

BIOTA COLOMBIANA

ISSN 0124-5376
DOI 10.21068/c001

Volumen 17 · Suplemento 2 - Páramos · Julio de 2016



Biota Colombiana es una revista científica, periódica-semestral, que publica artículos originales y ensayos sobre la biodiversidad de la región neotropical, con énfasis en Colombia y países vecinos, arbitrados mínimo por dos evaluadores externos y uno interno. Incluye temas relativos a botánica, zoología, ecología, biología, limnología, pesquerías, conservación, manejo de recursos y uso de la biodiversidad. El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del (los) autor (es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. El proceso de arbitraje tiene una duración mínima de tres a cuatro meses a partir de la recepción del artículo por parte de *Biota Colombiana*. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Biota Colombiana incluye, además, las secciones de Artículos de datos (*Data papers*), Notas y Comentarios, Reseñas y Novedades Bibliográficas, donde se pueden hacer actualizaciones o comentarios sobre artículos ya publicados, o bien divulgar información de interés general como la aparición de publicaciones, catálogos o monografías que incluyan algún tema sobre la biodiversidad neotropical.

Biota colombiana is a scientific journal, published every six months period, evaluated by external reviewers which publish original articles and essays of biodiversity in the neotropics, with emphasis on Colombia and neighboring countries. It includes topics related to botany, zoology, ecology, biology, limnology, fisheries, conservation, natural resources management and use of biological diversity. Sending a manuscript, implies a the author's explicit statement that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Biota Colombiana also includes the Notes and Comments Section, Reviews and Bibliographic News where you can comment or update the articles already published. Or disclose information of general interest such as recent publications, catalogues or monographs that involves topics related with neotropical biodiversity.

Biota Colombiana es indexada en Pubindex (Categoría A2), Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's y Ebsco.

Biota Colombiana is indexed in Pubindex (Category A2), Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's and Ebsco.

Biota Colombiana es una publicación semestral. Para mayor información contáctenos / **Biota Colombiana** is published two times a year. For further information please contact us.

Información

humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota
biotacol@humboldt.org.co
www.sibcolombia.net

Comité Directivo / Steering Committee

| | |
|--------------------------|--|
| Brigitte L. G. Baptiste | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt |
| José Carmelo Murillo | Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia |
| Francisco A. Arias Isaza | Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - Invermar |
| Charlotte Taylor | Missouri Botanical Garden |

Editor / Editor

| | |
|-----------------|--|
| Carlos A. Lasso | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt |
|-----------------|--|

Editora invitada / Guest Editor

| | |
|-------------|--|
| Paula Úngar | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt |
|-------------|--|

Editor Datos / Data Papers Editor

| | |
|---------------|--|
| Dairo Escobar | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt |
|---------------|--|

Coordinación y asistencia editorial / Coordination and Editorial assistance

| | |
|------------------|--|
| Susana Rudas Ll. | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt |
|------------------|--|

Asistencia editorial / Editorial assistance

| | |
|----------------------|--|
| Paula Sánchez-Duarte | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt |
|----------------------|--|

Traducción / Translation

| | |
|----------------|--|
| Donald Taphorn | Universidad Nacional Experimental de los Llanos, Venezuela |
|----------------|--|

Comité Científico - Editorial / Editorial Board

| | |
|------------------------------|--|
| Adriana Prieto C. | Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia |
| Ana Esperanza Franco | Universidad de Antioquia |
| Arturo Acero | Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe |
| Cristián Samper | WCS - Wildlife Conservation Society |
| Donald Taphorn | Universidad Nacional Experimental de los Llanos, Venezuela |
| Francisco de Paula Gutiérrez | Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano |
| Gabriel Roldán | Universidad Católica de Oriente, Colombia |
| Germán I. Andrade | Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt |
| Giuseppe Colonnello | Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Venezuela |
| Hugo Mantilla Meluk | Universidad del Quindío, Colombia |
| John Lynch | Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia |
| Jonathan Coddington | NMNH - Smithsonian Institution |
| José Murillo | Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia |
| Josefa Celsa Señaris | Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas |
| Juan A. Sánchez | Universidad de los Andes, Colombia |
| Juan José Neif | Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Argentina |
| Martha Patricia Ramírez | Universidad Industrial de Santander, Colombia |
| Monica Moraes | Herbario Nacional Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia |
| Pablo Tedesco | Muséum National d'Histoire Naturelle, Francia |
| Paulina Muñoz | Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia |
| Rafael Lemaitre | NMNH - Smithsonian Institution, USA |
| Reinhard Schnetter | Universidad Justus Liebig, Alemania |
| Ricardo Callejas | Universidad de Antioquia, Colombia |
| Steve Churchill | Missouri Botanical Garden, USA |
| Sven Zea | Universidad Nacional de Colombia - Invermar |

Impreso por JAVEGRAF
 Impreso en Colombia / Printed in Colombia

Revista *Biota Colombiana*
 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
 Teléfono / Phone (+57-1) 320 2767
 Calle 28A # 15 - 09 - Bogotá D.C., Colombia

Presentación

Entre 2013 y 2016 el Instituto Humboldt, a través del convenio 13-014 (FA 005 de 2013), desarrolló el proyecto “Insumos para la delimitación de ecosistemas estratégicos – páramos y humedales”. En el componente páramos de ese proyecto, se trabajó en colaboración con más de 20 grupos de investigación de diferentes disciplinas, en torno a 21 complejos de páramos del país. Si bien el objetivo inmediato consistía en construir conocimiento relevante para las autoridades ambientales de cara a las tareas asignadas por la ley en el marco de la delimitación, se generó un volumen muy significativo de conocimiento sobre los páramos colombianos, desde diferentes perspectivas, disciplinas y con alcances más amplios que la delimitación.

Con el ánimo de documentar y presentar a la comunidad académica parte de ese conocimiento, se abrió la convocatoria que condujo a este número especial de *Biota Colombiana*. Frente a esta iniciativa respondieron tanto grupos vinculados al proyecto, como otros investigadores con resultados relevantes para el conocimiento de los páramos. Siete de los ocho artículos que publicamos analizan los resultados del trabajo de varios grupos de investigación en biodiversidad, que desarrollaron inventarios y estudios de fauna en la franja de transición bosque altandino – páramo, bajo la orientación metodológica del Instituto. Finalmente, el octavo artículo presenta y discute la percepción de los servicios ecosistémicos por parte de comunidades campesinas altoandinas en Antioquia.

Agradecemos al Fondo Adaptación por la financiación de este número especial, a los evaluadores y a las organizaciones e instituciones que respaldaron a los autores a lo largo de su vinculación al proyecto y en particular para el análisis de los resultados que se presentan aquí.

Confiamos en que este número especial contribuirá con la divulgación y la incidencia en la toma de decisiones del conocimiento académico sobre la alta montaña colombiana.

Brigitte L. G. Baptiste
Directora General

Carlos A. Lasso
Editor *Biota Colombiana*

Paula Úngar
Editora invitada

Diversidad y biomasa de macroinvertebrados asociados a cuatro tipos de sustratos en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia

Diversity and biomass of macroinvertebrates in four types of substrates in the lagoon La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia

Sandra Gómez, Claudia Salazar y Magnolia Longo

Resumen

Para el establecimiento y el desarrollo de los macroinvertebrados en los sistemas leníticos es importante que los sustratos disponibles sean variados. Así, la biomasa de los taxones es un reflejo de la producción del sistema. Este estudio evaluó la diversidad en cuatro sustratos: macrófita (*Myriophyllum aquaticum*), roca, sedimentos y materia orgánica, y se analizó la variación temporal de la biomasa y la abundancia con base en tres períodos hidrológicos. Se colectaron 2.957 individuos (17 géneros, 11 órdenes). *Helobdella* fue el taxón dominante aportando 90 % a la biomasa total de la comunidad, seguido de *Hyaella*, *Tanytarsus* y *Centrocorisa*. La conductividad, los sulfatos y la temperatura hídrica fueron determinantes para la biomasa. En la macrófita se encontró menor diversidad de H' (0,03 nats.ind⁻¹) y mayor dominancia (0,99); en el resto de sustratos la diversidad fue mayor ($\bar{X} = 1,5$) y la dominancia menor ($\bar{X} = 0,24$). Se encontraron diferencias significativas en los registros de biomasa entre sustratos más no entre campañas. En conclusión, el sustrato macrófita es el hábitat más utilizado por los macroinvertebrados pues alberga mayor cantidad de individuos; sin embargo, no presenta la mayor diversidad, a diferencia de los otros tres sustratos que evidencian mayor diversidad de taxones.

Palabras clave. Alta montaña. Andes. Bajas temperaturas. Hábitat. *Helobdella*.

Abstract

For macroinvertebrates inhabiting lentic systems, quantity and availability of various substrates are important for the establishment and development of different assemblages, also, the biome reflects macroinvertebrates system production. In this study, the diversity was estimated from the biomass present in the four substrates: macrophyte (*Myriophyllum aquaticum*), rock, sediments and organic matter, it was analyzed the seasonal variation of biomass and abundance considering three hydrological periods. It was collected 2.957 individuals grouped in 17 genera and 11 orders. *Helobdella* was the dominant taxon, it contributes to 90% of the total biomass of the community; *Hyaella*, *Tanytarsus* and *Centrocorisa* were important too. Electric conductivity, sulfates and the water temperature were determined for the biomass. The dominance of macroinvertebrates was higher in macrophyta (0,99). In the rest of the substrates, diversity was larger ($\bar{X} = 1,5$ nats.ind⁻¹) and the evenness minor ($\bar{X} = 0,24$). There are significant differences in the registers of biomass among the substrates but not among the campaigns. In conclusion, macrophyte was the substrate and the habitat most used by macroinvertebrates and it contains more individuals; however, the macrophyte was not the most diversity substrates because, when it was compared with other three substrates the diversity is higher.

Key words. Andean. Habitat. *Helobdella*. High mountain. Low temperatures.

Introducción

Los páramos son ecosistemas exclusivos de la franja ecuatorial ya que sólo se encuentran entre 8° latitud norte y 11° latitud sur (Hofstede *et al.* 2003). Albergan un elevado número de sistemas leníticos y lóticos y soportan una variada riqueza biológica, genética, paisajística. Son considerados ecosistemas extremos para la vida (Morales y Estévez 2006) pues presentan condiciones ambientales tales como: humedad de hasta 85% (Banco de Occidente 2001), suelos ácidos (pH entre 3,9 y 5,4 unidades), baja presión atmosférica, y temperaturas del aire bajas que durante el día pueden oscilar entre el punto de congelación y los 20 °C (Granados *et al.* 2005). En cuanto a las lagunas de páramo, el sedimento está conformado por capas gruesas de suelo orgánico saturado de agua, por lo que el agua se filtra formando así pequeños hilos que dan origen a quebradas y finalmente a ríos (Andrade *et al.* 2002).

El páramo de Sumapaz es el de mayor extensión en Colombia (266.750 ha), incluso lo es a nivel mundial. Por ello, es considerado como una reserva hídrica de alto valor socioeconómico y ambiental, de ahí que la mayor parte de su extensión (cerca del 53,3 %) se encuentre dentro de áreas protegidas, tanto de Parques Nacionales Naturales como de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Además de contribuir con sus aguas a las cuencas de los ríos Magdalena y Orinoco, este páramo es contemplado por la EAAB como reserva hídrica para satisfacer las necesidades de la población de la localidad de Usme, ubicada al sur del Distrito Capital (Daza *et al.* 2014). Incluye entre otras, las lagunas de Chisacá y La Virginia. De este complejo lagunar nace el río Tunjuelo, el cual ha sido represado formando el embalse La Regadera. Dicho embalse junto con el de Chisacá, componen el sistema sur de abastecimiento de agua potable para la localidad de Usme (EAAB 2014).

En cuanto a los macroinvertebrados acuáticos (MIA) de sistemas leníticos, se sabe que las comunidades ocupan principalmente el área litoral, habitando macrófitas; también hacen parte del bentos, ya sea enterrados en el fango y en la arena, o adheridos

a rocas, troncos, restos de vegetación o a sustratos similares (Álvarez *et al.* 2004). Varios factores afectan el arreglo espacial y la abundancia de esta fauna. Entre ellos figuran características del sustrato tales como la estructura física, el contenido de materia orgánica y la estabilidad; por tanto, en los sistemas leníticos la variedad en los sustratos es indispensable para la colonización y el establecimiento de los MIA.

No obstante, el hábitat principal lo constituyen las macrófitas y en segundo lugar los sedimentos (Velázquez y Miserendino 2003). Las macrófitas afectan el arreglo espacial y la abundancia de los MIA en función de su propio arreglo, de su disponibilidad y de la estructura de sus componentes. Como resultado, los hábitats acuáticos con macrófitas representan frecuentemente las áreas más diversas, productivas y heterogéneas, en relación con otros tipos de sustratos (Boggiani 2012). Por su parte, el aumento en la acumulación de los sedimentos conduce a cambios en la composición y en la densidad de las comunidades de MIA, al afectar el establecimiento del perifiton (alimento de algunos MIA) y los espacios intersticiales que sirven como microhábitats, también disminuyen la densidad de presas y la concentración de oxígeno disuelto. Sin embargo, algunos taxones tienen la capacidad de vivir enterrados en él como Chironomidae, Oligochaeta y Sphaeriidae. Por tanto, cuando hay entrada de sedimentos en los ecosistemas, habrá un punto en el que las comunidades se vuelven menos diversas y pasarán a ser dominadas por taxones tolerantes a las condiciones habituales de este sustrato (Harrison *et al.* 2007). En cuanto a las rocas como sustrato, ofrecen una estabilidad mecánica suficiente para el establecimiento de comunidades de perifiton, macrófitas y MIA (Bernal *et al.* 2006), representando un hábitat propicio para los MIA que se alimentan de detritos (Negishi y Richardson 2003).

Entre los escasos estudios realizados para cuantificar la diversidad de los MIA en páramos de Colombia, se destaca el trabajo de Castellanos y Serrato (2008), quienes encontraron alta riqueza de taxones (63 morfoespecies) en el nacimiento de un río en el páramo de Santurbán; y menores registros en la quebrada El Salado y en los ríos Vetás y Jordán, en

el páramo de Berlín, donde se reportaron 20, 13 y 26 morfotipos, respectivamente. Así mismo, en el páramo de Frontino en la laguna Puente Largo, se encontraron 18 taxones, siendo los más abundantes *Hydrozetes* (Acariforme) y *Pseudosmittia* (Diptera); en la laguna Campanas se encontraron 13 géneros, siendo dominantes también los taxones mencionados (Posada *et al.* 2008). En un estudio preliminar en la laguna La Virginia, se encontraron las clases Insecta, Malacostraca, Gastropoda y Clitellata, reportándose baja diversidad (H' entre 1,0 y 1,5) y dominancia de Corixidae, Chironomiidae y Hyallellidae (Ramírez *et al.* 2014).

Considerando la importancia de los diferentes sustratos para la diversidad de los MIA en sistemas leníticos, se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál de los cuatro sustratos -macrófita, sedimento, materia orgánica y roca- presenta mayor diversidad y biomasa de MIA? ¿Cómo varían la abundancia y la biomasa de los MIA entre los sustratos y entre muestreos? ¿Qué variables fisicoquímicas registradas son relevantes para la biomasa de los MIA? Si las macrófitas presentan una estructura con diversas formaciones como raíces, tallo y hojas que permiten un mayor número de biotopos potenciales para la colonización y el establecimiento de los MIA, mientras que los sedimentos y la materia orgánica al estar en la zona béntica presentan escasez de oxígeno y su estructura dificulta la movilidad de algunos individuos, y si a su vez, la roca almacena detritos, entonces, se espera que en las macrófitas haya mayor abundancia, diversidad y biomasa de MIA, procedida por los sustratos roca, sedimento y materia orgánica. Debido a que durante las lluvias las macrófitas son arrastradas por el viento y por la fuerza del agua hacia otras zonas, y que la materia orgánica también es movida, entonces se espera que durante esta época haya disminución en la abundancia y en la biomasa de los macroinvertebrados habitando dichos sustratos, y por tanto diferencias significativas con dichos estimados en el resto de sustratos y épocas. Y, dado los cambios constantes (*daily*) de temperatura hídrica y oxígeno disuelto que se dan en sistemas acuáticos de páramo, así como los valores de pH que tienden a la acidez y las bajas conductividades eléctricas, entonces, se espera que dichas variables sean las que operen de manera determinante en la biomasa de los taxones.

Los objetivos fueron: identificar las variaciones de abundancia y de biomasa de MIA entre cuatro tipos de sustratos y entre tres épocas hidrológicas; determinar la biodiversidad para cada sustrato; y establecer variables ambientales determinantes de la biomasa.

Material y métodos

Área de estudio

El complejo lagunar La Virginia-Chisacá es el punto de nacimiento del río Tunjuelo. Se encuentra ubicado en el páramo Sumapaz, vía San Juan de Sumapaz, en zona rural de Bogotá, D. C., a 4°17'25,2" N y 74°12'24,2" O, y a una elevación de 3.718 m s.n.m. (Figura 1).

De acuerdo con los datos reportados por el Ideam (2015) para la estación meteorológica La Unión, y con base en datos de cinco años (2008 - 2013), el régimen de lluvias establecido es bimodal-tetraestacional, con un período de lluvias bajas que va de noviembre a febrero, siendo enero el mes con menores registros (promedio 13,9 mm); marzo es un mes de transición a lluvias altas, y de abril hasta julio ocurren las lluvias altas con un pico máximo en abril (promedio 80,6 mm). Agosto y septiembre están dentro de la transición a lluvias bajas, y octubre es otro mes de lluvias altas (Figura 2). La temperatura ambiental media anual es 9,3 °C (intervalo de 9,1 a 9,5 °C), la humedad relativa promedio es 90,3 % (mínimo 84, máximo 95 %) y el brillo solar anual promedio es de 731,1 horas (496,5 - 1.048,9 horas). Para mayor detalle ver Alba *et al.* (2015).

Las lagunas en mención se encuentran separadas por una carretera y conectadas por un canal. Mientras Chisacá es la laguna más grande y con un espejo de agua totalmente descubierto de macrófitas, La Virginia es más pequeña, está en menor pendiente y tiene un alto porcentaje del espejo cubierto por diversas macrófitas (Figura 3). La Virginia recibe a través del canal, aportes de agua desde Chisacá. Este canal pasa por debajo de la carretera y su caudal es regulado por la cantidad de agua que se encuentre en Chisacá. El sustrato está compuesto por rocas de varios tamaños, macrófitas sumergidas y emergentes así como arenas.

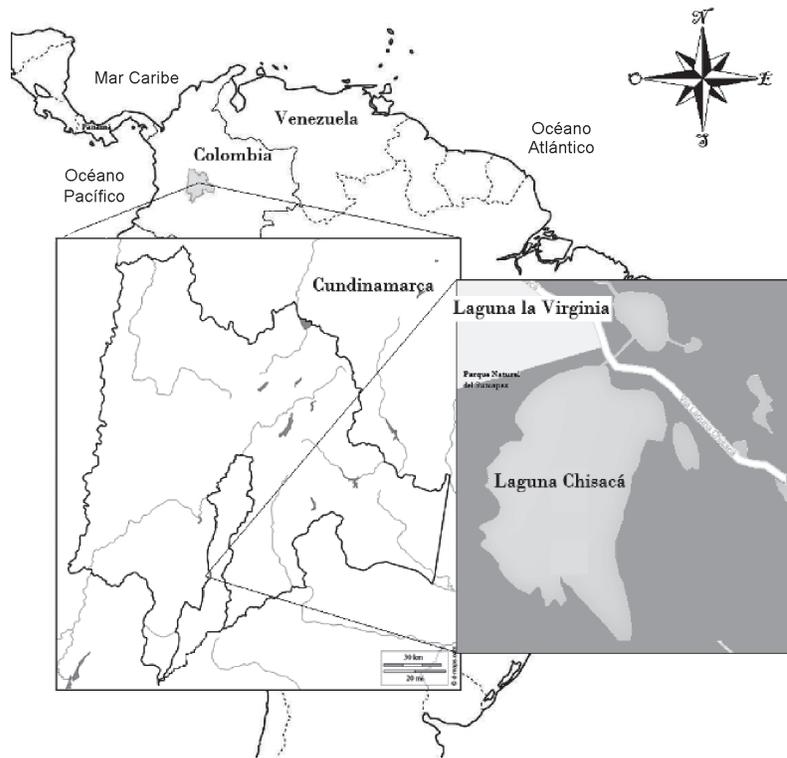


Figura 1. Ubicación geográfica de la laguna La Virginia en el páramo Sumapaz, Colombia. Tomado de Alba *et al.* (2015).

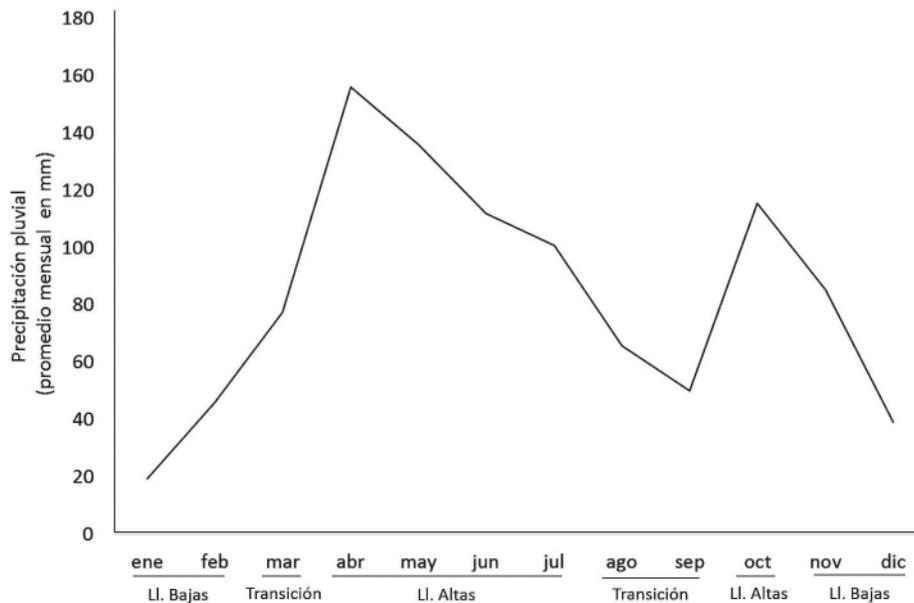


Figura 2. Promedios mensuales de lluvia en la estación pluviométrica La Unión cercana a la laguna La Virginia (Ideam 2015).



Figura 3. Panorámica de las lagunas Chisacá y La Virginia en el páramo Sumapaz, conectadas por un canal que pasa debajo de la carretera.

La vegetación riparia es nativa, de tipo pajonal en un 90 %, con algunos arbustos que cubren el 10 % del canal. Las familias sobresalientes son Poaceae, Iridaceae, Clusiceae, Cunoniaceae, Capparidacea y Asteraceae.

Las glaciaciones del Pleistoceno dieron origen a las lagunas de Sumapaz que se encuentran en alturas comprendidas entre 3 500 y 4 000 m s.n.m. Los suelos están constituidos por rocas sedimentarias del Terciario y metamórficas del Paleozoico; estos suelos son bastante ácidos y tienen un alto contenido de sodio y de potasio (Ospina 2003), constituidos principalmente por areniscas y lutitas. Estas características son determinantes en las propiedades fisicoquímicas del agua; de ahí, que esos cuerpos de agua sean generalmente oligotróficos, con escaso grado de mineralización, transparentes y bien oxigenados (Banco de Occidente 2001).

Campañas

Teniendo en cuenta el régimen de pluviosidad, se realizaron cuatro muestreos con el fin de abarcar tres temporadas. Se muestreó en mayo, junio, septiembre y diciembre del año 2014. Dado que el enfoque del

trabajo es el muestreo en diferentes sustratos, las muestras se colectaron según la ubicación de los mismos en el canal y en la laguna. En el canal -Punto A- ($4^{\circ}17'23,6''$ N - $74^{\circ}12'24,9''$ O), se muestrearon rocas y sedimentos, y en La Virginia -Punto B- ($4^{\circ}17'25,5''$ N - $74^{\circ}12'24,3''$ O) se tomaron muestras de materia orgánica y de la macrófita *Myriophyllum aquaticum* (Figura 4); de cada sustrato se colectaron tres repeticiones.

En las rocas, los MIA se colectaron utilizando una red Surber de $0,09$ m² con ojo de malla de $0,5$ mm. En los sustratos blandos (materia orgánica y sedimentos) se extrajeron manualmente 1000 g de peso húmedo de cada uno, los cuales se depositaron inmediatamente en bolsas herméticas etiquetadas. Para la colecta de las macrófitas se empleó un cuadrante de PVC de $0,09$ m², que se arrojó sobre los parches de *M. aquaticum* y se retiraron todos los ejemplares delimitados por él. Estas muestras también se guardaron en bolsas herméticas con etanol al 95 %.

En cada punto de muestreo se midieron las variables físicas: temperatura hídrica ($^{\circ}$ C) y conductividad eléctrica con una sonda Mettler Toledo SG3; y las variables químicas: gas carbónico disuelto

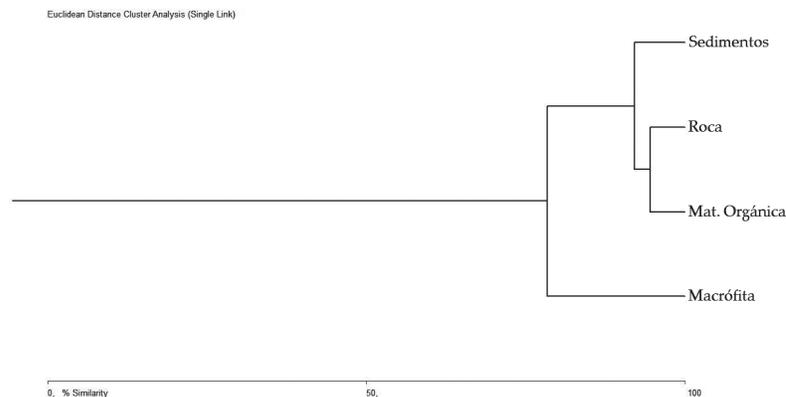


Figura 4. Dendrograma de similaridad basado en distancia Euclidiana entre las biomazas de macroinvertebrados reportadas para cuatro tipos de sustratos presentes en dos estaciones en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

(mg.l⁻¹ de CO₂) mediante titulación con hidróxido de sodio al 0,02 N, oxígeno disuelto (mg.l⁻¹ de O₂) con el método Winkler, y pH (Unidades de pH) con una sonda Mettler Toledo SG2. También se recogieron por punto, dos muestras de agua en recipientes plásticos de 500 ml para determinar en laboratorio las concentraciones de sulfatos, nitritos, ortofosfatos y amonio.

Laboratorio

Identificación taxonómica. Los MIA fueron separados manualmente desde los sedimentos y las plantas. Para la determinación taxonómica se emplearon las claves de Guimarães y De Souza (s.f.), Gaviria (1993), Ruíz *et al.* (2000), Domínguez y Fernández (2009), Confederación Hidrográfica del Ebro (2011) y Prat (2012).

Determinación de biomasa. Una vez identificados los individuos se tomó una muestra representativa de cada taxón teniendo en cuenta la fórmula del cálculo de tamaño de muestra, con un nivel de confianza del 95% (Pita 2001); éstos se secaron en horno a 60 °C por 24 horas siguiendo las recomendaciones de Monzón *et al.* (1991). Posteriormente, se pesaron en una balanza de precisión de 0,0001 g. Este procedimiento se hizo también con las muestras de macrófitas, materia orgánica y sedimentos. Con base en ello se estableció para los MIA, el peso seco de cada grupo biológico

por gramo. En el caso de las rocas, debido a que éstas no podían ser secadas, la unidad de producción de los MIA se da en g de peso seco por m² (ind.m⁻²). Las abundancias se reportan en número de individuos por gramo (ind.g⁻¹) en el caso de los sedimentos, de la materia orgánica y de la macrófita. Para la roca, la abundancia se expresa como número de individuos por metro cuadrado (ind.m⁻²).

Determinación de concentraciones de algunas variables químicas. Empleando la técnica de espectrometría ultravioleta visible se cuantificaron las concentraciones de ortofosfatos (PO₄³⁻), nitritos (NO₂⁻) y amonio (NH₄⁺), y a través de turbidimetría se determinó la concentración de sulfatos (SO₄²⁻). Para ambas técnicas se usó un espectrofotómetro de doble haz Thermo Evolution 300, con el Software Vision Pro. Dado que las concentraciones de amonio y de ortofosfatos estuvieron por debajo del límite de detección (0,05 y 0,01 mg.l⁻¹, respectivamente) no se incluyeron en el análisis de datos.

Análisis de datos

A partir de los datos de biomasa de los MIA obtenidos en cada sustrato, se calcularon los índices de diversidad de Shannon (nats.ind⁻¹, Shannon 1949) –H’-, dominancia de Simpson (adimensional, Simpson 1949) y equidad de Pielou (adimensional, Pielou 1975), usando el software Biodiversity

Pro. Para determinar la existencia de diferencias significativas de abundancia y de biomasa de los MIA en relación con los sustratos y los muestreos, se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis. Cuando se encontraron diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey para las comparaciones post-hoc empleando el programa R versión 3.0.0. Además, para determinar la estructura de la comunidad en cuanto a la biomasa, se compararon los datos de biomasa en g en un dendrograma de similaridad basado en distancia euclidiana, así se contrastaron los índices de similitud de los sustratos.

Para identificar las variables fisicoquímicas determinantes de los cambios en biomasa de los macroinvertebrados, se hizo un análisis de correlación canónica (ACC), definido de acuerdo con la longitud del gradiente obtenido desde un análisis de correspondencia sin tendencia (DCA, siglas en inglés) (Hill y Gauch, 1980). Se usaron los datos de biomasa de los individuos por taxón en cada campaña y sitio de muestreo. En el DCA se encontró que la longitud del gradiente fue de 1,58 unidades de desviación estándar, lo que indica que el ACC sería el método más adecuado, en comparación con el análisis de redundancia (RDA), para explicar la relación entre las biomasa y las variables fisicoquímicas (Lepš y Šmilauer 2003). En el ACC, los datos fisicoquímicos fueron centrados y estandarizados siguiendo las indicaciones de Guisande (2011). Los datos de biomasa se transformaron con $\log_{10}(x+1)$ y se dio bajo peso a los taxones raros. En el proceso, las variables fisicoquímicas se seleccionaron automáticamente y su significancia se probó con la prueba de permutación de Monte Carlo, con 199 permutaciones. Se utilizó el programa CANOCO para Windows.

Resultados

Variables fisicoquímicas. A lo largo de los cuatro muestreos, la temperatura hídrica varió entre 9,6 y 11,5 °C; la concentración de oxígeno disuelto fue muy similar entre las campañas, fluctuando entre 6,0 y 7,9 mg.l⁻¹, el registro más alto se encontró en el tercer muestreo que fue época transicional a lluvias bajas. El pH sí presentó una oscilación considerable entre 4,9 y 8,2 unidades; igualmente ocurrió con la conductividad eléctrica que tuvo un mínimo de 0,4

y un máximo de 10,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$. Los nitritos no presentaron mayores cambios en el estudio, sus intervalos estuvieron entre 0,005 y 0,082 mg.l⁻¹. En cuanto al CO₂, se presentaron diferencias entre los muestreos, siendo en la cuarta campaña la concentración 0,2 mg.l⁻¹ y 9,7 mg.l⁻¹ en la primera. Los sulfatos fluctuaron entre 0,2 mg.l⁻¹ en el cuarto muestreo y 10,5 mg.l⁻¹ en el tercero (Tabla 1). En cuanto a ortofosfatos y amonio, los valores se encontraron por debajo del límite de detección del método utilizado.

Abundancia de los MIA. Se identificaron cinco phyla, ocho clases, once órdenes, once familias (más dos no determinadas) y 17 géneros (o morfotipos). En total, teniendo en cuenta todos los sustratos y todos los muestreos se cuantificaron 2.957 individuos (Tabla 2). Adicionalmente, se observaron individuos de los dípteros *Bezzia* y *Limnonia* que no fueron colectados y por tanto no se incluyeron en estos resultados.

La comunidad de MIA en la laguna estuvo representada mayoritariamente por *Helobdella* (Rhynchobdellida), con una abundancia de 1.530 individuos que correspondió al 51,7 % de la abundancia total de la comunidad. El segundo taxón más abundante fue el anfípodo *Hyaletta* con 632 individuos (21,4 %). Con menor porcentaje (9,6 %) estuvieron Rhinodrilidae (283 individuos), el díptero *Tanytarsus* (145 individuos, 4,9 %), y el hemíptero *Centrocorisa* (11 individuos, 3,8 %). Los 12 taxones restantes aportaron a nivel individual menos del 3 %. Entre estos figuran *Girardia* con 76 individuos (2,6 %), *Parametrioconemus* con 36 representantes (1,2 %), *Bidessonotus* 27 organismos (0,9 %), *Sphaerium* 24 individuos (0,8 %), familia Hidrozetidae 15 organismos (0,5 %), *Metrioconemus* con 14 individuos (0,5 %), *Limnophila* 6 individuos (0,2 %); *Dytiscus*, Ortocladiniidae y la familia Linyphiidae con un individuo cada taxón. El phylum Nematoda contó con 50 individuos (1,7 %) (Tablas 2 y 3).

En cuanto a la abundancia por sustrato, la macrófita *M. aquaticum* albergó la cantidad más elevada (2.003 ind.g⁻¹), seguido por las rocas (373 ind.m⁻²), la materia orgánica (84 ind.g⁻¹) y por último, el sedimento (46 ind.g⁻¹). Se estableció que no existen diferencias significativas de abundancia entre muestreos ($p = 0,008$) ni entre sustratos ($p = 0,0007$).

Tabla 1. Registros de algunas variables fisicoquímicas medidas en dos estaciones en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz. A: estación en el canal. B: estación en la laguna.

| Muestreo / temporada hidrológica | Estaciones | Temperatura hídrica (°C) | Oxígeno disuelto (mg.l ⁻¹) | pH unidades | Sulfatos (mg.l ⁻¹) | Nitritos (mg.l ⁻¹) | CO ₂ (mg.l ⁻¹) | Conductividad eléctrica (µS.cm ⁻²) |
|----------------------------------|------------|--------------------------|--|-------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| 1 Lluvias altas | A | 11,1 | 6,0 | 6,0 | 0,8 | 0,005 | 9,7 | 5,1 |
| | B | 9,8 | 6,2 | 6,1 | 0,7 | 0,005 | 3,6 | 10,4 |
| 2 Lluvias altas | A | 11,5 | 6,0 | 5,9 | 8,3 | 0,033 | 3,0 | 3,2 |
| | B | 11,1 | 6,2 | 5,5 | 6,2 | 0,012 | 3,4 | 3,0 |
| 3 Transición a lluvias bajas | A | 9,6 | 7,9 | 4,9 | 7,8 | 0,011 | 2,2 | 0,4 |
| | B | 9,8 | 7,6 | 5,1 | 10,5 | 0,021 | 2,6 | 0,4 |
| 4 Lluvias bajas | A | 10,3 | 7,8 | 7,4 | 3,0 | 0,082 | 0,4 | 4,2 |
| | B | 10,7 | 7,0 | 8,2 | 0,2 | 0,009 | 0,2 | 4,0 |

Biomasa de los MIA. Los individuos hallados en *M. aquaticum* sumaron 90,80 g peso seco.g⁻¹ que representan el 99,4 % del total colectado en los cuatro sustratos. El siguiente sustrato en cantidad de biomasa fue el rocoso con 0,24 ind.m⁻² (0,3 %), seguido por el sedimento con 0,18 g, y por la materia orgánica con 0,14 g, representando 0,2 % y 0,1 % del total, respectivamente (Tabla 2).

Se determinó que entre campañas no hubo diferencias significativas de biomasa (Kruskal Wallis, gl: 3, n: 16, $p > 0,05$). Los datos de biomasa por campaña se muestran en la Tabla 3. Por el contrario, la biomasa sí difirió entre sustratos (Kruskal-Wallis, gl: 3, n: 16, $p < 0,05$). La biomasa reportada para la macrófita difiere del resto de sustratos así: macrófita – materia orgánica, $p < 0,05$; macrófita – roca, $p < 0,05$; y macrófita – sedimento, $p < 0,005$ (Figura 5). Entre los demás sustratos no se encontraron valores que sugieran diferencias significantes. Los datos de biomasa total por sustrato se señalan en la Tabla 2.

En la macrófita, *Helobdella* con 1,461 g de peso seco.g⁻¹ (99,6 %) fue el taxón dominante. Los taxones menos representativos fueron la familia Linyphiidae (Araneae), *Tenagobia* (Hemiptera) y *Dytiscus*

(Coleoptera), ya que aportaron menos del 0,0004 % a la biomasa total. Estos hallazgos se asociaron con la baja diversidad de H' y la escasa equidad de Pielou (Tabla 3).

En la materia orgánica, *Hyalella* es el taxón con mayor biomasa con un aporte de 36,4 % que equivale a 0,05 g de peso seco.g⁻¹, seguido por las lombrices Rhinodrilidae con 0,04 gramos que corresponden a 30 % del total. Los taxones con aporte igual o menor al 0,1 % fueron *Parametriocnemus* (Diptera) y *Girardia* (Tricladida). Así mismo en las rocas, *Hyalella* aportó 37,8 % (0,09 g de peso seco.g⁻¹) a la biomasa total, y *Helobdella* (0,03 g de peso seco.g⁻¹) y *Centrocorisa* (0,04 g de peso seco.g⁻¹) contribuyeron aproximadamente con 15 % cada uno. Los taxones menos representativos fueron Nematomorpha y Ortocladiinae (Diptera) con menos del 0,1 % cada uno.

En los sedimentos, los individuos de Rhinodrilidae y de *Sphaerium* (Veneroida) aportaron el 41,8 % (0,07 g de peso seco.g⁻¹) y 25,6 % (0,05 gramos de peso seco.g⁻¹), respectivamente. Nematomorpha y *Metriocnemus* (Diptera) presentaron valores menores a 0,0002 g de peso seco.g⁻¹ cada uno (0,1 %) (Tabla 4).

Tabla 2. Abundancia y biomasa de los taxones de macroinvertebrados colectados en cuatro sustratos ubicados en dos estaciones en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, en el canal (C) y laguna (L).

| Phylum | Clase | Orden | Familia | Género/ morfortipo | Abundancia total en No. ind./variable* (Biomasa en g peso seco/variable**) por sustrato | | | |
|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|------------------------------|--|-------------------|----------------------|---------------------|
| | | | | | Sedimento (C) | Roca (C) | Mat. orgánica (L) | Macrofito (L) |
| Annelida | Hirudinea | Rhynchobdellida | Glossiphoniidae | <i>Helobdella</i> | 7 (0,03) | 34 (0,03) | 28 (0,03) | 1461 (90,52) |
| | | Oligochaeta | Opisthophora | ND | 14 (0,07) | 17 (0,02) | 24 (0,04) | 48 (0,005) |
| Arthropoda | Arachnida | Acariformes | Hydrozetidae | ND | 1 (0,001) | 2 (0,001) | | 12 (0,002) |
| | | Araneae | Linyphiidae | ND | | | | 1 (0,0004) |
| | Coleoptera | | Dytiscidae | <i>Bidessonotus</i> | | 4 (0,001) | 1 (0,01) | 13 (0,004) |
| | | | | <i>Dytiscus</i> | | | | 1 (0,0003) |
| | | | | <i>Metriocnemus</i> | 2 (0,0002) | 12 (0,001) | | |
| Insecta | Diptera | | Chironomidae | Ortocladiiniidae (SubFam) | | 1 (0,0001) | | |
| | | | | <i>Parametriocnemus</i> | 7 (0,001) | 9 (0,0004) | 1 (0,0001) | 19 (0,001) |
| | | | | <i>Tanytarsus</i> | | | | 145 (0,002) |
| | | | | <i>Limnophila</i> | 5 (0,007) | 1 (0,002) | | |
| | | | | <i>Centrocorisa</i> | 2 (0,008) | 39 (0,04) | 5 (0,005) | 65 (0,07) |
| Mollusca | Bivalvia | Hemiptera | Corixidae | <i>Tenagobia</i> | | 4 (0,002) | | 4 (0,00001) |
| | | | | <i>Hyalella</i> | 3 (0,006) | 221 (0,09) | 19 (0,05) | 191 (0,16) |
| Nematoda | ND | | | <i>Sphaerium</i> | 14 (0,05) | 2 (0,02) | | 8 (0,02) |
| | | | | ND | 3 (0,0002) | 1 (0,0002) | 5 | 32 (0,0005) |
| Platyhelminthes | Turbellaria | Tricladida | Dugesidae | <i>Girardia</i> | 2 (0,001) | 43 (0,03) | 1 (0,0002) | 3 (0,004) |
| | | | | Total | 46 (0,18) | 373 (0,24) | 84 (0,14) | 2003 (90,80) |

Tabla 3. Biomasa total (g peso seco/variable*), por época hidrológica, de cada taxón de macroinvertebrados colectados en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz. *Ver sección métodos.

| Taxón | Muestreo 1 Mayo 2014 (Lluvias altas) | Muestreo 2 Junio 2014 (Lluvias altas) | Muestreo 3 Septiembre 2014 (Transición a lluvias bajas) | Muestreo 4 Diciembre 2014 (Lluvias bajas) |
|-------------------------|--|---|--|---|
| <i>Tubificidae</i> | 0,00704 | 0,07789 | 0,03741 | 0,02116 |
| <i>Hellobdela</i> | 90,45713 | 0,08746 | 0,03069 | 0,0461 |
| <i>Hyalella</i> | 0,03645 | 0,00412 | 0,16546 | 0,10685 |
| <i>Linyphiidae</i> | | | | 0,00035 |
| <i>Bidessonotus</i> | 0,00073 | 0,00102 | 0,00138 | 0,00973 |
| <i>Dytiscus</i> | | | | 0,00029 |
| <i>Metriocnemus</i> | | | 0,00053 | 0,00043 |
| Ortocladiniidae | 0,0001 | | | |
| <i>Parametriocnemus</i> | 0,00002 | | 0,00114 | 0,00136 |
| <i>Tanytarsus</i> | 0,00001 | | 0,00004 | 0,00193 |
| <i>Leptocera</i> | | | 0,00078 | |
| <i>Limnophila</i> | | 0,00644 | 0,0024 | |
| <i>Centrocorisa</i> | 0,03684 | 0,01334 | 0,04219 | 0,02955 |
| <i>Tenagobia</i> | | 0,00051 | 0,00036 | 0,00107 |
| <i>Sphaerium</i> | 0,00077 | 0,05820 | 0,01633 | 0,01161 |
| <i>Nematomorpha</i> | 0,0009 | 0,00002 | | 0,00001 |
| <i>Girardia</i> | 0,01787 | 0,00316 | 0,01839 | 0,02882 |
| Hydrozetidae | 0,00056 | 0,00088 | 0,0009 | 0,00026 |

Tabla 4. Índices de diversidad calculados con base en datos de biomasa en relación con los sustratos sobre los que se colectaron macroinvertebrados en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

| Índices de diversidad calculados a partir de datos de biomasa | Diversidad de macroinvertebrados en función del sustrato desde el que se colectaron | | | |
|---|---|------|------------------|-----------|
| | Sedimento | Roca | Materia orgánica | Macrófita |
| Abundancia total (ind. por variable*) | 46 | 373 | 84 | 2003 |
| Riqueza total | 12 | 15 | 8 | 15 |
| Biomasa total (g peso seco por variable*) | 0,18 | 0,24 | 0,14 | 90,80 |
| Shannon (H') – Diversidad | 1,53 | 1,75 | 1,36 | 0,03 |
| Pielou (J') – Equidad | 0,62 | 0,66 | 0,70 | 0,01 |
| Simpson – Dominancia | 0,23 | 0,22 | 0,29 | 0,99 |

Diversidad. La equidad fue muy similar entre los sustratos materia orgánica, roca y sedimento, variando entre 0,22 y 0,29 (Tabla 4), lo que indica que la diversidad observada no supera el 29 % de la esperada. En la macrófita, la equidad fue de apenas 0,01, debido a la alta dominancia de *Helobdella*.

Relación entre variables fisicoquímicas y la biomasa. En el ACC, la varianza total o inercia de la biomasa fue de 1,58. De esta 1,12 (70,9 %) fue explicada por las siete variables fisicoquímicas introducidas en el análisis. De ellas, tres fueron significativas con un $p < 0,05$ y con factor de inflación menor a 20 (conductividad, sulfatos y temperatura hídrica). Estas tres variables explicaron en conjunto el 0,88 de la varianza (55,4 %). El porcentaje de varianza explicado por cada una de estas variables se calculó dividiendo el autovalor (λ_a) de cada una por 1,12, que es la varianza explicada por las siete variables fisicoquímicas (Tabla 5).

En el ACC, el eje 1 explicó el 65,3 % de la varianza, estando la conductividad eléctrica asociada a él negativamente; mientras que los sulfatos y la temperatura hídrica se relacionaron positivamente. Este eje representa por tanto los iones disueltos y las variaciones de la temperatura del agua. El eje 2 explicó 31,5 %, y se correlacionó también con la temperatura.

El eje 1 se relacionó positivamente con las biomasa encontradas en los siguientes sustratos y muestreos (designados con números): roca (1), sedimentos

(3), roca (3), materia orgánica (3), macrófita (3), sedimentos (4), roca (4), macrófita (4), materia orgánica (4) y sedimentos (1). El muestreo 1 correspondió a lluvias altas, el 3 a la temporada transicional a lluvias bajas y el 4 representó las lluvias bajas. Las biomasa de estos sustratos se correlacionaron con la cantidad de sulfatos disueltos que fue mayor en la campaña 3 (10,5 mg.l⁻¹) y menor en la 1 (0,2 mg.l⁻¹).

Para el eje 1, la relación negativa se presentó con materia orgánica (1) y macrófita (1), existiendo una relación directa entre las biomasa obtenidas en estos sustratos con la conductividad eléctrica, que durante la campaña 1 presentó los registros más elevados (entre 5,05 y 10,36 $\mu\text{S.cm}^{-1}$). Por su parte, el eje 2 tuvo una relación positiva con roca (2), sedimentos (2), materia orgánica (2) y macrófita (2), estando por tanto vinculado con temperaturas del agua más elevadas. No se encontraron relaciones inversas en el eje 2 (Figura 5).

Con el eje de los iones (eje 1) se asociaron positivamente el anfípodo *Hyalella*, los quironómidos *Metriocnemus* y *Parametriocnemus*, los hemípteros *Centrocorisa* y *Tenagobia*, el tricládido *Girardia*, y el ácaro Hydrozetidae. Negativamente se correlacionó *Helobdella*. La lombriz Rhinodrilidae, el díptero *Limnophila* y el bivalvo *Sphaerium*, se relacionaron positivamente con la temperatura (eje 2). Linyphiidae, *Bidessonotus*, *Dytiscus*, Ortocladiniidae, *Tanytarsus* y Nematomorpha se relacionaron de forma negativa con dicha variable (Figura 5).

Tabla 5. Valores propios (λ_a), significancia y porcentaje de varianza explicada, establecidos mediante un ACC, para las variables fisicoquímicas determinantes para la biomasa de los macroinvertebrados presentes en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

| Variable fisicoquímica | λ_a * | p ** | % Varianza explicada |
|-------------------------|---------------|--------|----------------------|
| Conductividad eléctrica | 0,6 | 0,005 | 50,4 |
| Sulfatos | 0,2 | 0,03 | 15,3 |
| Temperatura hídrica | 0,2 | 0,02 | 13,5 |

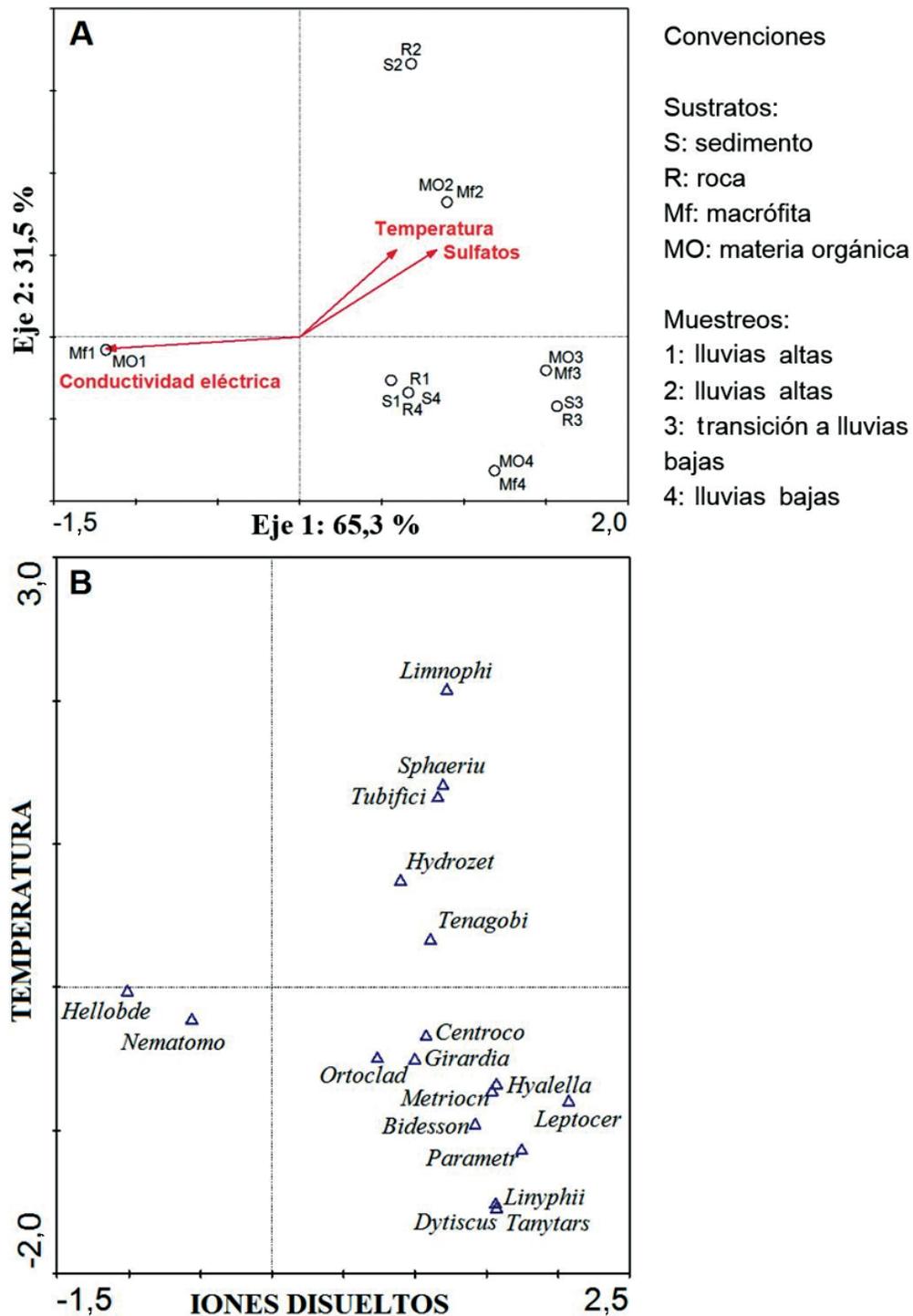


Figura 5. Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica entre las variables fisicoquímicas y la biomasa de los macroinvertebrados colectados en la laguna La Virginia. A) Agrupación de los sustratos-época pluviométrica en función de las variables fisicoquímicas que se relacionan significativamente con la biomasa. B) Agrupación de los taxones en función de las variables fisicoquímicas.

Discusión

Condición fisicoquímica de la laguna. Tal como ocurre en los trópicos en general, las variables fisicoquímicas en La Virginia fluctuaron en función de los cambios hidrológicos (Lewis 2008) y presentaron una fuerte relación con la tipología de los suelos, los cuales son de origen volcánico y cenizas con abundante materia orgánica.

Aunque se presumía que las concentraciones de oxígeno disuelto serían bajas debido a la alta carga de material orgánico, los registros mostraron lo contrario. Las concentraciones variaron entre 6,0 y 7,9 mg.l⁻¹ y se atribuye, entre otros, a la abundancia de ficoperifiton (Gavilán 2015, com. per.) y de macrófitas. Estas tienen un efecto oxigenador en la columna, ya que al poseer órganos asimiladores sumergidos, liberan directamente al agua oxígeno producto de la fotosíntesis, a una tasa mayor que la del consumo de éste en la respiración (Curt 2003). También influye en las altas concentraciones del gas, la baja tasa de degradación de materia orgánica debido a las bajas temperaturas, viéndose reflejado a su vez, en los valores bajos de gas carbónico y de amonio encontrados. Asimismo, es de tenerse en cuenta la difusión del oxígeno en la columna de agua por medio de la agitación producida por el viento (Felez 2009). Por tanto, y considerando la apreciación de Camacho (1998) de que el oxígeno disuelto en ecosistemas de alta montaña oscila entre 5,2 y 6,9 mg.l⁻¹, se considera que La Virginia presenta un estado propicio para el desarrollo de la biota.

Por otro lado, el incremento de materia orgánica produce una proliferación de los microorganismos encargados de su descomposición, lo cual genera, entre otros efectos, una reducción de la concentración de oxígeno disuelto y un aumento de la concentración de nutrientes inorgánicos (Gil 2014); no obstante, este proceso en el páramo es bastante lento debido a las bajas temperaturas, de ahí también, las bajas concentraciones de nitritos encontradas; sin embargo, las bajas concentraciones de este nutriente también obedecen a que las bajas temperaturas junto con la alta concentración de oxígeno permiten que el nitrógeno se encuentre en forma de nitratos. En conclusión, la alta cantidad de materia orgánica y su baja tasa de descomposición, no afectan la estabilidad ni el

contenido de nutrientes en La Virginia, y no son un limitante para la concentración de oxígeno, por lo que tampoco afecta significativamente la composición y la diversidad de los macroinvertebrados, como sí lo hace la temperatura del agua.

Los valores de conductividad eléctrica son similares con los encontrados en otros ecosistemas de páramo en donde los registros también oscilan entre 7,4 y 14,2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$ (Camacho 1998). Estos registros están asociados con la naturaleza de los suelos del páramo que al tener alta concentración de materia orgánica pero baja degradación y una acidez entre 3,9 y 5,4 unidades de pH, transfiere iones disueltos al cuerpo de agua en baja proporción (Granados 2005).

En cuanto a los sulfatos, varían en aguas naturales entre 2,0 y 10,0 mg.l⁻¹, y en afluentes de alta montaña se reportan valores promedio de 4,0 mg.l⁻¹, siendo consideradas “muy pobres” las aguas que tienen valores inferiores a ese intervalo (Camacho 1998). Explicar el comportamiento de los sulfatos es complicado porque son altamente solubles en agua; por ello, las concentraciones encontradas en la Laguna se atribuyen a la disolución de rocas sedimentarias propias del páramo de Sumapaz (Alonso 1988). Además, la concentración de sulfatos varía en función del régimen hídrico, así que durante el periodo de lluvia hay disolución de precipitados y el período seco aumenta la evaporación, por tanto se concentran los sulfatos en el agua (Alonso *op. cit.*). De tal manera, hay dos fuentes para los sulfatos, el suelo y el viento. Las concentraciones aumentan en suelos con antiguos sedimentos marinos así como en zonas cercanas a actividad industrial, en las que el viento y la lluvia acarrean elevadas concentraciones de SO_4^{2-} (Cole 1983). Aunque el máximo valor hallado es Sumapaz fue 10,5 mg.l⁻¹, sería interesante monitorear esta variable para descartar un posible impacto generado de la industria en Bogotá, que es la ciudad más cercana y altamente industrializada. La dependencia entre la biomasa de algunos taxones con la concentración de sulfatos podría ser una consecuencia de la erosión en las orillas de la Laguna durante los episodios de lluvias, con lo cual aumenta el aporte de elementos del suelo al agua.

Además, la conductividad y los sulfatos se relacionan estrechamente, ya que cualquier cambio en la cantidad de las sustancias disueltas, en la movilidad de iones disueltos y cambios en su valencia, involucran un cambio en la conductividad (Virtual UNAL 2015). Siendo los sulfatos iones negativos que pueden ser reducidos a sulfitos (SO_3^{2-}) y volatizados en la atmósfera, también pueden ser precipitados como sales insolubles o metabolizados por los organismos vivos, especialmente por las bacterias anaeróbicas que los convierten en sulfuro de hidrógeno (H_2S). Entonces, la variación en las condiciones moleculares de este ión, hacen que varíe la conductividad en el cuerpo de agua. Igualmente, la temperatura es una variable que condiciona de forma compleja y directa los valores de conductividad, de tal manera que un cambio de 0 a 30 °C puede aumentar en casi el doble, el valor de la conductividad (UPTC 2015).

Los valores de pH son consistentes con la acidez del suelo resultante de la acumulación de ácidos orgánicos. Sin embargo, su condición tendiente a la alcalinización en el último muestreo, estaría asociada a la naturaleza de los suelos de páramo y a la génesis de minerales como alofano, halosita y montmorillonita (Buytaert *et al.* 2006). En estos ecosistemas lagunares de alta montaña, el metabolismo se da más eficientemente con pH alcalinos (Carias 2013) lo que favorece a su vez la supervivencia de las comunidades de MIA (Roldán 2003).

En La Virginia, las bajas temperaturas indican que los organismos encontrados han logrado adaptarse a temperaturas inferiores a 20 °C. La asociación entre la temperatura con las variaciones de biomasa de los taxones corrobora lo que ampliamente ha sido encontrado en otros trabajos, en donde esta variable da lugar a cambios en la diversidad, en el arreglo espacial de los organismos y en los rangos de distribución de las especies (Valdovinos *et al.* 2010). En este estudio la mayor cantidad de abundancia y de biomasa se encontró durante la temporada de lluvias altas, cuando la temperatura estuvo entre 9,8 y 11,1 °C.

MIA y sustratos. Los macroinvertebrados acuáticos presentaron mayor abundancia y biomasa en el sustrato macrófita en comparación con el resto, lo

cual no es nuevo, ya que generalmente ocurre también en lagunas de baja elevación. Se esperaba encontrar que el sustrato materia orgánica ostentara también altos valores de los estimadores de diversidad por su elevada oferta de alimento y por constituir un buen hábitat; sin embargo, no fue así. Igualmente ocurre con las rocas, que si bien no están presentes en la laguna sí lo están en el canal.

Las macrófitas, al tener mayor complejidad espacial debido a los tallos, a las hojas y a las raíces, proveen mayor número de hábitats potenciales para la colonización de los MIA (Spanga 2011). Además, influyen en la producción de alimento en el agua (Paukert y Willis 2003). No empero, las rocas han sido consideradas también como sustratos que representan un hábitat adecuado ya que generalmente mantienen un alto número de individuos (Spanga 2011). De hecho, se encontró que el sustrato roca es el que alberga, en segundo lugar, mayor cantidad de biomasa de la fauna (0,3 %), principalmente de *Hyaella* y *Helobdella*.

Los organismos de *Hyaella* están adaptados a la vida en aguas frías, correntosas, bien oxigenadas, con presencia de materia orgánica y con valores elevados de conductividad (380 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) (Galar, *et al.* 2006). Sin embargo, en La Virginia esta última variable presentó bajos registros, por lo que se puede afirmar que el rango de tolerancia de *Hyaella* ante la conductividad es amplio, oscilando de acuerdo con lo publicado, entre 0,4 y 380 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Según Roldán y Ramírez (2008), este anfípodo se presenta en lugares con contaminación orgánica, pero esto no parece ser del todo cierto, pues aunque en La Virginia hay alto contenido de materia orgánica no hay evidencia de alteraciones antrópicas. A pesar de que *Hyaella* usualmente es encontrado en quebradas y en ríos de orden menor, en este estudio también se lo encontró dentro de la laguna, asociado a materia orgánica y a la macrófita *M. aquaticum*, destacándose su abundancia en esta última. Esto corrobora lo planteado por Acosta (2009), quien afirma que el anfípodo abunda donde hay presencia de plantas acuáticas y/o rocas, porque ellos les proveen biotopo y alimento. También Rivera (2011) afirma que los *Hyaella* viven asociados a la vegetación acuática y se consideran fragmentadores de hojarasca; por tanto, su

presencia en estos ecosistemas es altamente relevante pues al ser fragmentadores-detritívoros contribuyen en el proceso inicial de la descomposición de la materia orgánica.

En cuanto a los hirudíneos *Helobdella*, población dominante en el estudio, habitaron principalmente en la macrófita. Este resultado concuerda con lo planteado por Gullo (2014), quien señala que el taxón tiene su máxima concentración en las plantas acuáticas y son escasos en zonas profundas debido a la falta de vegetación y de nutrientes. Así que no solo se caracterizan por habitar en aguas de poco movimiento y con abundante materia orgánica en descomposición como lo expresa Spanga (2011). En este trabajo se encontró que se adhieren indistintamente a las raíces y a los tallos de la vegetación acuática, utilizando sus ventosas para desplazarse estirándose y contrayéndose, siendo muy hábiles para reptar sobre sustratos. Además, muestran una marcada ftofobia y se mantienen ocultos durante el día entre la vegetación, o adheridos a las rocas y a los restos de plantas y a los troncos; pueden encontrarse igualmente en sustratos provistos de sedimento o arenas. De ahí, que estemos de acuerdo con Badillo *et al.* (1998) en que la alta abundancia y biomasa de *Helobdella* es un bioindicador de alta productividad biológica en ecosistemas leníticos.

Aunque los sedimentos y la materia orgánica albergaron alta cantidad de lombrices Rhinodrilidae, de bivalvos *Sphaerium* y de quironómidos *Parametriocnemus*, se esperaba encontrar valores de biomasa más altos a los registrados, sobre todo por la abundancia y la longitud ($\bar{X} = 20,7$ mm) de las lombrices. Los Rhinodrilidae se asocian principalmente a sedimentos profundos, debido a que su hábito tubícola les permite enterrarse en ellos, lo cual los protege de la depredación y les reduce la competencia (Rivera 2011). También se relacionan con bajas concentraciones de oxígeno (Rivera *op. cit.*). En cuanto a los *Sphaerium*, al ser excavadores, uno de sus hábitats predilectos es el sedimento (Reinoso *et al.* 2008). En concordancia con lo anterior, se recomienda ampliar la búsqueda de estos taxones, para descartar que los recursos que brinda la materia orgánica no estén siendo aprovechados a plenitud por la comunidad de MIA.

El hemíptero *Centrocorisa* se encontró en todos los sustratos aportando mayor biomasa en *M. aquaticum* y en rocas. Los coríxidos prefieren aguas leníticas de extensión pequeña o mediana, de poca profundidad, con superficie libre y con vegetación sumergida escasa o moderadamente abundante (Roldán 1988), siendo condiciones que se cumplen en la Laguna. En algunos casos se presenta un comportamiento fotofóbico y pueden tener preferencias por un hábitat con mucha sombra y con cobertura vegetal en las orillas (Reinoso *et al.* 2008), de ahí que también se los haya encontrado en las rocas sumergidas, en la materia orgánica y en los sedimentos. Las hembras encastran los huevos en tejidos vegetales o los pegan con una secreción sobre sustratos firmes; así su consiguiente asociación en La Virginia a los sustratos macrófita y roca. En cuanto al hemíptero *Tenagobia*, se encontró en rocas -presentando allí su mayor biomasa- y en la macrófita. A pesar de que los valores encontrados no son altos, su presencia concuerda con lo reportado por Polhemus y Nieser (1997), quienes indican que estos macroinvertebrados se encuentran, por lo general, en rocas ubicadas a poca profundidad.

Si bien se esperaba encontrar mayor cantidad de Dugesidae (Girardia), debido a su preferencia por sistemas leníticos, se encontró una baja representación, siendo más abundantes en rocas y macrófitas. Viven en aguas poco profundas, debajo de piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares y en ambientes acuáticos bien oxigenados, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación (Roldán 1988). Dichas características concuerdan con las encontradas en la Laguna. Sirven de alimento a insectos acuáticos depredadores como nemátodos, anélidos y algunos crustáceos, por tanto son fundamentales en las redes tróficas en La Virginia.

Los quironómidos fueron un grupo representativo en el estudio ya que se encontraron cuatro taxones diferentes: 1) *Parametriocnemus* hallado en los cuatro sustratos, con mayor abundancia en la macrófita y en los sedimentos; 2) *Tanytarsus*, localizado en la macrófita; 3) *Metriocnemus*, en rocas y sedimentos; y 4) Ortocladiniidae en rocas. Estos resultados muestran una vez más que no es posible caracterizar a toda la familia Chironomidae como un bioindicador de aguas contaminadas o alteradas

por elevadas concentraciones de materia orgánica en descomposición, pues no todos los taxones están asociados a hábitats donde las concentraciones de oxígeno disuelto son bajas, entre otras variables (Forero *et al.* 2014).

Entre los taxones menos representativos en cuanto a biomasa figura *Limnophila*, el cual se encontró únicamente en el sedimento. Esta condición concuerda y corrobora que el hábitat propicio para su permanencia es el lodo o los sedimentos con hojas u otros fragmentos orgánicos en alto grado de descomposición, así como las zonas arenosas con sedimentos y poco profundas, y algas que crecen en las rocas (Reinoso *et al.* 2008). La presencia de un disco espiracular como sistema respiratorio en estos macroinvertebrados puede facilitar su ubicación en hábitats con bajos niveles de oxígeno disuelto, ya que permanecen en la interfase aire-agua (Courtney *et al.* 1996).

Conclusiones

Espacialmente, se corroboró que la abundancia, la biomasa y la riqueza de la comunidad de macroinvertebrados en La Virginia eran mayores en el sustrato tipo macrófita (*M. aquaticum*). Sin embargo, la diversidad y la equidad son bajas debido a la dominancia de *Helobdella*. Por tanto, no se puede asociar la biomasa y la riqueza encontrada a la complejidad estructural de la planta que ofrece mayor número de microhábitats, sino a la preferencia de *Helobdella* por los tallos y las raíces, y a la cantidad de alimento que la macrófita provee directa e indirectamente en forma de detritos.

Contrario a lo esperado, en los sustratos roca, sedimentos y materia orgánica se encontró mayor diversidad, aunque la abundancia total y la riqueza fueron menores a las encontradas en la macrófita. En general, aunque la diversidad en La Virginia fue menor en relación con lo encontrado en tierras bajas, concuerda con lo reportado en trabajos anteriores en el páramo de Frontino y Berlín, por lo que se concluye en que es media con tendencia a alta.

Los diferentes sustratos favorecen el establecimiento de comunidades de macroinvertebrados adaptadas a

cada uno de ellos, siendo hábitats propicios para la supervivencia de algunos organismos. En La Virginia, las bajas temperaturas indican que los organismos encontrados han logrado adaptarse a temperaturas inferiores a 15 °C, tales como *Helobdella*, *Hyaella* y *Tanytarsus*.

En general, a pesar de la elevada cantidad de materia orgánica presente en la laguna, ésta no altera de manera significativa las concentraciones de oxígeno disuelto, de gas carbónico ni de conductividad eléctrica, por lo que el sistema aún conserva un estado oligotrófico. Sin embargo, se recomienda monitorear las concentraciones de sulfatos, pues se observa una variación temporal significativa que podría estar asociada a la contaminación atmosférica proveniente de Bogotá.

Agradecimientos

En la Universidad Nacional, a los taxónomos del grupo de Entomología del Departamento de Biología y al profesor Rodolfo Ospina. En la Universidad Jorge Tadeo Lozano al personal de los laboratorios de Instrumental por su colaboración. A las directivas de la Maestría en Ciencias Ambientales por el apoyo económico y logístico. A la Secretaría de Educación del Distrito Capital que por medio del Fondo de Formación Avanzada de Docentes financió los estudios de Gómez S. y de Salazar C. durante el período 2013 – 2015. A la EAAB por permitir desarrollar el estudio en el área de interés.

Bibliografía

- Acosta, C. 2009. Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (Perú): distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament d'Ecologia. Barcelona, España. 177 pp.
- Alba, A., G. González y M. Longo. 2016. Macroinvertebrados habitando macrófitas en la laguna La Virginia, Páramo de Sumapaz. *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 2 - Páramos): 3-19.
- Alonso, M. 1988. Las lagunas de la España peninsular. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. Barcelona, España. 178 pp. Disponible en: <http://www>.

- limnetica.com/Limnetica/Limne15/L15u001_Alonso_lagunas_Espana_peninsular.pdf.
- Álvarez, L., M. Arango y G. Roldán. 2004. Diversidad de los macroinvertebrados dulceacuícolas en Colombia. Pp: 261-287. *En: IAvH (Eds.). Informe Nacional sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998-2004.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá.
- Andrade, A., M. Guzmán, O. Tosse, M. Gnecco y Z. Fajardo. 2002. Páramos: programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana. Informe Técnico. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, D.C. Colombia. 73 pp.
- Armitage, P e I. Pardo. 1995. Impact assessment of regulation at the reach level using macroinvertebrate information from mesohabitats. *Regulated Rivers: Research & Management* 10: 147-158.
- Badillo, A., R. Pérez y L. Rafael. 1998. Taxonomía e importancia ecológica de las «sanguijuelas» (Annelida: Hirudinea) en tres embalses del Estado de Tlaxcala. *Sociedad Mexicana de Historia Natural* 48: 57-64.
- Bernal, E., D. García, M. Novoa y A. Pinzón. 2006. Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 11: 45-59.
- Boggiani, M. 2012. Efecto de las macrófitas sumergidas *Myriophyllum quitense* y *Potamogeton illinoensis* en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en un reservorio somero. Laguna del Diario, Maldonado-Uruguay. Trabajo de grado. Universidad de la República de Uruguay. Facultad de Ciencias. Montevideo, 40 pp.
- Buytaert, W., R. Céleri, B. De Bièvre, G. Cisneros, J. Deckers y R. Hofstede. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Science Direct* 79: 53-72
- Camacho, J. 1998. Consideraciones sobre la dinámica y características del recurso agua en las zonas de páramo. Pp: 61-72. *En: Ministerio del Medio Ambiente (Eds.). Caracterización y manejo de las zonas de páramo.* Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (Icfes).
- Carias, T. 2013. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores del sistema de lagunas de estabilización de Zamorano. Tesis de grado. Escuela Agrícola Panamericana. Ingeniería en Ambiente y Desarrollo. Honduras. 32 pp.
- Castellanos, P. y C. Serrato. 2008. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de un río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Academia Colombiana de Ciencias* 32: 79-86.
- Cole, G. 1983. Manual de limnología. Editorial Hemisferio Sur S.A. Montevideo, Uruguay. 405 pp.
- Courtney, G., H. Teskey, R. Merrit y B. Foote. 1996. Larvae of aquatic Diptera. An Introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/ Hunt Publishing Company, Iowa. 514 pp.
- Curt, M. 2003. Fitodepuración en humedales. Conceptos generales. Proyecto LIFE. Madrid. 144 pp.
- Daza, M., F. Florez y A. Triana. 2014. Efecto del uso del suelo en la capacidad de almacenamiento hídrico en el páramo de Sumapaz-Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 67(1): 7189-7200.
- Domínguez, E. y H. Fernández. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, 655 pp.
- Forero, L., M. Longo, J. J. Ramírez y G. Charlar. 2014. Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICERN-MAE), Colombia. *Revista de Biología Tropical* 62 (2): 233-247.
- Gaviria, E. 1993. Claves para las especies colombianas de las familias Naididae y Tubificidae (Oligochaeta, Annelida). *Caldasia* 17: 237-248.
- Gil, J. 2014. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa. Manizales. Trabajo de grado. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Manizales. 80 pp.
- Granados, J., M. Ortiz, M. J. Navarrete y T. Suárez. 2005. Páramos: sensitive hydrosystems. *Revista de Ingeniería* 22: 64-75.
- Guisande, C., A. Vaamonde y A. Barreiro. 2011. Tratamiento de datos con R, Statística y SPSS. Díaz de Santos (Eds.). España. 978 pp.
- Gullo, B. 2014. Biodiversidad de Hirudinea en ambientes dulceacuícolas serranos (Provincia de Buenos Aires), Argentina. *Revista del Museo de La Plata* 23: 1-11.
- Guhl, E. 1964. Aspectos geográficos y humanos de la región de Sumapaz en la Cordillera Oriental de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 12: 46.
- Gutiérrez, J. y D. De Souza, D. (s.f.) Insectos inmaduros. Metamorfosis e identificación. Diptera. Monografías Tercer Milenio. SEA. 148 pp
- Harrison, E., R. Norris y S. Wilkinson. 2007. The impact of fine sediment accumulation on benthic macroinvertebrates: implications for river management. Proceedings of the 5th Australian Stream Management Conference. Australian rivers: making a difference. Charles Sturt University. Thurgoona, New South Wales, 139-144.

- Hill, M. y H. Gauch. 1980. Detrended correspondence analysis, an improvised ordination technique. *Vegetation* 42: 47-58.
- Lepš, J. y P. Šmilauer. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press. Cambridge, UK, 283 pp.
- Lewis, W. 2008. Physical and chemical features of tropical flowing waters. Pp: 1-22. *En: Dudgeon, D. (Ed.). Tropical Stream Ecology.* Elsevier Inc. Academic Press.
- Monzón, A., C. Casado, C. Montes y de D. Jalón. 1991. Organización funcional de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de un sistema fluvial de montaña (Sistema central, río Manzanares, España). *Limnetica* 7: 97-112.
- Morales, J. y J. Estévez. 2006. El páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción? *Revista Luna Azul* 22: 39-51.
- Negishi, J. y J. Richardson. 2003. Responses of organic matter and macroinvertebrates to placements of boulder clusters in a small stream of southwestern British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 247-258.
- Oscos, J., M. Pardos y C. Durán. 2008. Aportaciones al conocimiento de algunos macroinvertebrados acuáticos de La Rioja. *Zubia* 25-26: 17-41.
- Oscos, J., D. Galicia y R. Miranda. 2011. Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Zaragoza. 68 pp
- Ospina, M. 2003. El páramo de Sumapaz un ecosistema estratégico para Bogotá. Ponencia de posesión como miembro correspondiente de la Sociedad Geográfica de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 17 pp.
- Paukert, C. y D. Willis. 2003. Aquatic invertebrate assemblages in shallow prairie lakes: fish and environmental influences. *Journal of Freshwater Ecology* 18: 523-536.
- Polhemus, J. y N. Nieser. 1997. New species of Tenagobia (Heteroptera: Corixidae) from Venezuela. *Entomological News* 108: 379-381.
- Posada, J., G. Abril y L. Parra. 2008. Diversidad de los macroinvertebrados acuáticos del Páramo de Frontino (Antioquia, Colombia). *Caldasia* 30: 441-455.
- Prat, N., R. Acosta, C. Villamarín y M. Rieradevall. 2012. Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (Díptera) de los ríos altoandinos de Ecuador y Perú. Clave para la identificación de los principales morfotipos larvarios. Grupo de Investigación FEM. Universidad de Barcelona. Barcelona, España. 41 pp.
- Ramírez, J., M. Villanueva, y J. García. 2014. Macroinvertebrados acuáticos en la laguna Los Tunjos (Páramo de Sumapaz). *Investigación Universitaria* 1: 109-112
- Reinoso, G., C. Gutierrez, E. López, X. Carranza y J. Vásquez. 2008. Biodiversidad faunística y florística de la cuenca mayor del río Saldaña (subcuenca Anamichú) - Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. 149 pp.
- Rico, A., A. Rodríguez, E. López y J. Sedeño. 2014. Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la laguna de Tecocomulco, Hidalgo (México). *Revista de Biología Tropical* 62: 81-96.
- Rivera, J. 2011. Relación entre la composición y biomasa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas en el humedal Jaboque Bogotá. Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá D. C., Colombia. 174 pp.
- Rivera, J., D. Camacho y A. Botero. 2008. Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío (Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 13: 133-146.
- Rivera, J., R. Mejía. 2004. Estudio de indicadores ambientales de calidad de agua en la quebrada La Jaramilla, La Tebaida (Quindío). Trabajo de grado. Universidad del Quindío. Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Facultad de Educación. 127 pp.
- Rivera, J., G. Pinilla, D. Camacho, M. Castro y J. O. Rangel-Ch. 2014. Relaciones entre el peso y la longitud total de los géneros de invertebrados acuáticos *Hellobdella* (Hirudinea: Glossiphoniidae) y *Asellus* (Crustacea: Asellidae) de un humedal andino de Colombia. *Actualidades Biológicas* 36 (100): 39-45.
- Rodríguez, L. 2012. Determinación del estado trófico de tres ecosistemas lénticos de la Sabana de Bogotá con base al fitoplancton, en dos periodos climáticos contrastantes. Trabajo de grado. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Básicas. Bogotá D.C., Colombia. 116 pp.
- Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 440 pp.
- Roldán, G. 2012. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. CAR. Bogotá, D.C., Colombia. 148 pp.
- Roldán, G. y J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Colección Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 442 pp.
- Spanga, J. 2011. Variabilidad espacial y estructura de las comunidades de Trichoptera (Insecta) en arroyos del Parque Provincial Salto Encantado del Valle del Cuña-Pirú (Misiones, Argentina). Trabajo de grado. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias

- Exactas y Naturales. Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental. Buenos Aires. 67 pp.
- Valdovinos, C., A. Kiessling, M. Mardones, C. Moya, A. Oyanedel, J. Salvo, J y O. Parra. 2010. Distribución de macroinvertebrados (Plecóptera y Aeglidae) en ecosistemas fluviales de la Patagonia chilena: ¿Muestran señales biológicas de la evolución geomorfológica postglacial? *Revista chilena de Historia Natural* 83: 267-287.
- Velázquez, S. y L. Miserendino. 2003. Análisis de la materia alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos de montaña de Patagonia. *Ecología Austral* 13: 67-82.
- Zúñiga, M., J. Chará, L. Giraldo y A. Chará. 2013. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la región andina colombiana, con énfasis en la entomofauna. *Dugesiana* 20: 263-277.

Sandra Gómez
Grupo Limnología
Universidad Jorge Tadeo Lozano
sandraj.gomez@utadeo.edu.co

Claudia Salazar
Grupo Limnología
Universidad Jorge Tadeo Lozano
claudiam.salazars@utadeo.edu.co

Magnolia Longo
Grupo Limnología
Universidad Jorge Tadeo Lozano
magnoliac.longos@utadeo.edu.co

Diversidad y biomasa de macroinvertebrados asociados a cuatro tipos de sustratos en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia

Citación del artículo. Gómez, S., C. Salazar y M. Longo. 2016. Diversidad y biomasa de macroinvertebrados asociados a cuatro tipos de sustratos en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 2 - Páramos): 20-38. DOI: 10.21068/C2016v17s02a02

Recibido: 25 de mayo de 2015
Aprobado: 1 de marzo de 2016

Guía para autores

(humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota)

Preparación del manuscrito

El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Los trabajos pueden estar escritos en español, inglés o portugués, y se recomienda que no excedan las 40 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas) incluyendo tablas, figuras y anexos. En casos especiales el editor podrá considerar la publicación de trabajos más extensos, monografías o actas de congresos, talleres o simposios. De particular interés para la revista son las descripciones de especies nuevas para la ciencia, nuevos registros geográficos y listados de la biodiversidad regional.

Para la elaboración de los textos del manuscrito se puede usar cualquier procesador de palabras (preferiblemente Word); los listados (a manera de tabla) deben ser elaborados en una hoja de cálculo (preferiblemente Excel). Para someter un manuscrito es necesario además anexar una carta de intención en la que se indique claramente:

1. Nombre completo del (los) autor (es), y direcciones para envío de correspondencia (es indispensable suministrar una dirección de correo electrónico para comunicación directa).
2. Título completo del manuscrito.
3. Nombres, tamaños y tipos de archivos suministrados.
4. Lista mínimo de tres revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

Evaluación del manuscrito

Los manuscritos sometidos serán revisados por pares científicos calificados, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) *aceptado* (en cuyo caso se asume que no existe ningún cambio, omisión o adición al artículo, y que se recomienda su publicación en la forma actualmente presentada); b) *aceptación condicional* (se acepta y recomienda el artículo para su publicación solo si se realizan los cambios indicados por el evaluador); y c) *rechazo* (cuando el evaluador considera que los contenidos o forma de presentación del artículo no se ajustan a los requerimientos y estándares de calidad de *Biota Colombiana*).

Texto

- Para la presentación del manuscrito configure las páginas de la siguiente manera: hoja tamaño carta, márgenes de 2,5 cm en todos los lados, interlineado 1,5 y alineación hacia la izquierda (incluyendo título y bibliografía).
- Todas las páginas de texto (a excepción de la primera correspondiente al título), deben numerarse en la parte inferior derecha de la hoja.

- Use letra Times New Roman o Arial, tamaño 12 puntos en todos los textos. Máximo 40 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos. Para tablas cambie el tamaño de la fuente a 10 puntos. Evite el uso de negritas o subrayados.
- Los manuscritos debe llevar el siguiente orden: título, resumen y palabras clave, abstract y key words, introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones (optativo), agradecimientos (optativo) y bibliografía. Seguidamente, presente una página con la lista de tablas, figuras y anexos. Finalmente, incluya las tablas, figuras y anexos en archivos separadas, debidamente identificadas.
- Escriba los nombres científicos de géneros, especies y subespecies en *cursiva* (itálica). Proceda de la misma forma con los términos en latín (p. e. *sensu, et al.*). No subraye ninguna otra palabra o título. No utilice notas al pie de página.
- En cuanto a las abreviaturas y sistema métrico decimal, utilice las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI) recordando que siempre se debe dejar un espacio libre entre el valor numérico y la unidad de medida (p. e. 16 km, 23 °C). Para medidas relativas como m/seg., use m.seg⁻¹.
- Escriba los números del uno al diez siempre con letras, excepto cuando preceden a una unidad de medida (p. e. 9 cm) o si se utilizan como marcadores (p. e. parcela 2, muestra 7).
- No utilice punto para separar los millares, millones, etc. Utilice la coma para separar en la cifra la parte entera de la decimal (p. e. 3,1416). Enumere las horas del día de 0:00 a 24:00.
- Expresé los años con todas las cifras sin demarcadores de miles (p. e. 1996-1998). En español los nombres de los meses y días (enero, julio, sábado, lunes) siempre se escriben con la primera letra minúscula, no así en inglés.
- Los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O (en inglés W), etc. La indicación correcta de coordenadas geográficas es como sigue: 02°37'53''N-56°28'53''O. La altitud geográfica se citará como se expresa a continuación: 1180 m s.n.m. (en inglés 1180 m a.s.l.).
- Las abreviaturas se explican únicamente la primera vez que son usadas.
- Al citar las referencias en el texto mencione los apellidos de los autores en caso de que sean uno o dos, y el apellido del primero seguido por *et al.* cuando sean tres o más. Si menciona varias referencias, éstas deben ser ordenadas cronológicamente y separadas por comas (p. e. Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- RESUMEN: incluya un resumen de máximo 200 palabras, tanto en español o portugués como inglés.
- PALABRAS CLAVE: máximo seis palabras clave, preferiblemente complementarias al título del artículo, en español e inglés.

Agradecimientos

Opcional. Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la bibliografía. Evite títulos como Dr., Lic., TSU, etc.

Fotografías, figuras, tablas y anexos

Refiera las figuras (gráficas, diagramas, ilustraciones y fotografías) sin abreviación (p. e. Figura 3) al igual que las tablas (p. e. Tabla 1). Gráficos (p. e. CPUE anuales) y figuras (histogramas de tallas), preferiblemente en blanco y negro, con tipo y tamaño de letra uniforme. Deben ser nítidas y de buena calidad, evitando complejidades innecesarias (por ejemplo, tridimensionalidad en gráficos de barras); cuando sea posible use solo colores sólidos en lugar de tramas. Las letras, números o símbolos de las figuras deben ser de un tamaño adecuado de manera que sean claramente legibles una vez reducidas. Para el caso de las fotografías y figuras digitales es necesario que estas sean guardadas como formato tiff con una resolución de 300 dpi. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertarla.

Lo mismo aplica para las tablas y anexos, los cuales deben ser simples en su estructura (marcos) y estar unificados. Presente las tablas en archivo aparte (Excel), identificadas con su respectivo número. Haga las llamadas a pie de página de tabla con letras ubicadas como superíndice. Evite tablas grandes sobrecargadas de información y líneas divisorias o presentadas en forma compleja. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertar tablas y anexos.

Bibliografía

Contiene únicamente la lista de las referencias citadas en el texto. Ordénelas alfabéticamente por autores y cronológicamente para un mismo autor. Si hay varias referencias de un mismo autor(es) en el mismo año, añada las letras a, b, c, etc. No abrevie los nombres de las revistas. Presente las referencias en el formato anexo, incluyendo el uso de espacios, comas, puntos, mayúsculas, etc.

ARTÍCULO EN REVISTAS

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

LIBROS, TESIS E INFORMES TÉCNICOS

Libros: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 118 pp.

Tesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 160 pp.

Informes técnicos: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

Capítulo en libro o en informe: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Resumen en congreso, simposio, talleres: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

PÁGINAS WEB

No serán incluidas en la bibliografía, sino que se señalarán claramente en el texto al momento de mencionarlas.

Guidelines for authors

(humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota)

Manuscript preparation

Submitting a manuscript implies the explicit statement by the author(s) that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese and it is recommended not exceeding 40 pages (with paragraphs spaced at 1,5) including tables, figures and Annex. For special cases, the editor could consider publishing more extensive papers, monographs or symposium conclusions. New species descriptions for science, new geographic records and regional biodiversity lists are of particular interest for this journal.

Any word-processor program may be used for the text (Word is recommended). taxonomic list or any other type of table, should be prepared in spreadsheet application (Excel is recommended). To submit a manuscript must be accompanied by a cover letter which clearly indicate s:

1. Full names, mailing addresses and e-mail addresses of all authors. (Please note that email addresses are essential to direct communication).
2. The complete title of the article.
3. Names, sizes, and types of files provide.
4. A list of the names and addresses of at least three (3) reviewers who are qualified to evaluate the manuscript.

Evaluation

Submitted manuscript will have a peer review evaluation. Resulting in any of the following: a) *accepted* (in this case we assume that no change, omission or addition to the article is required and it will be published as presented.); b) *conditional acceptance* (the article is accepted and recommended to be published but it needs to be corrected as indicated by the reviewer); and c) *rejected* (when the reviewer considers that the contents and/or form of the paper are not in accordance with requirements of publication standards of *Biota Colombiana*).

Text

- The manuscript specifications should be the following: standard letter size paper, with 2.5 cm margins on all sides, 1.5-spaced and left-aligned (including title and bibliography).
- All text pages (with the exception of the title page) should be numbered. Pages should be numbered in the lower right corner.
- Use Times New Roman or Arial font, size 12, for all texts. Use size 10 text in tables. Avoid the use of bold or underlining. 40 pages maximum, including tables, figures and annex. For tables use size 10 Times New Roman or Arial Font (the one used earlier).
- The manuscripts must be completed with the following order: title, abstract and key words, then in Spanish Titulo, Resumen y Palabras claves. Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, conclusions (optional), acknowledgements (optional) and bibliography. Following include a page with the Table, Figure and Annex list. Finally tables, figures and annex should be presented and clearly identified in separate tables.
- Scientific names of genera, species and subspecies should be written in italic. The same goes for Latin technical terms (i.e sensu, *et al.*). Avoid the use of underlining any word or title. Do not use footnotes.
- As for abbreviations and the metric system, use the standards of the International System of Units (SI) remembering that there should always be a space between the numeric value and the measure unit (e.g., 16 km, 23 °C). For relative measures such as m/sec, use m.sec⁻¹.
- Write out numbers between one to ten in letters except when it precedes a measure unit (e.g., 9 cm) or if it is used as a marker (e.g., lot 9, sample 7).
- Do not use a point to separate thousands, millions, etc. Use a comma to separate the whole part of the decimal (e.g., 3,1416). Numerate the hours of the from 0:00 to 24:00. Express years with all numbers and without marking thousands (e.g., 1996-1998). In Spanish, the names of the months and days (enero, julio, sábado, lunes) are always written with the first letter as a lower case, but it is not this way in English.
- The cardinal points (north, south, east, and west) should always be written in lower case, with the exception of abbreviations N, S, E, O (in English NW), etc. The correct indication of geographic coordinates is as follows: 02°37'53"N-56°28'53"W. The geographic altitude should be cited as follows: 1180 m a.s.l.
- Abbreviations are explained only the first time they are used.

- When quoting references in the text mentioned author's last names when they are one or two, and et al. after the last name of the first author when there are three or more. If you mention many references, they should be in chronological order and separated by commas (e.g., Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- ABSTRACT: include an abstract of 200 words maximum, in Spanish, Portuguese or English.
- KEY WORDS: six key words maximum, complementary to the title.

Pictures, Figures, Tables and Annex

- Figures (graphics, diagrams, illustrations and photographs) without abbreviation (e.g. Figure 3) the same as tables (e.g., Table 1). Graphics and figures should be in black and white, with uniform font type and size. They should be sharp and of good quality, avoiding unnecessary complexities (e.g., three dimensions graphics). When possible use solid color instead of other schemes. The words, numbers or symbols of figures should be of an adequate size so they are readable once reduced. Digital figures must be sent at 300 dpi and in .tiff format. Please indicate in which part of the text you would like to include it.
- The same applies to tables and annexes, which should be simple in structure (frames) and be unified. Present tables in a separate file (Excel), identified with their respective number. Make calls to table footnotes with superscript letters above. Avoid large tables of information overload and fault lines or presented in a complex way. It is appropriate to indicate where in the text to insert tables and annexes.

Bibliography

References in bibliography contains only the list of references cited in the text. Sort them alphabetically by authors and chronologically by the same author. If there are several references by the same author(s) in the same year, add letters a, b, c, etc. Do not abbreviate journal names. Present references in the attached format, including the use of spaces, commas, periods, capital letters, etc.

JOURNAL ARTICLE

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

BOOK, THESIS, TECHNICAL REVIEWS

Book: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 118 pp.

Thesis: Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 160 pp.

Technical reviews: Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe

Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. 80 pp.

Book chapter or in review: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Symposium abstract: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

WEB PAGES

Not be included in the literature, but clearly identified in the text at the time of mention.

Guía para autores - Artículos de Datos

www.humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biota-biotacol@humboldt.org.co

www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co

El objetivo de esta guía es establecer y explicar los pasos necesarios para la elaboración de un manuscrito con el potencial de convertirse en artículo de datos para ser publicado en la revista *Biota Colombiana*. En esta guía se incluyen aspectos relacionados con la preparación de datos y el manuscrito.

¿Qué es un artículo de datos?

Un artículo de datos o *Data Paper* es un tipo de publicación académica que ha surgido como mecanismo para incentivar la publicación de datos sobre biodiversidad, a la vez que es un medio para generar reconocimiento académico y profesional adecuado a todas las personas que intervienen de una manera u otra en la gestión de información sobre biodiversidad.

Los artículos de datos contienen las secciones básicas de un artículo científico tradicional. Sin embargo, estas se estructuran de acuerdo a un estándar internacional para metadatos (información que le da contexto a los datos) conocido como el *GBIF Metadata Profile* (GMP)¹. La estructuración del manuscrito con base en este estándar se da, en primer lugar, para facilitar que la comunidad de autores que publican conjuntos de datos a nivel global, con presencia en redes como la *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) y otras redes relacionadas, puedan publicar fácilmente artículos de datos obteniendo el reconocimiento adecuado a su labor. En segundo lugar, para estimular que los autores de este tipo de conjuntos de datos que aún no han publicado en estas redes de información global, tengan los estímulos necesarios para hacerlo.

Un artículo de datos debe describir de la mejor manera posible el quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo de la toma y almacenamiento de los datos, sin llegar a convertirse en el medio para realizar un análisis exhaustivo de los mismos, como sucede

en otro tipo de publicaciones académicas. Para profundizar en este modelo de publicación se recomienda consultar a Chavan y Penev (2011)².

¿Qué manuscritos pueden llegar a ser artículos de datos?

Manuscritos que describan conjuntos de datos primarios y originales que contengan registros biológicos (captura de datos de la presencia de un(os) organismo(s) en un lugar y tiempo determinados); información asociada a ejemplares de colecciones biológicas; listados temáticos o geográficos de especies; datos genómicos y todos aquellos datos que sean susceptibles de ser estructurados con el estándar *Darwin Core*³ (DwC). Este estándar es utilizado dentro de la comunidad de autores que publican conjuntos de datos sobre biodiversidad para estructurar los datos y de esta manera poder consolidarlos e integrarlos desde diferentes fuentes a nivel global. No se recomienda someter manuscritos que describan conjuntos de datos secundarios, como por ejemplo compilaciones de registros biológicos desde fuentes secundarias (p.e. literatura o compilaciones de registros ya publicados en redes como GBIF o IABIN).

Preparación de los datos

Como se mencionó anteriormente los datos sometidos dentro de este proceso deben ser estructurados en el estándar DwC. Para facilitar su estructuración, el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia), ha creado dos plantillas en Excel, una para registros biológicos y otra para listas de especies. Lea y siga detenidamente las instrucciones de las plantillas para la estructuración de los datos a publicar. Para cualquier duda sobre el proceso de estructuración de estos datos por favor contactar al equipo coordinador del SiB Colombia (EC-SiB) en sib+iac@humboldt.org.co.

¹ Wiecezorek, J. 2011. Perfil de Metadatos de GBIF: una guía de referencia rápida. *En:* Wiecezorek, J. *The GBIF Integrated Publishing Toolkit User Manual, version 2.0.* Traducido y adaptado del inglés por D. Escobar. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 23p. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>.

² Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 12 (Suppl 15): S2.

³ TDWG. 2011. *Darwin Core: una guía de referencia rápida.* (Versión original producida por TDWG, traducida al idioma español por Escobar, D.; versión 2.0). Bogotá: SiB Colombia, 33 pp. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>

Preparación del manuscrito

Para facilitar la creación y estructuración del manuscrito en el estándar GMP, se cuenta con la ayuda de un editor electrónico (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) que guiará al autor en dicho proceso y que finalmente generará una primera versión del manuscrito. Se recomienda el uso del manual GMP, como una guía de la información a incluir en cada sección del manuscrito, junto con el anexo 1.

Pasos a seguir para la elaboración del manuscrito:

1. Solicite al correo sib+iac@humboldt.org.co el acceso al editor electrónico. El EC-SiB le asignará un usuario y contraseña.
2. Ingrese con su usuario y contraseña al editor electrónico, luego diríjase a la pestaña *Gestión de recursos* y cree un nuevo recurso asignando un nombre corto a su manuscrito usando el formato “AcrónimoDeLaInstitución_año_tipoDeConjuntoDeDatos”, p.e. ABC_2010_avestinije y dar clic en el botón crear.
3. En la vista general del editor seleccione “editar” en la pestaña *Metadatos* (por favor, no manipule ningún otro elemento), allí encontrará diferentes secciones (panel derecho) que lo guiarán en la creación de su manuscrito. Guarde los cambios al finalizar cada sección, de lo contrario perderá la información. Recuerde usar el manual GMP. A continuación se presentan algunas recomendaciones para la construcción del manuscrito. Las secciones se indican en MAYUSCULAS y los elementos de dichas secciones en **negrilla**.
 - En PARTES ASOCIADAS incluya únicamente aquellas personas que no haya incluido en INFORMACIÓN BÁSICA.
 - Los DATOS DEL PROYECTO y DATOS DE LA COLECCIÓN son opcionales según el tipo de datos. En caso de usar dichas secciones amplíe o complemente información ya suministrada, p. ej. no repita información de la **descripción** (COBERTURA GEOGRÁFICA) en la **descripción del área de estudio** (DATOS DEL PROYECTO).
 - De igual manera, en los MÉTODOS DE MUESTREO, debe ampliar o complementar información, no repetirla. La información del **área de estudio** debe dar un contexto específico a la metodología de muestreo.
 - Es indispensable documentar el **control de calidad** en MÉTODOS DE MUESTREO. Acá se debe describir que herramientas o protocolos se utilizaron para garantizar

la calidad y coherencia de los datos estructurados con el estándar DwC.

- Para crear la **referencia del recurso**, en la sección REFERENCIAS, utilice uno de los dos formatos propuestos (Anexo 2). No llene el **identificador de la referencia**, este será suministrado posteriormente por el EC-SiB.
 - Para incluir la bibliografía del manuscrito en **referencias**, ingrese cada una de las citas de manera individual, añadiendo una nueva referencia cada vez haciendo clic en la esquina inferior izquierda.
4. Rectifique que el formato de la información suministrada cumpla con los lineamientos de la revista (p. ej. abreviaturas, unidades, formato de números etc.) en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.
 5. Una vez incluida y verificada toda la información en el editor electrónico notifique al EC-SiB al correo electrónico sib+iac@humboldt.org.co, indicando que ha finalizado la edición del manuscrito. Adicionalmente adjunte la plantilla de Excel con los datos estructurados (elimine todas las columnas que no utilizó). El EC-SiB realizará correcciones y recomendaciones finales acerca de la estructuración de los datos y dará las instrucciones finales para que usted proceda a someter el artículo.

Someter el manuscrito

Una vez haya terminado la edición de su manuscrito y recibido las instrucciones por parte del EC-SiB, envíe una carta al correo electrónico biotacol@humboldt.org.co para someter su artículo, siguiendo las instrucciones en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.

Recuerde adjuntar:

- Plantilla de Excel con la última versión de los datos revisada por el EC-SiB.
- Documento de Word con las figuras y tablas seguidas de una lista las mismas.

Cuando finalice el proceso, sus datos se harán públicos y de libre acceso en los portales de datos del SiB Colombia y GBIF. Esto permitirá que sus datos estén disponibles para una audiencia nacional e internacional, manteniendo siempre el crédito para los autores e instituciones asociadas.

Anexo 1. Estructura base de un artículo de datos y su correspondencia con el editor electrónico basado en el GMP.

| SECCIÓN/SUBSECCIÓN | CORRESPONDENCIA CON LOS ELEMENTOS DEL EDITOR ELECTRÓNICO |
|-----------------------------------|--|
| TÍTULO | Derivado del elemento título . |
| AUTORES | Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas . |
| AFILIACIONES | Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas . De estos elementos, la combinación de organización, dirección, código postal, ciudad, país y correo electrónico , constituyen la afiliación. |
| AUTOR DE CONTACTO | Derivado de los elementos creador del recurso y proveedor de los metadatos. |
| CITACIÓN | Para uso de los editores. |
| CITACIÓN DELE RECURSO | Derivada del elemento referencia del recurso . |
| RESUMEN | Derivado del elemento resumen . Máximo 200 palabras. |
| PALABRAS CLAVE | Derivadas del elemento palabras clave . Máximo seis palabras. |
| ABSTRACT | Derivado del elemento abstract . Máximo 200 palabras. |
| KEY WORDS | Derivadas del elemento key words . Máximo seis palabras. |
| INTRODUCCIÓN | Derivado del elemento propósito (de las secciones Introducción y Antecedentes). Se sugiere un breve texto para introducir las siguientes secciones. Por ejemplo, historia o contexto de la colección biológica o proyecto en relación con los datos descritos, siempre y cuando no se repita información en las subsecuentes secciones. |
| Datos del proyecto | Derivada de los elementos de la sección Datos del proyecto: título, nombre, apellido, rol, fuentes de financiación, descripción del área de estudio y descripción del proyecto . |
| Cobertura taxonómica | Derivada de los elementos de la sección Cobertura taxonómica: descripción, nombre científico, nombre común y categoría . |
| Cobertura geográfica | Derivada de los elementos de la sección Cobertura geográfica: descripción, latitud mínima, latitud máxima, longitud mínima, longitud máxima . |
| Cobertura temporal | Derivada de los elementos de la sección Cobertura temporal: tipo de cobertura temporal . |
| Datos de la colección | Derivada de los elementos de la sección Datos de la colección: nombre de la colección, identificador de la colección, identificador de la colección parental, método de preservación de los especímenes y unidades curatoriales . |
| MATERIAL Y MÉTODOS | Derivado de los elementos de la sección Métodos de muestreo: área de estudio, descripción del muestreo, control de calidad, descripción de la metodología paso a paso . |
| RESULTADOS | |
| Descripción del conjunto de datos | Derivado de los elementos de las secciones Discusión y Agradecimientos, contiene información del formato de los datos y metadatos: nivel de jerarquía, fecha de publicación y derechos de propiedad intelectual . |
| DISCUSIÓN | Se deriva del elemento discusión . Un texto breve (máximo 500 palabras), que puede hacer referencia a la importancia, relevancia, utilidad o uso que se le ha dado o dará a los datos en publicaciones existentes o en posteriores proyectos. |
| AGRADECIMIENTOS | Se deriva del elemento agradecimientos . |
| BIBLIOGRAFÍA | Derivado del elemento bibliografía . |

Anexo 2. Formatos para llenar el elemento referencia del recurso.

La referencia del recurso es aquella que acompañará los datos descritos por el artículo, públicos a través de las redes SiB Colombia y GBIF. Tenga en cuenta que esta referencia puede diferir de la del artículo. Para mayor información sobre este elemento contacte al EC-SiB. Aquí se sugieren dos formatos, sin embargo puede consultar otros formatos establecidos por GBIF⁴.

| TIPO DE RECURSO | PLANTILLA | EJEMPLO |
|--|---|--|
| El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de un proyecto de carácter institucional o colectivo con múltiples participantes. | <Institución publicadora/ Grupo de investigación> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>. <Número total de registros>, <aportados por:> <parte asociada 1 (rol), parte asociada 2 (rol) (...)>. <En línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA>. | Centro Nacional de Biodiversidad (2013). Vertebrados de la cuenca de la Orinoquia. 1500 registros, aportados por Pérez, S. (Investigador principal, proveedor de contenidos, proveedor de metadatos), M. Sánchez (Procesador), D. Valencia (Custodio, proveedor de metadatos), R. Rodríguez (Procesador), S. Sarmiento (Publicador), V. B. Martínez (Publicador, editor). En línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , publicado el 01/09/2013. |
| El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de una iniciativa personal o de un grupo de investigación definido. | <Parte asociada 1, parte asociada 2 (...)> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>, <Número total de registros>, <en línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA> | Valencia, D., R. Rodríguez y V. B. Martínez (2013). Vertebrados de la cuenca del Orinoco. 1500 registros, en línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin . Publicado el 01/09/2001. |

Guidelines for authors - Data Papers

www.humboldt.org.co/es/biblioteca/publicaciones/biota-biotacol@humboldt.org.co | [www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co](http://www.sibcolombia.net-sib+iac@humboldt.org.co)

The purpose of this guide is to establish and explain the necessary steps to prepare a manuscript with the potential to become a publishable data paper in Biota Colombiana. This guide includes aspects related to the preparation of both data and the manuscript.

What is a Data Paper?

A data paper is a scholarly publication that has emerged as a mechanism to encourage the publication of biodiversity data as well as an approach to generate appropriate academic and professional recognition to all those involved in the management of biodiversity information.

A data paper contains the basic sections of a traditional scientific paper. However, these are structured according to an international standard for metadata (information that gives context to the data)

known as the *GBIF Metadata Profile* (GMP)⁵. The structuring of the manuscript based on this standard enables the community of authors publishing datasets globally, with presence in networks such as the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) and other related networks, to publish data easily while getting proper recognition for their work and to encourage the authors of this type of data sets that have not yet published in these global information networks to have the necessary incentives to do so.

A data paper should describe in the best possible way the Whom, What, Where, When, Why and How of documenting and recording of data, without becoming the instrument to make a detailed analysis of the data, as happens in other academic publications. To deepen this publishing model, it is recommended to consult Chavan & Penev (2011)⁶.

⁴ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan), Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

⁵ GBIF (2011). GBIF Metadata Profile, Reference Guide, Feb 2011, (contributed by O Tuama, E., Braak, K., Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 19 pp. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_metadata_profile_how-to_en_v1.

⁶ Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. BMC Bioinformatics 12 (Suppl 15): S2.

Which manuscripts are suitable for publication as data paper?

Manuscripts that describe datasets containing original primary biological records (data of occurrences in a particular place and time); information associated with specimens of biological collections, thematic or regional inventories of species, genomic data and all data likely to be structured with the standard *Darwin Core* (DwC). This standard is used in the community of authors publishing biodiversity datasets to structure the data and thus to consolidate and integrate from different sources globally. It is not recommended to submit manuscripts describing secondary datasets, such as biological records compilations from secondary sources (e.g. literature or compilations of records already published in networks such as GBIF or IABIN).

Dataset preparation

As mentioned above data submitted in this process should be structured based on DwC standard. For ease of structuring, the Biodiversity Information System of Colombia (SiB Colombia), created two templates in Excel; one for occurrences and other for species checklist. Carefully read and follow the template instructions for structuring and publishing data. For any questions about the structure process of data please contact the Coordinator Team of SiB Colombia (EC-SiB) at sib+iac@humboldt.org.co

Manuscript preparation

To assist the creation and structuring of the manuscript in the GMP standard, an electronic writing tool is available (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) to guide the author in the process and ultimately generate a first version of the manuscript. The use of GMP manual as an information guide to include in each section of the manuscript, as well as the annex 1 is recommended.

Steps required for the manuscript preparation:

- 1 Request access to the electronic writing tool at sib+iac@humboldt.org.co. The EC-SiB will assign a username and password.
2. Login to the electronic writing tool, then go to the tab Manage Resources and create a new resource by assigning a short name for your manuscript and clicking on the Create button. Use the format: "InstitutionAcronym_Year_DatasetFeature", e.g. NMNH_2010_rainforestbirds.
3. In the overview of the writing tool click on edit in Metadata section (please, do not use any other section), once there you will find different sections (right panel) that will guide you creating your manuscript. Save the changes at the end of each section, otherwise you will lose the information. Remember to use the GMP manual. Here are some recommendations for editing the metadata, sections are indicated in CAPS and the elements of these sections in **bold**.

- In ASSOCIATED PARTIES include only those who are not listed in BASIC INFORMATION.
 - PROJECT DATA and COLLECTION DATA are optional depending on the data type. When using these sections extend or complement information already provided, i.e. do not repeat the same information describing the **description** (GEOGRAPHIC COVERAGE) in the **study area description** (PROJECT DATA).
 - Likewise, in SAMPLING METHODS, you must expand or complete the information, not repeat it. The information in **study extent** should give a specific context of the sampling methodology.
 - It is essential to document the **quality control** in SAMPLING METHODS. Here you should describe what tools or protocols were used to ensure the quality and consistency of data structured with DwC standard.
 - To create the **resource citation** in the CITATIONS section, follow one of the two formats proposed (Annex 2). Do not fill out the **citation identifier**, this will be provided later by the EC-SiB.
 - To include the manuscript bibliography in **citations**, enter each of the citations individually, adding a new citation each time by clicking in the bottom left.
4. Check that the format of the information provided meets the guidelines of the journal (e.g. abbreviations, units, number formatting, etc.) in the *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.
 5. Once included and verified all information in the writing tool, notify to EC-SiB at sib+iac@humboldt.org.co, indicating that you have finished editing the manuscript. Additionally attach the Excel template with structured data (remove all columns that were not used). The EC-SiB will perform corrections and final recommendations about the structure of the data and give you the final instructions to submit the paper.

Submit the manuscript

Once you have finished editing your manuscript and getting the instructions from EC-SiB, send a letter submitting your article to email biotacol@humboldt.org.co, following the instructions of *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.

Remember to attach:

- Excel template with the latest version of the data reviewed by the EC-SiB.
- Word document with figures and tables followed by a list of them.

At the end of the process, your information will be public and freely accessible in the data portal of SiB Colombia and GBIF. This will allow your data to be available for national and international audience, while maintaining credit to the authors and partner institutions.

⁷ Biodiversity Information Standards – TDWG. Accessible at <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/>

Annex 1. Basic structure of a data paper and its mapping to the writing tool elements based on GM.

| SECTION/SUB-SECTION HEADING | MAPPING WITH WRITING TOOL ELEMENTS |
|-----------------------------------|--|
| TITLE | Derived from the title element. |
| AUTHORS | Derived from the resource creator , metadata provider , and associated parties elements. |
| AFFILIATIONS | Derived from the resource creator , metadata provider and associated parties elements. From these elements combinations of organization , address , postal code , city , country and email constitute the affiliation . |
| CORRESPONDING AUTHOR | Derived from the resource contact , metadata provider elements. |
| CITATION | For editors use. |
| RESOURCE CITATION | Derived from the resource citation element. |
| RESUMEN | Derived from the resumen element. 200 words max. |
| PALABRAS CLAVE | Derived from the palabras clave element. 6 words max. |
| ABSTRACT | Derived from the abstract element. 200 words max. |
| KEY WORDS | Derived from the key words element. 6 words max. |
| INTRODUCTION | Derived from the purpose (Introduction and Background section). A short text to introduce the following sections is suggested. For example, history or context of the biological collection or project related with the data described, only if that information is not present in subsequent sections. |
| Project data | Derived from elements title , personnel first name , personnel last name , role , funding , study area description , and design description . |
| Taxonomic Coverage | Derived from the taxonomic coverage elements: description , scientific name , common name and rank . |
| Geographic Coverage | Derived from the geographic coverage elements: description , west , east , south , north . |
| Temporal Coverage | Derived from the temporal coverage elements: temporal coverage type . |
| Collection data | Derived from the collection data elements: collection name , collection identifier , parent collection identifier , specimen preservation method and curatorial units . |
| MATERIALS AND METHODS | Derived from the sampling methods elements: study extent , sampling description , quality control and step description . |
| RESULTADOS | |
| Descripción del conjunto de datos | Derived from the discussion and acknowledgments, contains information about the format of the data and metadata: hierarchy level , date published and ip rights . |
| DISCUSSION | Derived from the discussion element. A short text (max 500 words), which can refer to the importance, relevance, usefulness or use that has been given or will give the data in the published literature or in subsequent projects. |
| ACKNOWLEDGMENTS | Derived from the acknowledgments element. |
| BIBLIOGRAPHY | Derived from the citations element. |

Annex 2. Citation style quick guide for “resource reference” section.

The Resource Reference is the one that refer to the dataset described by the paper, publicly available through SiB Colombia and GBIF networks. Note that this reference may differ from the one of the paper. For more information about this element contact EC-SiB.

Here two formats are suggested; however you can consult other formats established by GBIF⁸.

| TYPE OF RESOURCE | TEMPLATE | EXAMPLE |
|--|---|--|
| The paper is the result of a collective or institutional project with multiple participants. | <Institution/Research Group>. <Year>, <Title of the Resource/Paper>. <Number of total records>, <provided by :> <associated party 1 (role), associated party 2 (role), (...)>. <Online,> <resource URL>, <published on>. <Published on DD/MM/AAAA>. | National Biodiversity (2013). Vertebrates in Orinoco, 1500 records, provided by: Perez, S. (Principal investigator, content provider), M. Sanchez (Processor), D. Valencia (Custodian Steward, metadata provider), R. Rodriguez (Processor), S. Sarmiento (Publisher), VB Martinez (Publisher, Editor). Online, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , published on 01/09/2013. |
| The paper is the result of a personal initiative or a defined research group. | <associated party 1, associated party 2, (...)>. <Year>, <Title of the Resource/Paper>, <Number of total records>, <Online,> <resource URL>. <Published on DD/MM/AAAA>. | Valencia, D., R. Rodríguez and V. B. Martínez. (2013). Vertebrate Orinoco Basin, 1500 records, Online, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , published on 01/09/2001 |

⁸ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan), Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

Una publicación del /A publication of: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
 En asocio con /In collaboration with:
 Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia
 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar
 Missouri Botanical Garden

TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

| | |
|---|-----|
| Presentación | 1 |
| Macroinvertebrados asociados a macrófitas en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. Macroinvertebrates associated with macrophytes in lagoon La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. <i>Ángela M. Alba-Hincapié, Germán González-Rey y Magnolia Longo</i> | 3 |
| Diversidad y biomasa de macroinvertebrados asociados a cuatro tipos de sustratos en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. The diversity and biomass of macroinvertebrates in four types of substrates in the lagoon La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. <i>Sandra Gómez, Claudia Salazar y Magnolia Longo</i> | 20 |
| Artropofauna epigea del páramo Estambul (Tolima), Colombia. Artropofauna epigea in Estambul páramo (Tolima), Colombia. <i>Gladys Reinoso-Flórez, Francisco A. Villa-Navarro y Sergio Losada-Prado</i> | 39 |
| Anuros en los complejos paramunos Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Hermosas, Andes centrales de Colombia. Anurans of the highland complex Los Nevados, Chilí-Barragán and Las Hermosas, Central Andes of Colombia. <i>Wolfgang Buitrago, Jorge Hernán López y Fernando Vargas-Salinas</i> | 52 |
| Aves en páramos de Colombia: características ecológicas de acuerdo a grupos de dieta y peso corporal. Páramo birds in Colombia: ecological characteristics according to diet and body weight groups. <i>Sergio Córdoba-Córdoba</i> | 77 |
| Lista de aves de alta montaña de la serranía de Los Picachos, San Vicente del Caguán, Caquetá (Colombia). List of birds of high mountains of the serranía de Los Picachos, San Vicente del Caguán, Caquetá (Colombia). <i>Julián E. Ávila-Campos</i> | 103 |
| Avifauna del complejo de páramos Chilí-Barragán (Tolima, Colombia). Birds of the Chilí-Barragán páramo complex (Tolima, Colombia). <i>Miguel Moreno-Palacios y Sergio Losada-Prado</i> | 114 |
| Percepciones de los servicios ecosistémicos en el complejo de páramos Frontino-Urrao, departamento de Antioquia, Colombia. Perceptions of the ecosystem services in Frontino-Urrao páramo complex, Department of Antioquia, Colombia. <i>Lizeth M. Álvarez-Salas, Ana M. Gómez-Aguirre y Wilmar A. Cano-López</i> | 134 |
| Guía para autores. Guidelines for authors | 148 |