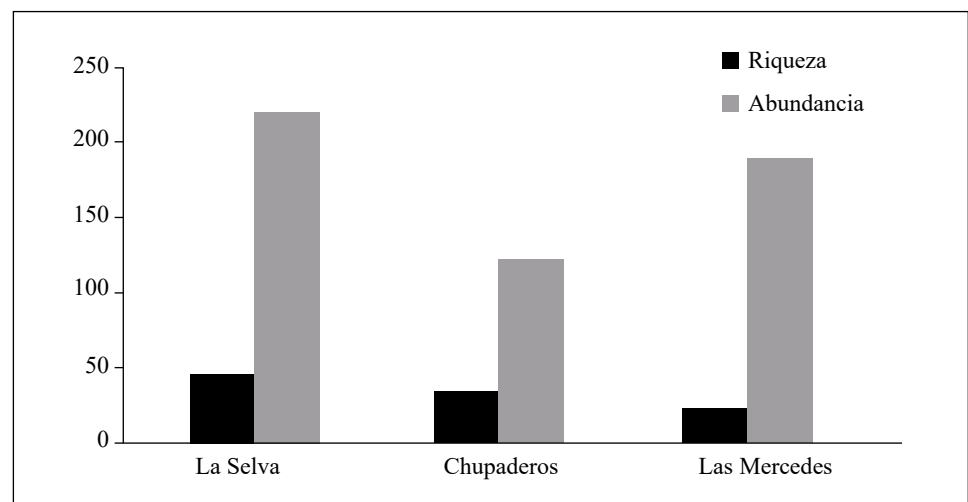
La riqueza se analizó mediante gráficos descriptivos en los que se presentan los géneros por microcuencas durante todo el periodo evaluado. A continuación se evaluó la diversidad de insectos acuáticos en las tres microcuencas con base en la diversidad de orden  $q$  ( ${}^qD$ ), que a su vez se basa en el número efectivo de especies, donde el valor de  $q$  determina la influencia de la abundancia de los géneros sobre los valores de la diversidad (**Chao, et al.**, 2014). Se usaron tres valores de  $q$ :  $D = {}^0D$  (riqueza de especies),  ${}^1D$  (exponencial del índice de Shannon equivalente a la diversidad *per se*) y  ${}^2D$  (recíproco del índice de Simpson equivalente a la dominancia de géneros) (**Moreno, et al.**, 2011). La estimación y la comparación de  ${}^qD$  se basa en la comparación de la diversidad de las comunidades en el mismo nivel de cobertura de muestreo (**Chao, et al.**, 2014).

Por último, la composición se analizó mediante una prueba de Morisita-Horn, la cual relaciona las abundancias específicas con las abundancias relativas y el total en los sitios evaluados (**Villarreal, et al.**, 2004), dando como resultado un conglomerado de similitud entre los sitios evaluados.

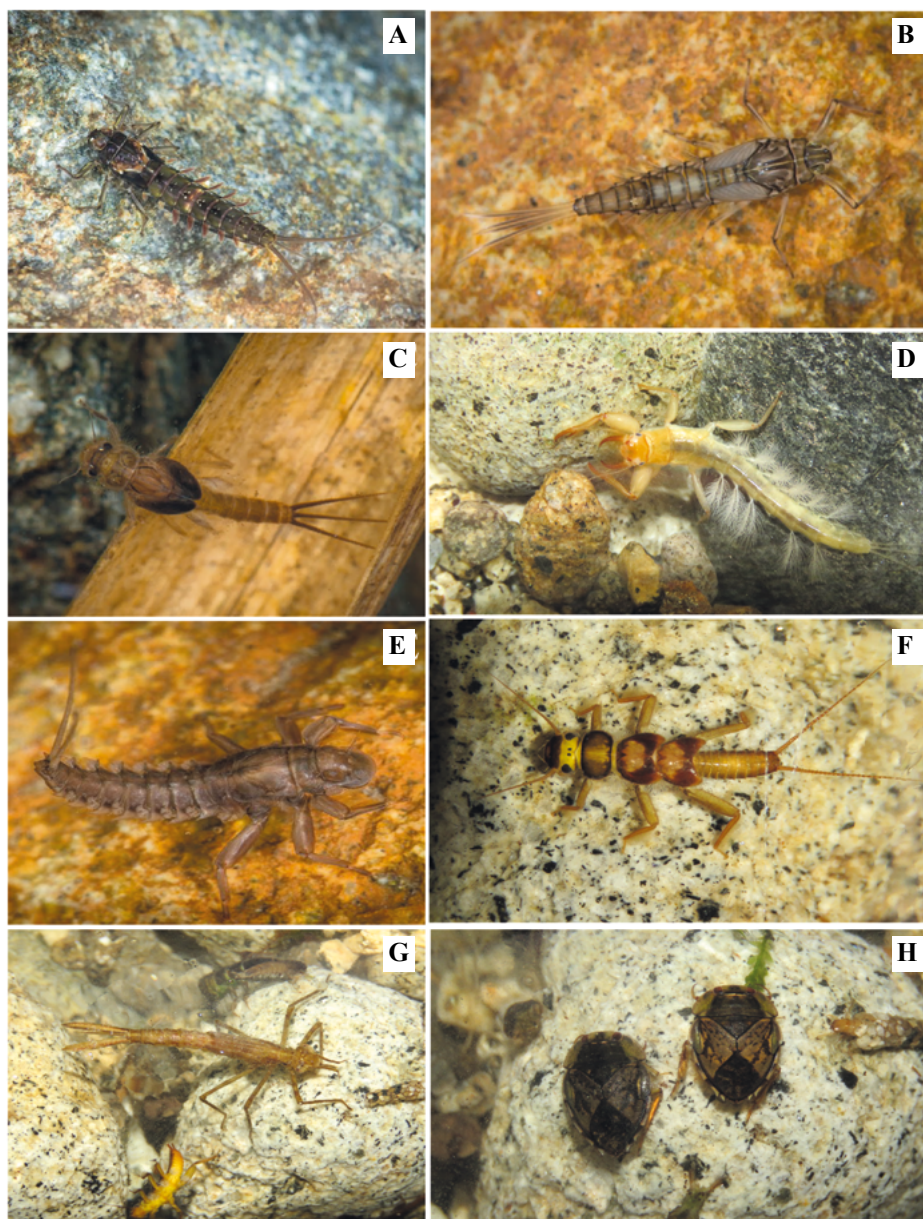
## Resultados

Se recolectaron 534 individuos representados en 10 órdenes, 41 géneros y 57 morfoespecies de insectos acuáticos (**Anexo 1**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1027/2757>). Entre las microcuencas, la mayor riqueza y abundancia se presentó en La Selva, con 42 especies y 221 individuos (**Figura 2 y Anexo 1**). Algunos de los insectos recolectados se pueden apreciar en la **Figura 3**.

Se identificaron cuatro nuevas especies de insectos acuáticos del orden Ephemeroptera pertenecientes a los géneros *Atopophlebia*, *Tricorythodes*, *Paracloeodes* y *Thraulodes*. La nueva especie de *Atopophlebia* ya fue descrita con base en ejemplares inmaduros y adultos recolectados con trampa de luz, en tanto que las demás se encuentran en proceso de descripción. El nombre de la nueva especie es *Atopophlebia caldasi* (**Salles, et al.**, 2018), el cual le fue asignado en homenaje a Francisco José de Caldas, naturalista que hizo un importante aporte al conocimiento de la biodiversidad en Colombia. Es importante destacar, además, que todos los géneros de insectos acuáticos identificados en este estudio corresponden a nuevos registros para el PNNSF.



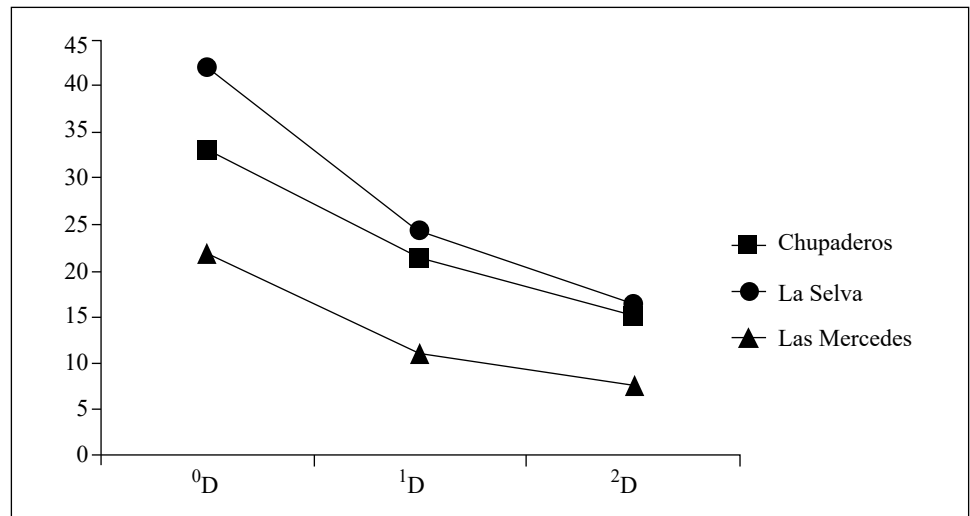
**Figura 2.** Riqueza y abundancia acumulada de insectos acuáticos en las tres microcuencas evaluadas



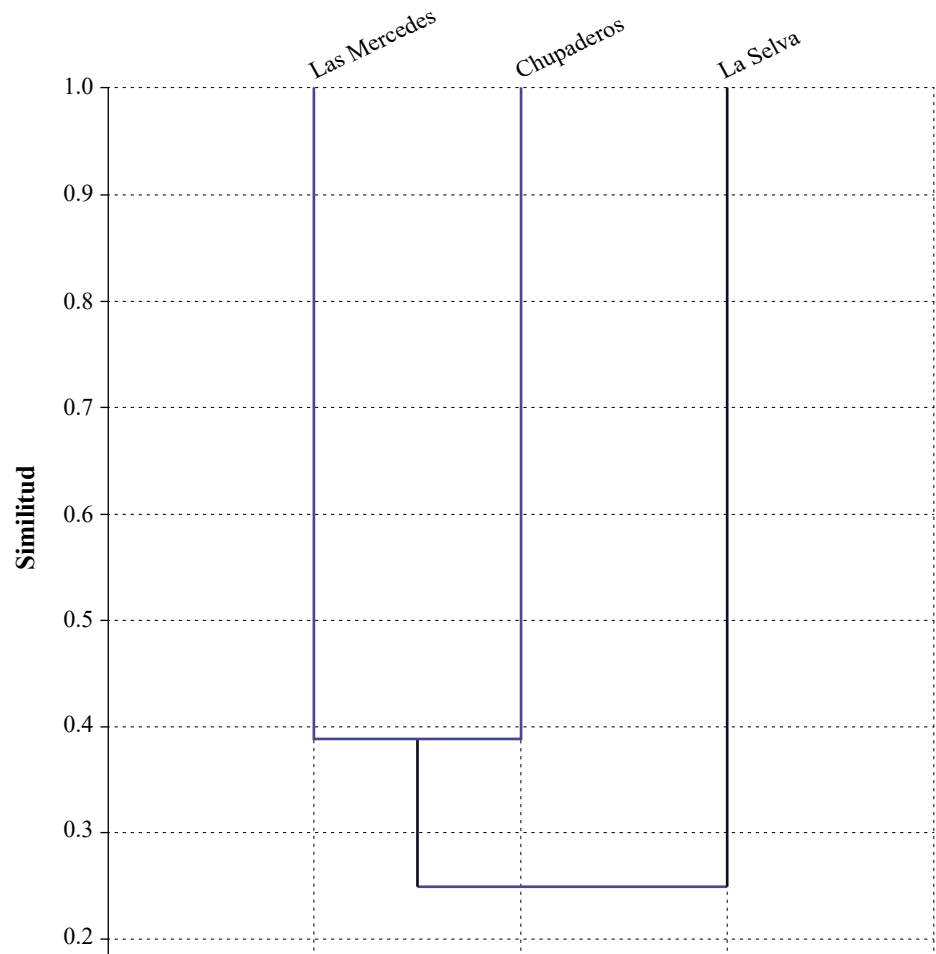
**Figura 3.** Hábitos de los insectos acuáticos. **A.** Ninfa de *Mayobaetis* (Baetidae: Ephemeroptera). **B.** Ninfa de *Nanomis* (Baetidae: Ephemeroptera). **C.** Ninfa de *Haplohyphes* (Leptohyphidae: Ephemeroptera). **D.** Ninfa de *Euthyplocia* (Euthyplociidae; Ephemeroptera). **E.** Ninfa de *Lachlania* (Oligoneuridae: Ephemeroptera). **F.** Ninfa de *Anacroneuria* (Perlidae; Plecoptera). **G.** Ninfa de *Hetaerina* (Calopterygidae; Odonata). **H.** *Limnocoris* (Naucoridae; Hemiptera).

En cuanto al análisis de diversidad, el mayor valor de riqueza específica ( ${}^0D$ ) fue encontrado en la microcuenca La Selva, seguido de la microcuenca Chupaderos y, por último, Las Mercedes, con 42, 34 y 22 morfoespecies, respectivamente. La diversidad de orden  ${}^1D$  o diversidad *per se* y la  ${}^2D$  siguieron la misma tendencia de la riqueza en las estaciones, con los mayores valores en La Selva, seguida de Chupaderos y Las Mercedes (**Figura 4**).

El dendrograma de similitud producto de la prueba de Morisita-Horn (**Figura 5**) evidenció un conglomerado con dos grupos diferenciados: el primero compuesto por las microcuencas Las Mercedes y Chupaderos, con un 40 % de similitud entre los taxones, y taxones



**Figura 4.** Perfiles de diversidad alfa para las morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos recolectados en las diferentes microcuencas evaluadas en el PNNSF.  $^0D$ : riqueza de especies;  $^1D$ : especies comunes, exp  $H'$ ;  $^2D$ : especies dominantes



**Figura 5.** Dendrograma de similitud entre las microcuencas evaluadas mediante la prueba de Morisita-Horn

comunes como *Anacroneturia*, *Atopsyche*, *Baetodes*, *Polythore* y *Simulium*, entre otros; el segundo, compuesto exclusivamente por La Selva, con un 25 % de similitud comparado con el primer conglomerado, registró 20 taxones exclusivos, entre ellos, *Dryops*, *Cylloepus*, *Hexanchorus*, *Pharceonus*, *Gyretes*, *Hydraenida*, *Anchytarsus*, *Diochus*, *Thraulodes*, *Hebrus*, *Limnocoris*, *Hetaerina*, *Macrothemis*, *Neotrichia* y *Brachysetodes* (**Tabla 1**).

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos analizados (**Tabla 1**), se observó una variación más evidente en el oxígeno disuelto y la conductividad de las tres microcuencas. Los mayores valores de conductividad se encontraron en La Selva (54  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y los menores valores de oxígeno disuelto se encontraron en Chupaderos (2,2 mg/L).

## Discusión

Los resultados demuestran que el PNNSF alberga una notable diversidad de macroinvertebrados acuáticos, incluidas nuevas especies de insectos (**Salles, et al.**, 2018), a pesar de haber estado históricamente expuesto a intensas actividades agrícolas y ganaderas, lo cual se debe a los numerosos esfuerzos que se han desplegado en la zona para minimizar la presión antrópica sobre este ecosistema estratégico y promover la conservación de la biodiversidad y de los recursos hídricos asociados (**Sanchez-Ayala & Areiza-Tapias**, 2018).

El actual grado de conservación del PNNSF ha permitido la recuperación de los bosques ribereños que protegen los cuerpos de agua y permiten el establecimiento de comunidades de macroinvertebrados acuáticos (**Blinn & Kilgore**, 2001). Aun así, los resultados de diversidad alfa de macroinvertebrados acuáticos en el parque evidencian que las microcuencas de Chupaderos y Las Mercedes presentan una diversidad inferior en comparación con La Selva. Vale la pena resaltar que todas estas microcuencas se encuentran dentro de la misma área protegida, pero, sin embargo, aún hay actividades puntuales como la ganadería y la presencia de potreros dentro del parque (**Forero**, 2017) que alteran la estructura del suelo y perturban la vegetación ribereña, la cual se considera importante para el establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Cabe mencionar que las variaciones de riqueza y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en este estudio pueden ser producto de la diferencia entre algunas de las características hidrológicas de las microcuencas estudiadas (por ejemplo, ancho y profundidad); en este sentido, Las Mercedes presentó los mayores valores promedio en ancho y profundidad (6 m y 0,5 m, aproximadamente) comparada con las otras microcuencas. Autores como **González, et al.** (2012) han planteado que los ríos caudalosos tienen un efecto marcado de arrastre de los macroinvertebrados bentónicos que no cuentan con adaptaciones para sostenerse y pueden ser arrastrados por la corriente, principalmente en épocas lluviosas. **Ramírez & Viña** (1998) y **Chará-Serna** (2003) también afirman que las características hidrológicas de los ambientes dulceacuícolas y la abundante precipitación son factores preponderantes que pueden afectar el mantenimiento de la comunidad acuática. Además, hay otros factores intrínsecos de las quebradas también relevantes para el mantenimiento de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, tales como la disponibilidad de microhábitats y de nutrientes (**Torres & Ramírez**, 2014; **Chará-Serna, et al.**, 2015). Los

**Tabla 1.** Parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos en las tres microcuencas evaluadas

	La Selva	Las Mercedes	Chupaderos
<b>Oxígeno disuelto</b>	5,0mg/L	9,9mg/L	2,2mg/L
<b>Temperatura</b>	24° C	20-25° C	25° C
<b>Conductividad</b>	54,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	20,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>pH</b>	8,0	9,4	7,9
<b>Profundidad</b>	0,25m	0,50m	0,20
<b>Ancho</b>	4m	6m	3m



resultados relativos a la composición de macroinvertebrados corroboran lo encontrado en la diversidad de orden  $q$  ( ${}^qD$ ), en los que Las Mercedes y Chupaderos obtuvieron valores más cercanos a los de La Selva, aunque en esta la fauna es más exclusiva y rica, con lo que se reafirma el eventual efecto de las diferencias en las características hidrológicas entre las microcuencas evaluadas.

Asimismo, los valores de conductividad encontrados en la quebrada La Selva están dentro del rango comúnmente reportado para ríos de montaña (30 a 60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Durán, 2016), lo cual no es así en Las Mercedes y Chupaderos, que estuvieron por debajo del rango mencionado. Por otro lado, la cabecera de la quebrada La Selva se ubica en el cráter del volcán El Escondido y algunos autores como Vázquez, *et al.* (1996) y Blanco (2009) afirman que la composición química de las rocas volcánicas y su disociación iónica puede contribuir al incremento de la conductividad en quebradas ubicadas en zonas de influencia. Con respecto al valor bajo de oxígeno disuelto en la microcuenca de Chupaderos, este podría estar relacionado con la actividad antrópica que aún existe dentro del parque. Sin embargo, es importante destacar que los análisis fisicoquímicos realizados en este estudio constituyeron mediciones puntuales para cada afluente hídrico, de manera que no reflejan el comportamiento de estas variables en el tiempo. Además, dado que en ocasiones hubo lluvias fuertes durante la recolección de los datos, sería conveniente ampliar la monitorización fisicoquímica en la zona para interpretar de forma más adecuada estos resultados. Autores como Rawi, *et al.* (2014) y Dalu & Chauke (2020) destacan la importancia de las variables hidrológicas y fisicoquímicas en los cuerpos de agua y su relación con la diversidad de macroinvertebrados acuáticos.

Al comparar el número total de individuos de macroinvertebrados acuáticos recolectados durante este trabajo en las tres microcuencas ( $n=534$ ) con otros estudios en ríos de montaña (Meza, *et al.*, 2012), la abundancia encontrada resulta baja. Esto probablemente está asociado con la alta precipitación (8.000 mm/año) del área de estudio (Ballesteros, *et al.*, 2009), lo cual promueve el aumento del caudal de los cuerpos de agua y, consecuentemente, el arrastre de los insectos de los puntos de muestreo (González, *et al.*, 2012). Por otro lado, la alta riqueza de géneros de macroinvertebrados acuáticos documentada por primera vez en el parque, además de otras nuevas especies reportadas en un estudio relativamente corto, demuestra la importancia de la conservación de la fauna acuática que el PNNSF alberga.

## Conclusiones

El PNNSF alberga una gran diversidad de macroinvertebrados acuáticos que reflejo el estado de conservación de la zona. Se resalta la importancia de los esfuerzos de restauración de predios dentro del parque, con el fin de promover su conservación y minimizar los impactos históricos en el área. Los nuevos registros y especies documentados para el parque en tan corto plazo demuestran la importancia de ampliar la investigación sobre la entomofauna acuática de la zona.

Cabe destacar que no fue posible la instalación de trampas de luz en todas las jornadas nocturnas debido a condiciones adversas (principalmente las lluvias), así que el número de registros nuevos para el parque y de nuevas especies podría ser mayor.

Considerando que el esfuerzo de muestreo con el método cuantitativo (Surber: tres sustratos con tres repeticiones) fue igual para todas las quebradas, los resultados permiten inferir que las tres microcuencas albergan una riqueza y diversidad relativamente altas, a pesar de la poca abundancia general debida a las fuertes lluvias. Este primer levantamiento de macroinvertebrados acuáticos del PNNSF es muy valioso para los futuros estudios de biomonitorio de la calidad del agua en la región.

## Información Suplementaria

**Anexo 1.** Macroinvertebrados acuáticos recolectados en las microcuencas La Selva, Las Mercedes y Chupaderos. Ver anexo 1 en <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1027/2757>

## Agradecimientos

Los autores expresamos nuestro agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Caldas y a Parques Nacionales por el apoyo logístico y financiero al proyecto “Caldas Expedición Siglo XXI”; al personal del PNNSF, en especial al guía Oscar Mahecha por su apoyo en campo, y a Caterine Rodríguez Hurtado por la información sobre el área de estudio, así como a los revisores anónimos por su acertada contribución al manuscrito. Agradecemos también al Laboratorio de Colecciones Biológicas, a la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC) y al Grupo Biodiversidad y Recursos Naturales (Bionat) por facilitar los equipos y la infraestructura para la identificación del material y el análisis de los datos. Por último, expresamos un especial agradecimiento a la profesora de la Universidad de Caldas, Dra. Beatriz Toro, por su apoyo logístico en la coordinación del proyecto mencionado, a MSc. Cristóbal Maláver, por su apoyo en campo y su contribución con fotografías de insectos acuáticos en campo, al Dr. Frederico Falcao Salles por facilitarnos otras fotografías y al equipo GEUC por su denodada labor en campo.

## Contribución de los autores

JGOM, redacción del documento, trabajo de campo e identificación del material; ICHC, redacción del documento, identificación del material y sistematización; JFML, trabajo de campo, identificación del material y sistematización; JM RP, trabajo de campo, identificación del material, análisis de datos y elaboración del mapa; JPVD, organización e identificación del material; MFT, organización e identificación del material; CALLA, trabajo de campo y supervisión del proceso de identificación; LGD, coordinadora del equipo de entomología del proyecto “Caldas Expedición Siglo XXI”, revisión del documento, supervisión del proceso de identificación y trabajo de campo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Referencias

- Alonso, A.** (2006). Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas*. **15** (2): 101-105.
- Ballesteros, H., Arroyave, J. F., Walker, R., Echeverry, L., Acosta, H., Betancourt, A. F., Diaz-Mesa, J., Lopez, M. P., Moreno-Ortiz, E., Villegas, H., Hincapié, W., Lancheros, R., Patiño, M.** (2009). P.N.N. Plan de manejo 2008-2012 Parque Nacional Natural Selva de Florencia. Parques Nacionales Naturales de Colombia. 141 pp.
- Blanco, J. F.** (2009). Características físico-químicas de las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. *Actualidades Biológicas*. **31** (91): 123-140.
- Blinn, C. R. & Kilgore, M. A.** (2001). Riparian management practices: A summary of state guidelines. *Journal of Forestry*. **99** (8): 11-17.
- Braga, M. I. J.** (2000). Integración de las funciones y servicios de los ecosistemas de agua dulce a los proyectos de desarrollo hídrico. Informe Técnico. Washington DC. p. 44.
- Bucher, E., Castro, G., Floris, V.** (1997). Conservación de ecosistemas de agua dulce: hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos. Inter-American Development Bank. Estudio de política y estrategia (No. 333.9528 B919). BID, Washington, DC (EUA). División de Medio Ambiente.
- Castellanos, O., Aristizábal, A., Betancourt, A. F.** (2003). Inventario de la avifauna perteneciente a la selva de Florencia (cuenca del río San Antonio y del río Hondo) Samaná, Caldas. *Boletín Científico del Centro de Museos de Historia Natural*. **7**: 15-26.
- Chacón-Pacheco, J., Racero-Casarrubia, J., Rodríguez-Ortiz, E.** (2013). Nuevos registros de *Cyclopes didactylus* Linnaeus, 1758 para Colombia. *Edentata*. **14** (1): 78-85.
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., Ellison, A. M.** (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*. **84** (1): 45-67.

- Chará, J.** (2003). Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. Cali, Colombia: Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV).
- Chará-Serna, A. M., Chará, J., Giraldo, L. P., Zúñiga, M. C., Allan, J. D.** (2015). Understanding the impacts of agriculture on Andean stream ecosystems of Colombia: A causal analysis using aquatic macroinvertebrates as indicators of biological integrity. *Freshwater Science*. **34** (2): 727-740.
- Covich, A. P.** (2006). Protección de la biodiversidad del bentos para asegurar procesamiento de materia orgánica y servicios del ecosistema: importancia de los invertebrados fragmentadores en redes de drenaje. *Ecotropicos*. **19** (2): 109-127.
- Dalu, T. & Chauke, R.** (2020). Assessing macroinvertebrate communities in relation to environmental variables: The case of Sambandou wetlands, Vhembe Biosphere Reserve. *Applied Water Science*. **10** (1): 16.
- de Luna, A. G. & Link, A.** (2018) Distribution, population density and conservation of the critically endangered brown spider monkey (*Ateles hybridus*) and other primates of the inter-Andean forests of Colombia. *Biodiversity and Conservation*. **27**: 3469-3511.
- Domínguez, E. & Fernández, H. R.** (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. p. 656.
- Duarte-Marín, S., González-Acosta, C., Vargas-Salinas, F.** (2018). Estructura y composición de ensamblajes de anfibios en tres tipos de hábitat en el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Cordillera Central de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. **42** (163): 227-236.
- Durán, L. E. G.** (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Dinámica ambiental*. **1** (1): 83-102.
- Forero, N.** (2017). Diagnóstico y propuesta del plan de restauración en el Parque Natural Nacional Selva de Florencia. (Tesis de maestría). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Naturales, Buenos Aires, Argentina.
- Gál, B., Szivák, I., Heino, J., Schmera, D.** (2019). The effect of urbanization on freshwater macroinvertebrates – Knowledge gaps and future research directions. *Ecological indicators*. **104**: 357-364.
- González, S. M., Ramírez, P., Meza, A. M., Dias, L. G.** (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*. **16** (2): 135-148.
- Guinard, J. D. C., Ríos, T., Vega, J. A. B.** (2013). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y ambiente*. **16** (2): 61-70.
- Hernández-Camacho, J., Hurtado, A., Ortiz, R., Walschburger, T.** (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. La diversidad biológica de Iberoamérica. **1**: 105-151.
- Hurtado, S., Trejo, F. G., Yurrita, P. J. G.** (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomológica Mexicana*. **44** (3): 271-286.
- Jacobus, L. M., Macadam, C. R., Sartori, M.** (2019). Mayflies (Ephemeroptera) and their contributions to ecosystem services. *Insects*. **10** (6): 170.
- Jonsson, M., Malmqvist, B., Hoffsten, P. O.** (2001). Leaf litter breakdown rates in boreal streams: Does shredder species richness matter? *Freshwater Biology*. **46** (2): 161-171.
- Kim, K. C.** (2009). Taxonomy and management of insect biodiversity. En Footitt, R. G. & Adler, R. (Eds.), *Insect Biodiversity: Science and society* (pp. 561-574). Blackwell Publishing Ltd. Oxford.
- Lara-Lara, J. R., Arreola-Lizárraga, J. A., Calderón-Aguilera, L. E., Camacho-Ibar, V. F., de la Lanza-Espino, G., Escofet-Giansone, A., Espejel-Carbajal, M. I., Guzmán-Arroyo, M., Ladah, L., López-Hernández, M., Meling-López, E. A., Casasola-Barceló, P. M., Reyes-Bonilla, H., Ríos-Jara, E., Zertuche-González, J. A.** (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. *Capital natural de México*. **1**: 109-134.
- Meza, A. M., Rubio, J., Dias, L., Walteros, J.** (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia*. **34** (2): 443-456.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., Pavón, N. P.** (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **82** (4): 1249-1261.
- Moreno, E.** (2011). Caracterización y análisis de los sistemas de alteridad en el Parque Nacional Natural Selva de Florencia (tesis de maestría). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

- Morrone, J. J.** (2014). Cladistic biogeography of the Neotropical region: Identifying the main events in the diversification of the terrestrial biota. *Cladistics*. **30** (2): 202-214.
- Mosquera-Murillo, Z., Mosquera-Mosquera, M. M.** (2017). Diversidad de la entomofauna acuática y calidad de agua en quebradas del río San Juan, Chocó-Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. **20** (1): 149-161.
- Muñoz, E., Mendoza, G., Valdovinos, C.** (2001). Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lénticos de Chile central: macroinvertebrados bentónicos. *Gayana (Concepción)*. **65** (2): 173-180.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia.** (2019). Registro Único Nacional de Áreas Protegidas - RUNAP. Fecha de consulta: septiembre de 2019. Disponible en <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap/registro-unico-nacional-de-areas-protegidas/>
- Radinger, J., Britton, J., Carlson, S., Magurran, A., Alcaraz-Hernández, J., Almodóvar, A., Benejam, Lluís., Fernandez-Delgado, C., Nicola, G., Oliva-Paterna, F., Torralva, M., García-Berthou, E.** (2019). Effective monitoring of freshwater fish. *Fish and Fisheries*. **20** (4): 729-747.
- Raitif, J., Plantegenest, M., Roussel, J. M.** (2019). From stream to land: Ecosystem services provided by stream insects to agriculture. *Agriculture, ecosystems & environment*. **270**: 32-40.
- Ramírez, A. & Viña, G.** (1998). *Limnología colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Rangel, J. O.** (2005). La biodiversidad de Colombia. *Palimpsestvs*. **5**: 292-304.
- Rawi, C. S., Al-Shami, S. A., Madrus, M. R., Ahmad, A. H.** (2014). Biological and ecological diversity of aquatic macroinvertebrates in response to hydrological and physicochemical parameters in tropical forest streams of Gunung Tebu, Malaysia: Implications for ecohydrological assessment. *Ecohydrology*. **7** (2): 496-507.
- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., Romero, M.** (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rodríguez-Becerra, M., Espinoza, G., Wilk, D.** (2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas*. Washington, DC, Estados Unidos de América: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Salles, F. F., Marulanda, J. F., Dias, L. G.** (2018). Two new species of *Atopophlebia* Flowers, 1980 (Ephemeroptera, Leptophlebiidae) from Colombia. *Zootaxa*. **4446** (1): 138-150.
- Sánchez-Ayala, L. & Areiza-Tapias, A.** (2018). Conservation and people's livelihoods in Colombia. *GeoJournal*. **84** (6): 1429-1445.
- Silveira, M. P., de Queiroz, J. F., Boeira, R. C.** (2004). Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. *Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico*. **19**: 1-7.
- Torres, P. J. & Ramírez, A.** (2014). Land use effects on leaf litter breakdown in low-order streams draining a rapidly developing tropical watershed in Puerto Rico. *Revista de Biología Tropical*. **62** (2): 129-142.
- Vásquez, G. L., Naundorf, G. I., Zamora, H.** (1996). Caracterización físico-química de ecosistemas dulceacuícolas del Parque Natural Nacional Isla Gorgona, Departamento del Cauca. *Unicauca Ciencia (Universidad del Cauca)*. **1**: 19-24.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina M., Umaña, A. M.** (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de inventarios de Biodiversidad. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Viñas Rubio, J. M. & López, M.** (2015). *Nuevo manual de uso de términos meteorológicos de AEMET*. Fecha de consulta: marzo de 2020. [http://www.aemet.es/documentos/es/el tiempo/prediccion/comun/Manual\\_de\\_uso\\_de\\_terminos\\_met\\_2015.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/el tiempo/prediccion/comun/Manual_de_uso_de_terminos_met_2015.pdf)
- Zuñiga, M. C. & Cardona, W.** (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. En: Cantera, J. R. K., Carvajal, Y. E. & Castro, L. M. H. (Eds.). *El caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos (167-197)*. Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.