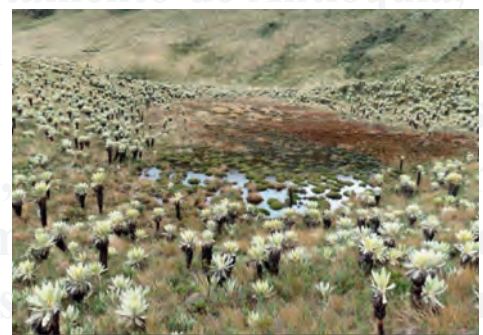


BIOTA COLOMBIANA

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 Neiif	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

Macroinvertebrados asociados a macrófitas en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia

Macroinvertebrates associated with macrophytes in lagoon La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia

Ángela M. Alba-Hincapié, Germán González-Rey y Magnolia Longo

Resumen

El conocimiento limnológico de los páramos es casi inexistente ya que las investigaciones se han desarrollado, principalmente, en zonas andinas y alto andinas. Al respecto, en este estudio se planteó la pregunta: ¿cómo se asocian la diversidad (H'), densidad, riqueza y biomasa de macroinvertebrados asociados a *Potamogeton* sp., *Azolla filiculoides* y *Myriophyllum aquaticum*, con las variables medidas en cada una de ellas: hábito de vida (flotante, emergente y sumergida), biomasa y condiciones de hábitat? El objetivo fue determinar cambios espacio-temporales de densidad, biomasa y diversidad de la fauna, en función del hábitat que ocupaban y de las condiciones ambientales. Los muestreos se adelantaron durante cuatro temporadas hidrológicas. Se tomaron muestras de las plantas y se extrajeron de ellas los invertebrados. Se midieron variables fisicoquímicas en campo y en laboratorio. Fueron identificados 19 géneros/morfotipos de macroinvertebrados, presentando mayor densidad y biomasa, *Helobdella*, *Hyalella* y Tubificidae. El ecosistema presentó H' promedio de 0,62 bits.ind⁻¹ y dominancia promedio de 0,5. La densidad fue correlacionada con conductividad eléctrica y caudal, y la biomasa con conductividad y oxígeno disuelto. La macrófita sumergida presentó la mayor cantidad de biomasa, densidad, riqueza y H' de macroinvertebrados. Las condiciones ambientales fueron optimas para la diversidad faunística.

Palabras clave. Biodiversidad. Biomasa. Densidad. Laguna Los Tunjos. Limnología.

Abstract

The limnological knowledge in the páramo is almost nonexistent, in the countries where these ecosystems are present, research have been developed, mainly, in Andean and high Andean zones. In this context, in this study was formulated the question ¿How H' diversity is associated, density, richness and biomass of macroinvertebrates with variables associated to *Potamogeton* sp., *Azolla filiculoides* y *Myriophyllum aquaticum*, these were: habitat of life (floating, emergent and submerged), biomass and habitat conditions?. The objective was to determine spatiotemporal changes of density, biomass and diversity of macroinvertebrates, depending of occupied habitat and environmental conditions. Samplings were carried out during four hydrological seasons. Then physic-chemical variables were measured in field and laboratory. There were found 19 genera/morphotypes of macroinvertebrates, the most relevant in terms of density and biomass were *Helobdella*, *Hyalella* and Tubificidae morphotype. In general, the ecosystem has an average H' of 0.62 bits.Ind⁻¹, and a Simpson dominance of 0.5. The density was correlated with electrical conductivity and stream flow; and biomass with conductivity and dissolved oxygen. The submerged macrophyte has the highest amount of biomass, density, macroinvertebrates richness and H' biodiversity. The environment conditions were optimal for faunal diversity.

Key words. Biodiversity. Biomass. Density. Limnology. Los Tunjos lagoon.

Introducción

Los páramos son biomas exclusivos de las montañas neotropicales, con presencia en los sistemas andinos de Venezuela, Colombia y Ecuador, y con extensiones en Costa Rica y Panamá. Se ubican en un intervalo de elevación entre los 2.900 y los 4.700 m s.n.m., en el cual se encuentran los subsistemas: sub-páramo, páramo y súper-páramo (Cabrera y Ramírez 2014). Colombia posee, después de Ecuador, el mayor número de hectáreas cubiertas por páramo (incluyendo los subsistemas) en el continente americano (49 % del total). Dentro de ellos se destaca el páramo de Sumapaz por ser el más extenso del mundo y porque es la segunda fuente hídrica más importante dentro de las áreas protegidas de Colombia (Pedraza *et al.* 2004). El principal servicio ambiental que presta este ecosistema es la captación y el almacenamiento de agua, aportando al país buena parte del agua potable. De los lagos y lagunas paramunas se sabe que poseen baja variación térmica anual, lo cual determina que las fases de circulación y de estratificación no necesariamente sean periódicas, como sí ocurre en las zonas templadas, ya que los primeros se rigen más por variaciones de temperatura entre el día y la noche. En general, los sistemas leníticos son clasificados como oligotérmicos con baja estratificación, y oligotróficos (Ramos *et al.* 2013).

En razón a los estudios de macroinvertebrados en páramos, éstos son escasos. Entre los pocos realizados, Rivera (2004) evaluó los cambios en la estructura de la comunidad en función de los cambios altitudinales en el río Chama, Venezuela, encontrando que la diversidad fue mayor en zonas boscosas, con buenas condiciones en las márgenes, así como con la composición del lecho y la morfología del canal. Acosta (2009) determinó para el río Cañete, en el páramo de los Andes centrales de Perú, que la distribución de la comunidad es determinada por la elevación, el orden del río, la vegetación de ribera y el uso de la tierra. Jacobsen y Marín (2008) por su parte, con base en estudios en Ecuador, concluyen que las variaciones en la temperatura reducen la diversidad, y que la fauna presenta adaptaciones para tolerar los cambios en la saturación de oxígeno. En Colombia, Castellanos y Serrato (2008) determinaron que la comunidad en el páramo de Santurbán presenta

diversidad moderada y baja dominancia, siendo los taxones dominantes *Hyaella* y *Prebaetodes*. En el páramo de Frontino, Posada *et al.* (2008) encontraron como primeros registros para el país *Hydrozetes* y *Paraheptagya*. Klinger *et al.* (2012) estableció que la calidad de las aguas de lagunas en el páramo Tatama es buena y por tanto propicia para el establecimiento de taxones de Amphipoda, Odonata y Coleóptera. En el área de estudio del presente trabajo, la laguna La Virginia (también conocida como Los Tunjos), Ramírez *et al.* (2014) hallaron baja diversidad debido a la alta dominancia de organismos de las familias Corixidae, Chironomidae y Hyalellidae.

En cuanto a las macrófitas en este bioma se conoce, para el Parque Nacional Natural Chingaza, que se organizan en parches heterogéneos como resultado de las alteraciones generadas por actividades humanas (Schmidt y Vargas 2012). Ramos *et al.* (2013) encontraron en lagunas del páramo La Rusia (Boyacá) que existe una fuerte relación entre las macrófitas con la disponibilidad de nutrientes (estado trófico), siguiendo una clásica curva gaussiana, de tal manera que los lagos oligotróficos se ubican en un extremo de la escala con pocas especies. Los lagos mesotróficos en la parte media de la curva, tienden a sostener alta diversidad de macrófitas, mientras que la riqueza declina nuevamente en lagos eutróficos.

Esta vegetación constituye un recurso alimenticio para organismos acuáticos, proporcionando material fresco para los herbívoros y materia orgánica en descomposición para los detritívoros. Su biomasa también sirve como un recurso indirecto de alimento, el cual constituye una fuente para niveles tróficos superiores (Fontanarrosa *et al.* 2013). La relación de biomasa de los macroinvertebrados que habitan las macrófitas y la propia de ellas, es un atributo clave para analizar el rol y las funciones de los organismos dentro de las redes alimenticias. Además, permite conocer el ciclo de los nutrientes y el papel de la fauna en la descomposición de la materia orgánica. Los macroinvertebrados asociados a macrófitas se identifican como productores secundarios que participan en los ciclos de la materia y la energía en los ecosistemas acuáticos, de tal forma que es

fundamental establecer las relaciones de biomasa entre estos dos grupos de organismos.

Son varios los trabajos realizados enfocados en el análisis de las relaciones de biomasa entre macroinvertebrados y macrófitas (en ecosistemas diferentes a páramos). En general, se ha encontrado que la profundidad en la que se ubican las plantas puede afectar la biomasa de los macroinvertebrados, y que sobresalen por su alta producción taxones de Hirudinea y Gasteropoda, debido a que su longitud es mayor y al peso de la concha (Tessier *et al.* 2004). También se conoce que el área de mayor superficie por volumen ocupado por las plantas complejas será colonizada por un alto número de macroinvertebrados, quienes representan una buena proporción de las especies locales. Esto arroja como resultado una riqueza de especies más elevada (Verdonschot *et al.* 2012). De otra parte, la estructura de la planta influye directamente en la colonización de los macroinvertebrados en función de su relación con la disponibilidad de lugares para el asentamiento, el desarrollo de perifiton, acceso a la luz y la capacidad de retención de partículas por las raíces (Fontanarrosa *et al.* 2013).

Debido a la carencia de estudios en páramos que relacionen la composición y la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados con variables asociadas a las macrófitas, se llevó a cabo esta investigación con el propósito de responder a la pregunta: ¿Cómo se asocian la diversidad, densidad, riqueza y biomasa de macroinvertebrados colectados en *Potamogeton* sp., *Azolla filiculoides* y *Myriophyllum aquaticum*, con las siguientes variables medidas en cada una de ellas: hábito de vida (flotante, emergente y sumergida), biomasa y condiciones de hábitat? Las hipótesis son: Se conoce que las macrófitas emergentes tienen alta producción en comparación con las de hábito flotante y sumergido debido a que, las primeras tienen: mayor eficiencia de reproducción vegetativa, capacidad para adquirir nutrientes a través de las hojas y raíces y hojas amplias y lobuladas que les facilita habitar en ambientes sombreados; entonces, se espera que la relación de biomasa entre macroinvertebrados y macrófitas sea directa y positiva, presentándose mayor producción secundaria en los macroinvertebrados asociados a la planta

emergente. Y, si la alta riqueza y diversidad de los macroinvertebrados se relaciona favorablemente con velocidad de la corriente elevada y alta concentración de oxígeno disuelto; entonces, se esperara encontrar mayor densidad y riqueza en la comunidad colectada sobre la macrófita sumergida debido a que ella está localizada en una zona de la laguna donde se encuentra un canal con mayor velocidad del agua y concentración de oxígeno disuelto, así como menor cantidad de materia orgánica, en comparación con lo presentado en la laguna donde reposan las otras dos plantas. Además, se espera que los taxones asociados a la macrófita sumergida sean en su mayoría, bivalvos, oligoquetos e insectos, debido a que generalmente se encuentran en sustratos fangosos o arenosos con buenas concentraciones de oxígeno. También, en la macrófita emergente en donde se hipotetiza habrá una mayor biomasa, se espera que la riqueza de géneros sea baja con alta densidad para cada una de ellos, favorecido por la abundancia de nutrientes y la escasez de depredadores.

Material y métodos

Zona de estudio

La laguna La Virginia, también conocida como Los Tunjos, se encuentra ubicada en el páramo de Sumapaz sobre la cordillera Oriental, entre la depresión de Uribe por el sur y la Sabana de la ciudad de Bogotá por el norte (Figura 1). Comprende 414 ha, entre 3.700 y 4.000 m s.n.m.; su máxima anchura es de 100 km, en dirección oriente-occidente, y posee una longitud aproximada de 120 km, abarcando parte de los departamentos de Cundinamarca, Meta y Huila (Guhl 1995).

La Virginia está localizada más específicamente en el sector de Chisacá, donde se encuentra un complejo lagunar integrado por siete espejos de agua permanentes: dos lagunas de Las Lajitas, Chisacá, La Virginia, La Negra, La Larga y Rebosadero. El suelo está compuesto por rocas sedimentarias pertenecientes al Cretáceo y al Terciario; son típicamente superficiales, del tipo inceptisoles o litosoles y cubiertos por cenizas volcánicas, por tanto son ácidos y de coloración negruzca debido a los elevados niveles de materia orgánica. A pesar de



Figura 1. Ubicación geográfica de la laguna La Virginia en el páramo Sumapaz, Colombia.

ser ricos en potasio y nitrógeno son poco fértiles, con alta capacidad de absorción de agua, bajo contenido de fósforo libre y buen intercambio catiónico. El material parental corresponde a conglomerados de areniscas (Pedraza *et al.* 2004).

Actualmente el complejo Chisacá-La Virginia se encuentra conectado por un canal (no se sabe si de origen natural o artificial) a través del cual Chisacá surte de agua a La Virginia. Este complejo tiene una alta importancia para la conservación, pues ahí nace el río Tunjuelo que surte de agua a un sector de la ciudad de Bogotá. Por ello, está bajo la jurisdicción, en el caso de Chisacá, de Parques Nacionales Naturales, mientras que La Virginia está en un área de protección de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Se llevaron a cabo cuatro muestreos durante 2014, con lo cual se cubrieron temporadas de mayor

precipitación pluvial durante mayo y septiembre, y temporadas de menos lluvias en junio y diciembre. Para la toma de muestras se establecieron dos zona teniendo en cuenta la presencia de las tres macrófitas objeto de estudio: a) estación 1 «Canal» ($4^{\circ} 17' 397''$ N - $74^{\circ} 12' 411''$ O, 3.719 m s.n.m.), unión entre la laguna Chisacá y La Virginia; aquí se localizaron las macrófitas sumergida (*Potamogeton* sp.) y flotante (*Azolla filiculoides*, Lamarck; Azollaceae); y b) estación 2 «Laguna» ($4^{\circ} 17' 413''$ N - $74^{\circ} 12' 404''$ O, 3.718 m s.n.m.); ahí estuvieron presentes las macrófitas emergente (*Myriophyllum aquaticum*, Verdcourt; Haloragaceae) y flotante (*Azolla filiculoides*, Lamarck; Azollaceae).

El canal se caracteriza por presentar la forma del valle de poca profundidad, escaso sombreado (10 %) lo cual está relacionado con la poca vegetación riparia de tipo arbórea y arbustiva; en el lecho abundan las macrófitas de varias especies que se

combinan con cantos y rocas grandes. La forma del cauce es en U aplanada (Figura 2A). La laguna tiene un ancho promedio de cauce efectivo de 2,16 m, es un valle amplio con un sombreado entre 6-25 % con vegetación de tipo arbustiva. El tamaño de la partícula dominante de los sedimentos es grava fina (0,2-1,0 cm) (Figura 2B). En ambas estaciones la ribera es cóncava con baja pendiente (10-30 °) y la perturbación es moderada debido a que se presenta en ambas orillas vegetación nativa de las familias Poaceae, Iridaceae, Capparidaceae, Ateraceae y Bromeliaceae. La poca perturbación se presenta cuando hay visitantes que alteran el suelo o depositan elementos ajenos al ecosistema.

Variables físicas y químicas

En la estación canal se registraron las variables amplitud del cauce, profundidad y velocidad de la corriente. En las dos estaciones se midieron, temperatura del agua (°C) con termómetro, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) con conductímetro Mettler Toledo 563, pH con potenciómetro Mettler Toledo 562, oxígeno disuelto ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) mediante el método Winkler y dióxido de carbono ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a través de titulación con hidróxido de sodio. Adicionalmente se tomaron muestras de agua de 500 ml en cada punto de muestreo; estas fueron refrigeradas a 4°C y llevadas

al laboratorio de Instrumental de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL), donde utilizando un espectrofotómetro UV-V15 Evolution 300 Thermo, se midieron las concentraciones de amonio ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), ortofosfatos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), sulfatos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y nitritos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

Macroinvertebrados

Debido a que estos organismos se buscaron asociados a *A. filiculoides*, *M. aquaticum* y *Potamogeton* sp., primero se colectaron las plantas en campo, y posteriormente, en laboratorio se apartaron de ellas los macroinvertebrados. Para la colecta se utilizó un cuadrante de $0,09\text{ m}^2$ el cual se ubicó sobre los parches de cada macrófita, y se extrajeron de su interior todos los ejemplares presentes de cada especie en particular. Se tomaron tres repeticiones por macrófita, los cuales fueron almacenados independientemente en bolsas de cierre hermético con alcohol al 90 %. En el laboratorio de Limnología de la UJTL, las muestras de plantas fueron lavadas para separar la fauna, colocándolas sobre tamices con poro de malla menor a 0,5 cm. Los organismos fueron identificados hasta el mínimo nivel posible, utilizando las claves de Roldán (1988), Ospina *et al.* (2000), Gelhaus (2002), Domínguez y Fernández (2009) Costa *et al.* (2010) y Durán *et al.* (2011).



Figura 2. Vista de los puntos de muestreo en la Laguna la Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. A) Estación canal. B) Estación laguna.

Determinación de biomasa

Se determinó la biomasa ($\text{g peso seco.m}^{-2}$) de las macrófitas siguiendo el protocolo de Feijoó y Meléndez (2009). Las muestras fueron introducidas en un horno digital (BINDER) a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y dejadas ahí por 48 horas. Posteriormente, se calculó el peso seco con la balanza de precisión analítica New Classic Mettler Toledo. Para establecer la biomasa de los macroinvertebrados se tuvieron en cuenta las recomendaciones de Longo y Blanco (2014), así que inicialmente se tomó una muestra representativa de los individuos por taxón, considerando cada macrófita así como las repeticiones en todos los muestreos, usando la matriz de tamaños muestrales con una probabilidad de ocurrencia de 0,5, un error máximo de estimación del 10 % y un nivel de confianza del 95 % (www.indemar.com) para después ser secados en el horno digital a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. De igual manera se calculó el peso seco empleando la balanza de precisión.

Tratamiento de los datos

Con los datos de densidad de los taxones ordenados por macrófita (y repetición) y fecha de colecta, se estimaron los índices: riqueza específica de Margalef, diversidad de Shannon y Wiener empleando logaritmo en base 10, dominancia de Simpson, y equidad de Pielou (Álvarez *et al.* 2004), se empleó para ello el software Biodiversity Pro. Para estimar la similitud entre la densidad y la biomasa de los macroinvertebrados en función de las macrófitas (teniendo en cuenta los hábitos de vida, sumergida, flotante y emergente) se realizó inicialmente un análisis de similitud utilizando la distancia de Bray Curtis; posteriormente, con R-estudio versión 0.98.987, se corrió un ANOSIM con base en distancias euclidianas; y, para determinar diferencias significantes entre los datos se utilizó un ANOVA no paramétrico, debido a que los datos no tenían distribución normal.

Para identificar las variables ambientales (biomasa de macrófitas, caudal, pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, sulfatos, nitritos y CO_2) relacionadas de manera dependiente con la biomasa y con la densidad de los macroinvertebrados, se realizó una regresión múltiple (Guisande *et al.* 2011).

Los modelos se corrieron con los datos en crudo y transformados con logaritmo natural, con la finalidad de evaluar con cuál de ellos se obtenía un R^2 mayor. También se realizó el análisis de contribución de variables para escoger el modelo que mejor explicara la correlación. Por último, se llevó a cabo una regresión lineal simple entre la densidad y la biomasa de los taxones. Todas las regresiones se realizaron en el programa R versión 0.98.987.

Resultados

Variables ambientales

De acuerdo con lo publicado por Klinger *et al.* (2012), las condiciones químicas del canal se ubicaron dentro los intervalos típicos para sistemas altoandinos y de páramo poco intervenidos. El oxígeno disuelto varió entre 5,50 y 7,12 mg.l^{-1} , la conductividad eléctrica presentó un mínimo de 0,35 y un máximo de 10,36 $\mu\text{s.cm}^{-1}$, el pH estuvo siempre por debajo del valor neutral con variaciones entre 4,67 y 6,07 unidades. Las concentraciones de compuestos disueltos presentaron para nitritos un máximo de 0,08 mg.l^{-1} y para sulfatos 10,50 mg.l^{-1} . Los registros de amonio y ortofosfatos se encontraron por debajo del límite de detección ($<0,01\text{mg.l}^{-1}$). Estas bajas concentraciones evidenciaron que se trata de un sistema oligotrófico.

El mayor registro de caudal se presentó en julio ($0,78\text{ m.seg}^{-1}$), seguido por los registros de septiembre y diciembre ($0,11\text{ m.seg}^{-1}$ y $0,07\text{ m.seg}^{-1}$, respectivamente) y el valor más bajo se registró en mayo ($0,03\text{ m.seg}^{-1}$). Al graficar los caudales registrados en 2014 y la media mensual de precipitación pluvial considerando datos de 2005 a 2013 (www.ideam.gov.co) (Figura 3), se observa que los datos de los caudales registrados durante este trabajo fueron atípicos en mayo (cuando la precipitación debería haber causado un mayor caudal); este comportamiento pudo relacionarse con el fenómeno de El Niño presentado durante varios meses del año (www.ideam.gov.co).

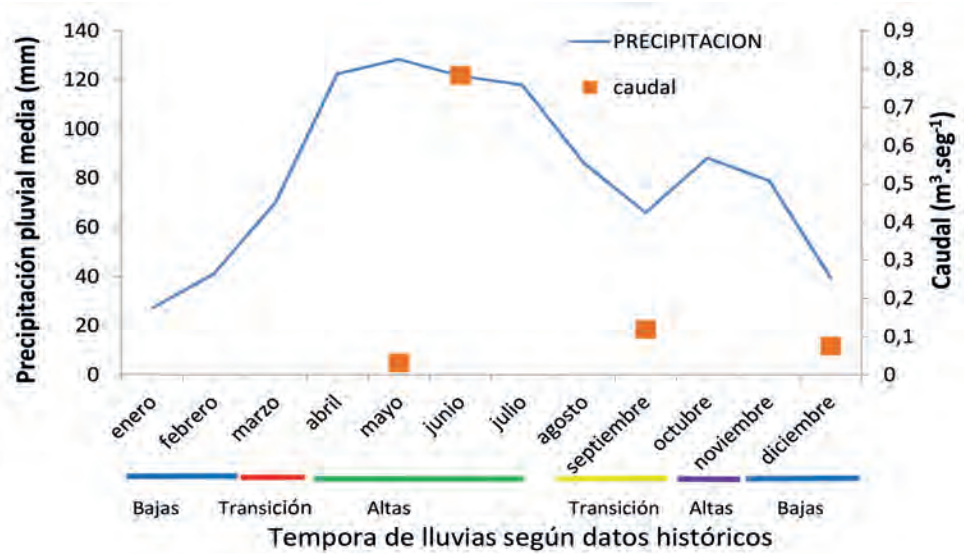


Figura 3. Registros medios de precipitación pluvial mensual entre los años 2003 a 2013 (Ideam, 2015); y registros de caudal en el canal que conecta las lagunas Chisacá con La Virginia, tomados en 2014 en el páramo Sumapaz, Colombia.

Estructura de la comunidad de macroinvertebrados

Se colectaron en total 5155 individuos, distribuidos en 19 taxones de macroinvertebrados (géneros/morfotipos) pertenecientes a los *Phyla* Annelida, Arthropoda, Mollusca, Nematomorpha y Platyhelminthes (Tabla 1). Arthropoda es el Phylum con mayor riqueza, presentando seis órdenes, ocho familias y siete géneros. En segundo lugar está Annelida (Figura 4) con dos órdenes, dos familias y un género. Adicionalmente, se observaron más no se colectaron, individuos de Tubificidae y de Rhinodrilidae.

La densidad total fue de 57.166,55 ind.m⁻² y la biomasa total 20,12 g peso seco.m⁻². Annelida es el grupo con mayores registros de estos dos atributos, con una densidad de 28.266,66 ind.m⁻², (49,35%) y una biomasa de 9,31 g peso seco.m⁻² (46,29 %) (Figura 4). Dicho Phylum estuvo representado por Hirudinea (1 familia, 1 género) y Oligochaeta (1 familia, géneros sin determinar) (Tabla 1). El segundo grupo en densidad y biomasa fue Arthropoda, con *Hyaella* (Amphipoda) que tuvo 16.088,88 ind.m⁻²

(28,14 %) y una producción total de 5,82 gr peso seco.m⁻² (28,91 %).

Los tres taxones más representativos se colectaron en las dos estaciones de muestreo. Estas estaciones comparten además la presencia de otros diez morfotipos. El canal presentó solo dos géneros en particular, *Limonia* y *Bezzia* (ambos Diptera), y en la laguna se encontraron de manera exclusiva individuos de Linyphiidae (Araneae), Orthocladinae (Diptera) y *Tenagobia* (Hemiptera). Estos últimos presentaron baja densidad y biomasa (Figura 4).

Con relación a las temporadas de muestreo, la mayor densidad se presentó en mayo con 24.099,8 ind.m⁻² y el menor registro en septiembre con 7.700 ind.m⁻², el primer mes fue de lluvias bajas y el segundo corresponde a la transición de lluvias altas a medias. En lluvias bajas el taxón más abundante fue *Helobdella* (5.411,11 ind.m⁻²), para las lluvias altas fue Tubificidae (1155,55 ind.m⁻²) y en la transición de lluvias altas a medias, *Hyaella* fue el género más abundante (1.744,44 ind.m⁻²).

Tabla 1. Listado taxonómico, densidad total (ind.m⁻²) y biomasa total (g peso seco.m⁻²) de los macroinvertebrados colectados en tres macrófitas: *Azolla filiculoides*, *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton* sp., presentes en dos estaciones de muestreo en la laguna La Virginia, Sumapaz.

Phylum	Orden	Género / Morfotipo	Densidad total (Ind.m ⁻²) - biomasa total (g peso seco.m ⁻²) de macroinvertebrados en macrófitas			Estación (C: canal, L: laguna)	
			Flotante	Emergente	Sumergida		
Annelida	Clitellata	Tubificidae	1833,33 - 0,15	5500 - 2,31	5500 - 2,31	C- L	
	Rhynchobdellida	<i>Helobdella</i>	1688,88 - 0,38	2466,66- 13,00	2466,66- 13,00	C- L	
	Amphipoda	<i>Hyaella</i>	2744,44 - 0,43	11222,22 - 7,26	11222,22 - 7,26	C- L	
	Araneae	Linyphiidae				L	
Coleoptera		<i>Bidessonotus</i>	233,33 - 0,05	111,11 - 0,23	111,11 - 0,23	C-L	
		<i>Dytiscus</i>				L	
		<i>Metriocnemus</i>	11,11 - ND	22,22- ND	22,22- ND	C-L	
	Arthropoda	Diptera	Ortocladiinae				L
			<i>Parametriocnemus</i>	133,33 - 0,006	1033,33 - 0,05	1033,33 - 0,05	C-L
			<i>Tanytarsus</i>	111,11 - 0,001	66,66 - 0,04	66,66 - 0,04	C-L
			<i>Bezzia</i>		11,11- ND	11,11- ND	C
Hemiptera		<i>Limnophila</i>	22,22 - 0,01	66,66 - 0,04	66,66 - 0,04	C-L	
		<i>Limonia</i>		22,22- ND	22,22- ND	C	
		<i>Centrocorisa</i>	22,22 - 0,01	44,44 - 1,31	44,44 - 1,31	C-L	
		<i>Tenagobia</i>				L	
	Acariformes	Hydrozetidae	155,55 - 0,004	111,11 - 0,04	111,11 - 0,04	C-L	
Mollusca	Veneroida	<i>Sphaerium</i>	455,55 - 0,68	411,11- 3,13	411,11- 3,13	C-L	
Platyhelminthes	Tricladida	<i>Girardia</i>	1877,77 - 0,32	3900 - 2,44	3900 - 2,44	C-L	
Nematomorpha	Morfotipo	ND	11,11- 0,00008	444,44 - 0,01	444,44 - 0,01	C-L	

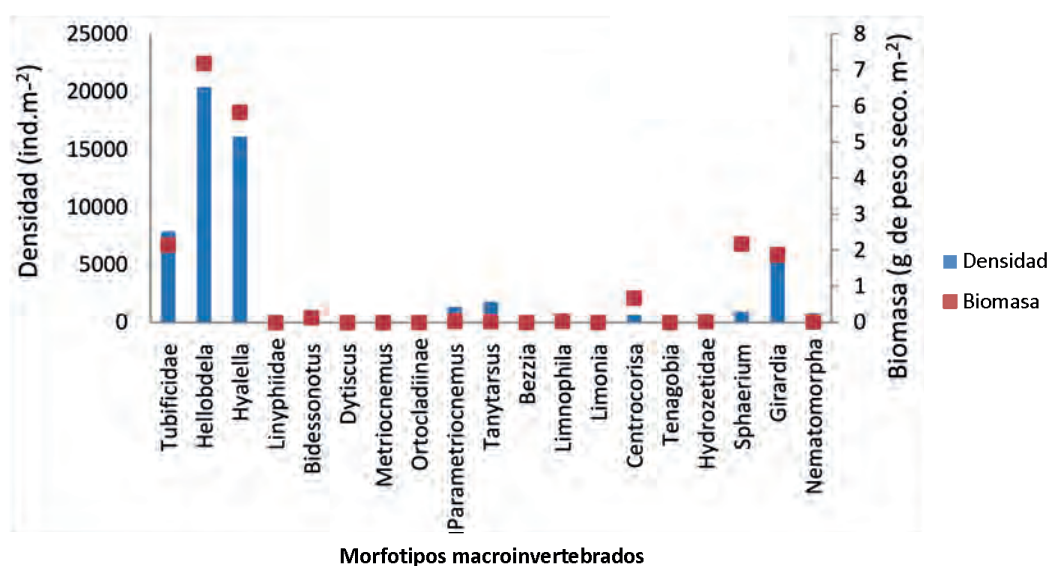


Figura 4. Densidad total (ind.m⁻²) y biomasa total (g de peso seco.m⁻²) de taxones de macroinvertebrados colectados en las macrófitas: *Azolla filiculoides*, *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton* sp., presentes en las dos estaciones de muestreo en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

Los macroinvertebrados presentaron mayor densidad en la macrófita sumergida (25.433,33 ind.m⁻²) y menos en la flotante (9.300 ind.m⁻²); sin embargo, no se encontraron diferencias significativas de esta variable entre las plantas (Figura 5) (Anova, $f=0,75$, $p>0,05$), inferencia verificada mediante una prueba Anosim (Figura 6).

Igual situación se presenta con la biomasa de la fauna en función de las plantas. En la macrófita sumergida la biomasa de la fauna fue 245,09 g peso seco.m⁻², y 17,76 en la flotante. Tampoco existieron diferencias significativas de la biomasa de la fauna entre las plantas (Anova, $f=2,54$, $p>0,05$) (Figura 7); siendo muy similar la biomasa presente para las macrófitas flotante y sumergida. De igual manera, esto se confirmó en el Anosim (Figura 8) donde las varianzas fueron similares ($p>0,05$), presentándose mayor variabilidad en la biomasa de los macroinvertebrados presentes en la macrófita emergente.

También se encontró una relación lineal dependiente entre la densidad de los macroinvertebrados con su biomasa (R^2 0,88 y $p<0,0001$, Figura 9), lo cual otorga confiabilidad para establecer que el número de individuos guarda relación directa con la biomasa registrada.

La diversidad H' de la comunidad de macroinvertebrados en función de las macrófitas tuvo un mayor valor en la planta flotante con 0,70 bits. ind⁻¹, lo cual se relaciona con los mayores valores en riqueza específica de Margalef (4,50 bits con 14 morfotipos). Al comparar los datos de densidad de la fauna entre las tres macrófitas, los registros más similares se dan entre las plantas flotante y sumergida (Bray-Curtis 60 %), y hubo menor similaridad entre los valores presentados en las macrófitas emergente y la flotante (30 %).

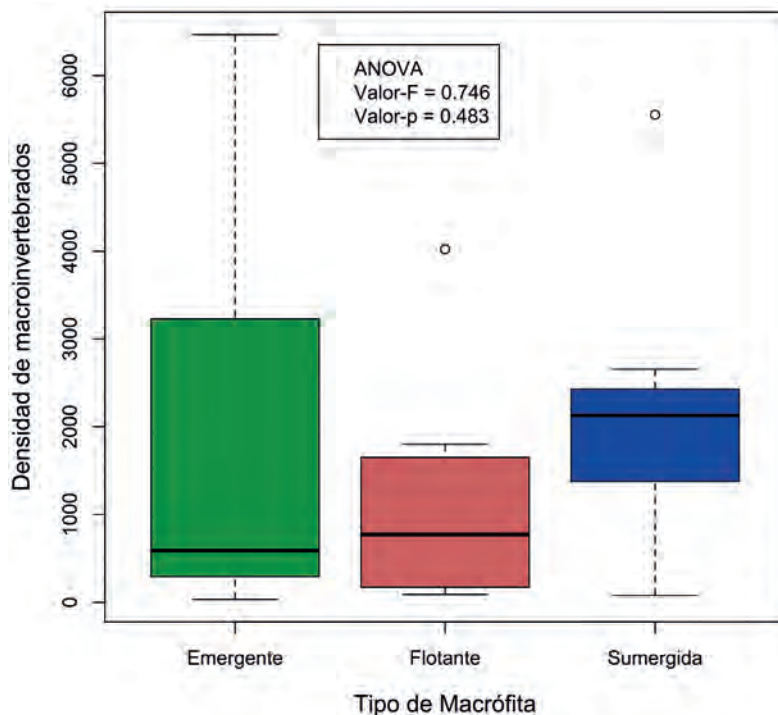


Figura 5. Cajas-bigotes de la densidad de los taxones de macroinvertebrados colectados en las macrófitas *Azolla filiculoides*, *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton* sp., y resultados de significancia con base en ANOVA comparando la densidad entre las tres plantas presentes en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

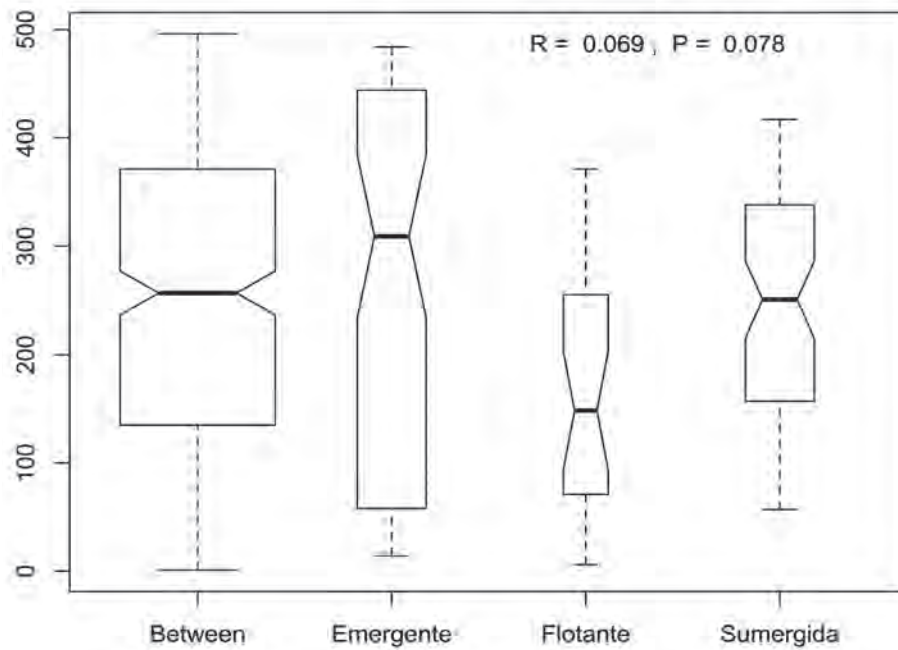


Figura 6. Cajas-bigotes y prueba ANOSIM con base en la densidad de taxones de macroinvertebrados colectados en las plantas *Azolla filiculoides*, *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton* sp., presentes en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

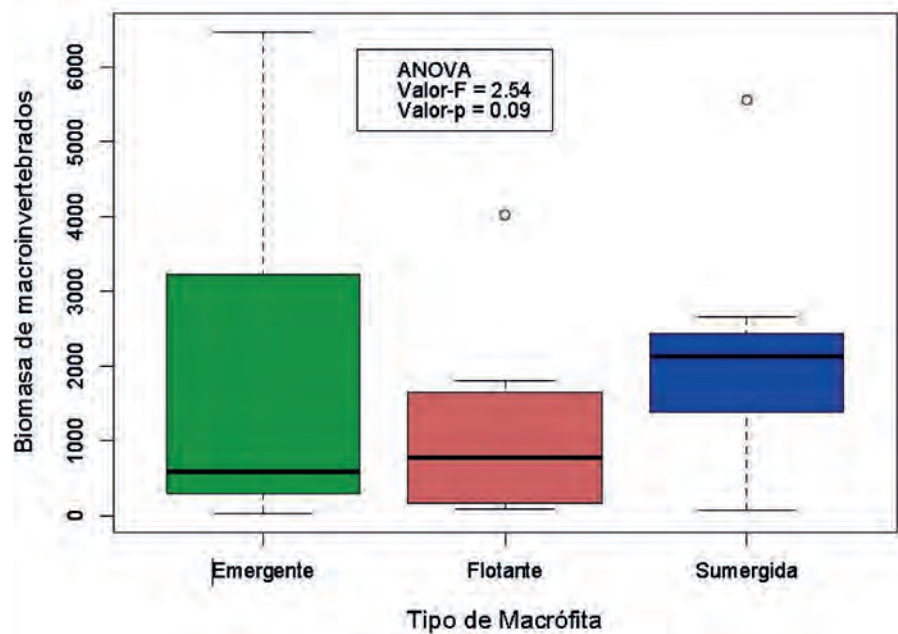


Figura 7. Cajas-bigotes de biomasa de los taxones de macroinvertebrados colectados en las macrófitas *Azolla filiculoides*, *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton* sp., y resultados de significancia con base en ANOVA comparando la biomasa entre las tres plantas presentes en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

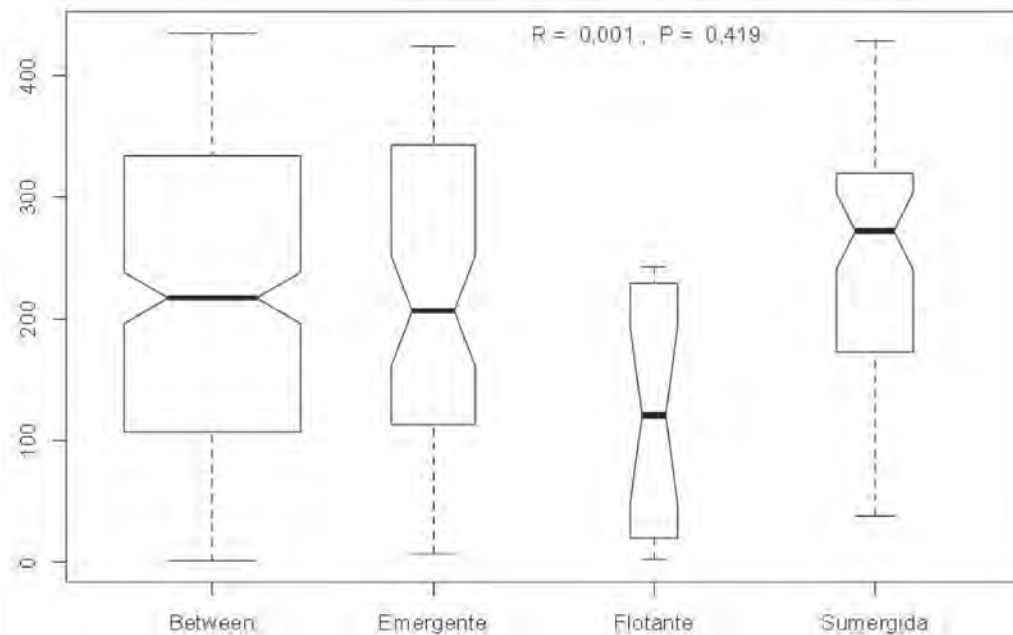


Figura 8. Cajas-bigotes y prueba de ANOSIM con base en la biomasa de taxones de macroinvertebrados colectados en las plantas *Azolla filiculoides*, *Myriophyllum aquaticum* y pasto no identificado, presentes en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

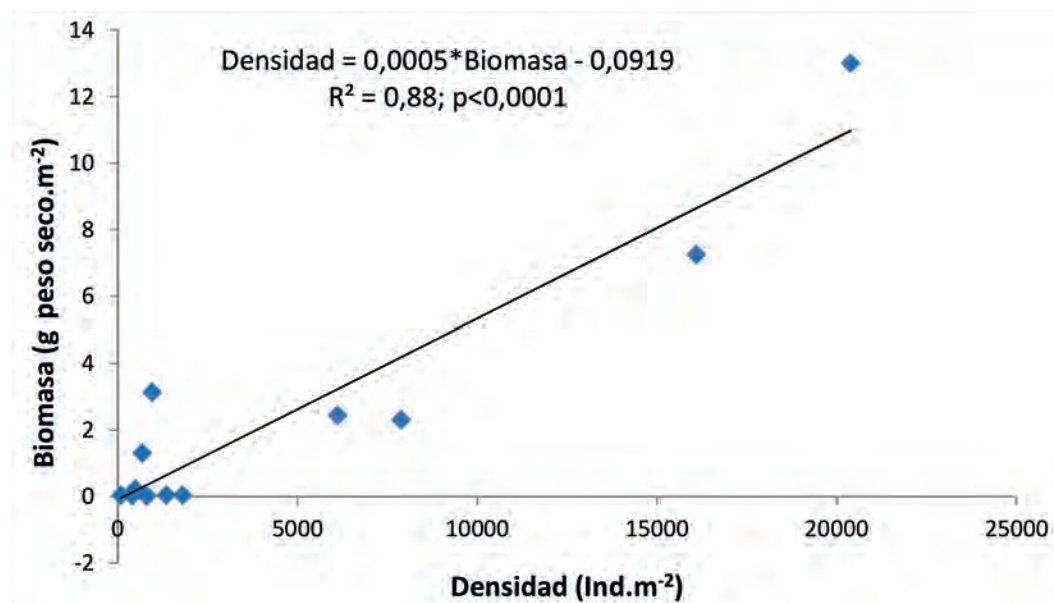


Figura 9. Regresión lineal entre la densidad de macroinvertebrados (ind. m⁻²) respecto a su biomasa (g peso seco.m⁻²). Laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia.

En cuanto a la relación de la densidad de fauna con variables ambientales, se encontró que este atributo es influenciado por los cambios en conductividad eléctrica y en caudal (Tabla 2). El modelo LMG explicó el 60 % de la varianza de los datos. Al analizar separadamente la relación entre la densidad con los registros de conductividad y de caudal, se encontró una correlación negativa para el caudal, viéndose afectada la comunidad de macroinvertebrados con el aumento de esta variable; incluso, la macrófita flotante no se encontró en el tercer muestreo cuando hubo mayor caudal. El modelo es: densidad de macroinvertebrados = $43250,8 + 8404,3 * \text{conductividad} - (-13909,5) * \text{caudal}$.

En la regresión entre la biomasa de los macroinvertebrados con las variables ambientales, el modelo LMG explica el 52% de la varianza (Tabla 2). Aquí son significantes la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto con un $p < 0,001$. La relación de estas variables con la biomasa es lineal positiva. La ecuación es: biomasa de macroinvertebrados = $-0,00329 + 0,0636 * \text{conductividad} - 0,0908 * \text{oxígeno disuelto}$.

Discusión

La riqueza de los taxones colectados (19 géneros/morfotipos) y observados (2 morfotipos) en la laguna La Virginia, es similar a la reportada en otros cuerpos de agua; por ejemplo, en lagos del altiplano de Bolivia ubicados a 3.800 m s.n.m., Jacobson y Marín (2008) reportaron 28 taxones; y en Colombia Posada *et al.* (2008) en su estudio en la laguna Puente Largo, Antioquia (3.600 m s.n.m.), obtuvieron 20 taxones. En el páramo de Tatamá (Chocó, Ciolombia) a 3.560

m s.n.m., Klinger *et al.* (2012) menciona 11 taxones y para La Virginia (Sumapaz) Ramírez *et al.* (2014) identificaron seis taxones. Estos resultados indican que, posiblemente, la riqueza de géneros en sistemas lóticos y leníticos paramunos oscila entre 20 y 30 taxones.

En cuanto a los grupos más representativos, tanto en La Virginia como en los lagos del altiplano de Bolivia, Chironomidae fue la familia con mayor número de géneros. Esto se debe, entre otras razones, a que es la familia de macroinvertebrados con mayor distribución, habitando prácticamente en todos los intervalos altitudinales (Acosta 2009); adicionalmente, su presencia se relaciona con alta acumulación de nutrientes, situación que se presenta en la macrófita emergente donde la familia tuvo una mayor densidad.

La diversidad de Shannon-Wiener reportada en este trabajo para La Virginia se puede considerar baja con un promedio de 0,60 bits.ind⁻¹, en comparación con lo encontrado en los ecosistemas de páramo mencionados anteriormente (lagos de Bolivia, laguna Puente Largo, páramo de Tatamá y laguna Los Tunjos) donde ese estimador varió entre 1,50 y 3,00 bits.ind⁻¹. Esta condición puede relacionarse con la dominancia de los organismos adaptados a las condiciones de baja concentración de oxígeno disuelto, común en altas elevaciones, como es el caso de *Helobdella* y *Hyalella*. En este sentido Jacobsen y Marín (2008) señalan que la baja saturación del oxígeno originada por la menor presión atmosférica a la que están sometidos los páramos, puede ser la causa de la reducción de la riqueza de taxones y de la diversidad con el incremento de la elevación.

Tabla 2. Datos de regresiones múltiples realizadas entre la densidad y la biomasa de macroinvertebrados con variables ambientales.

Variable dependiente	F	R ²	p	VARIABLES SIGNIFICANTES	% de varianza explicado	Modelo
Densidad macroinvertebrados	6,87	0,6	0,0001	Conductividad eléctrica y caudal	60	LMG
Biomasa macroinvertebrados	9,67	0,52	0,0001	Conductividad eléctrica y oxígeno disuelto	52	LMG

De la composición de los macroinvertebrados se afirma que, la macrófita sumergida alojó 15 taxones, siendo *Hyaella* el género con la mayor densidad y biomasa. Esto se puede atribuir a los altos valores de transparencia que se presentaron en el canal, y a que, esta macrófita alcanza el máximo nivel de adaptación acuática al desarrollar órganos fotosintéticos y reproductivos bajo la columna de agua, incluso bajo condiciones limitadas de luz (Ramos *et al.* 2013). La menor biomasa de la macrófita se presentó en junio (Tabla 3), temporada de transición de lluvias bajas a altas, con lluvias acentuadas en ciertos días (incluso el día del muestreo); así que posiblemente, las macrófitas fueron arrastradas con la corriente debido a que no presentan un sistema radicular desarrollado. Según Rivera (2014), la biomasa de las macrófitas es mayor en temporadas de baja pluviosidad porque es menor el aporte de los sedimentos. Esta disminución en la biomasa de la macrófita se reflejó en la menor densidad de los macroinvertebrados encontrados en esa temporada.

En general, se encontró relación directa entre la biomasa de las macrófitas con la de los macroinvertebrados. Entre las macrófitas, la de mayor biomasa fue la sumergida, justo donde se encontraron valores más altos de densidad y de biomasa de la fauna. Este resultado se asoció a que la planta se encontraba en la estación canal en donde, la concentración de oxígeno disuelto fue mayor y donde la presencia de la misma fue controlada por la velocidad de la corriente, estando por tanto ausente cuando la velocidad alcanzó 0,78 m.seg⁻¹.

En cuanto a la relación de la biomasa y de la densidad de los macroinvertebrados con las variables ambientales, en ambos casos la variable independiente más relevante fue la conductividad eléctrica, que en el canal tuvo un registro mínimo de 0,35 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y en la laguna 0,39 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (en la temporada de transición de lluvias escasas a altas); y un máximo en canal de 5,05 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y en laguna de 10,36 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (lluvias escasas). Los mayores valores en laguna se atribuyeron a la acumulación de sustancias que fueron arrastradas por el canal. Los valores máximos en las temporadas de lluvias bajas se asociaron a la presencia de iones, que se concentran por efecto de la evaporación y por la disminución de las lluvias. Además, los procesos de degradación de la materia orgánica aceleran la concentración de iones en el agua (Rivera 2004). Los valores encontrados mostraron una conductividad baja similar a lo reportado en lagunas del páramo Tatamá (7,40 - 13,30 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) (Klinger *et al.* 2012).

Al destacar la conductividad eléctrica como el principal factor ambiental, se debe tener en cuenta que solo fue posible analizar nitratos y sulfatos ya que el amonio y los ortofosfatos estuvieron por debajo del límite de detección, de tal forma que cualquier interacción química entre los macroinvertebrados y los iones disueltos deben ser atribuibles a estos iones.

En general, los organismos acuáticos presentan un alto grado de sensibilidad a los cambios de conductividad y de oxígeno disuelto (Roldán y Ramírez 2008), aunque se desconoce directamente

Tabla 3. Biomasa total de tres especies de macrófitas: *Azolla filiculoides*, *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton paramoanus* presentes en dos estaciones de muestreo, laguna La Virginia, Sumapaz.

Macrófita /Temporada de muestreo durante 2014	Biomasa total de macrófitas (gr de peso seco.m ⁻²)		
	<i>Azolla filiculoides</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	<i>Potamogeton sp.</i>
Mayo (lluvias bajas)	65,32	227,14	496,38
Junio (transición lluvias bajas a altas)	74,33	716,82	1233,79
Septiembre (lluvias medias)	Sin presencia	982,81	853,32
Diciembre (transición a lluvias bajas)	2,56	667,15	357,59

la causa de dicha sensibilidad (Figuroa *et al.* 2003). Además, se puede inferir que la conductividad podría estar relacionada con mayores niveles de materia orgánica, lo que favorece el desarrollo de detritívoros, tal como ocurre con *Hyalella* (Figura 10a), uno de los grupos que mayor biomasa aportó (28 % del total) y que a la vez es reconocido por consumir detritos y material particulado (Acosta 2009). Al tener presente la afirmación de Acosta (2009) de que los anfípodos llegan a constituir el 20 % de la biomasa total en ambientes lóticos y lénticos de páramo, se concluye que en La Virginia, el aporte de biomasa de este taxón a nivel secundario fue considerablemente alto. El segundo grupo en biomasa fue la familia Tubificidae (Oligochaeta). Entonces, al considerar que los oligoquetos se encuentran asociados a características tales como bajas concentraciones de oxígeno, contaminación por materia orgánica y aguas turbias y eutrofizadas (Schmidt y Vargas 2013); y que, estos organismos presentan un alto grado de adaptabilidad debido a sus características morfológicas y fisiológicas. Entonces, la presencia de individuos de Tubificidae (Figura 10b) en la laguna, podría indicar la manifestación de sedimentos alóctonos acumulándose en la raíces de las macrófitas y en los sedimentos propiamente dichos, lo que les facilita la colonización y el establecimiento de las poblaciones.

Helobdella (Figura 10c) fue el tercer taxón con biomasa alta (13 g peso seco.m⁻²). De acuerdo con Castellanos y Serrato (2008), estos organismos habitan generalmente en aguas quietas o de poco movimiento, tolerando bajas condiciones de oxígeno, por lo que es frecuente encontrarlos en número considerable en lugares donde hay abundante materia orgánica en descomposición. En este caso, el taxón habitó con mayor densidad en la raíces de la macrófita emergente, localizada en una zona de la laguna que presenta las condiciones señaladas.

Otra variable significativa para la biomasa de la fauna fue el oxígeno disuelto, incluso a pesar de que no tuvo variación espacial importante (promedio en las dos estaciones 6,83 mg.l⁻¹). Dicha concentración se considera adecuada para el desarrollo de la fauna, y su escasa variación se asocia a la poca profundidad de la laguna lo que favorece el intercambio del gas entre el aire y el agua. Además, las concentraciones oscilaron

dentro de los límites reportados para sistemas lóticos de alta montaña, los cuales de acuerdo con Klinger *et al.* (2012) varían entre 4,00 y 7,00 mg.l⁻¹. El oxígeno disuelto se relaciona también con la tercera variable significativa, el caudal. La variabilidad en el régimen de caudales influyó en la estabilidad, en la diversidad y en la disponibilidad de los hábitats, así como en la morfometría del canal y en la conectividad lateral de los flujos de agua con las zonas inundables. Y también en las variaciones de las concentraciones de oxígeno disuelto, que al ser mayores en el canal donde se encontraba la macrófita sumergida, se asociaron a elevadas cantidades de densidad y de biomasa de la fauna béntica de invertebrados presente en dicha planta.

En general, se puede concluir que en términos de biomasa y densidad de los macroinvertebrados, el caudal incidió de manera significativa en cada zona pero no entre ellas. De esta manera, se presentó una alta densidad y biomasa en ambas zonas, laguna y canal. Incluso, a pesar de que la concentración de oxígeno fue menor en la zona de la laguna donde habitó la macrófita emergente, la densidad y la biomasa de la comunidad también fueron altas. Esto se atribuye a que los sistemas lénticos albergan una mayor cantidad de individuos por área muestreada en comparación con los lóticos. Sajami (2015) acusa esta generalidad a que la poca variación de sustratos en lagos y lagunas (lecho homogéneo) favorece el aprovechamiento de este recurso por un número más alto de macroinvertebrados, así como su permanencia durante tiempos más prolongados.

De esta manera, se evidencia que uno de los aspectos más importantes para comprender la ecología de las poblaciones y su regulación en los ecosistemas acuáticos es la valoración de la producción secundaria y la transferencia espacial de energía dentro y entre los hábitats (Gualdoni *et al.* 2013). Así, la alta abundancia de materia orgánica en La Virginia, proveniente principalmente de la descomposición de las macrófitas, constituye una fuente importante de alimento para la mayor parte de gremios dietarios de invertebrados que utilizan este recurso, y que de paso, lo transforman en biomasa disponible para otros niveles tróficos, lo que permite que la energía acumulada en los detritos fluya a través del sistema.



Figura 10. a) Arthropoda, Malacostraca, Hyalellidae, *Hyaella*; b) Annelida, Tubificidae, familia sin determinar, y c) Annelida, Rhynchobdellida, Glossiphoniidae, *Helobdella*.

Conclusiones

La Virginia presenta una condición oligotrófica debido a su bajo nivel de nutrientes. La colmatación de macrófitas no obedece a eutroficación sino a la dinámica natural del incremento de sedimentos y de la materia orgánica suspendida, ocasionado por la disminución del caudal en el canal que conecta a Chisacá con La Virginia, y que surte de agua a esta última. Esto provoca disminución en el nivel de agua. Sin embargo, el límite entre oligotrófia y mesotrófia es muy cercano, por lo que fenómenos como El Niño que acentúan los bajos niveles de agua, podrían afectar gravemente la condición trófica de la laguna.

Según el hábito de vida de las macrófitas, la mayor biomasa, densidad y riqueza de macroinvertebrados se presentó en la macrófita sumergida, presente en el canal. De igual manera, la diversidad de Shannon y Wiener de la fauna también fue más alta en esta planta, lo cual se relacionó con la alta velocidad de la corriente y la buena concentración de oxígeno disuelto en la zona que ella habita.

La conductividad eléctrica es un buen indicador de condiciones favorables de nutrientes para la producción primaria y posterior producción secundaria, así como una condición favorable para la homeostasis de los macroinvertebrados. Esta relación fisicoquímica, sumada a la buena concentración de oxígeno disuelto, favorecen la alta biomasa de los macroinvertebrados, especialmente de *Helobdella*, *Hyaella* y Tubificidae.

La especie de macrófita y su hábito de vida influyen en la composición de los macroinvertebrados.

Además, los cambios temporales de conductividad eléctrica, caudal y oxígeno disuelto inciden en la estructura de la comunidad; estas son variables típicamente identificadas como filtros ambientales para los macroinvertebrados.

Agradecimientos

Agradecemos en la Universidad Jorge Tadeo Lozano a la directiva de la Maestría en Ciencias Ambientales por la financiación del proyecto, al grupo de investigación Limnología y a los empleados de los laboratorios de Instrumental por todas las facilidades prestadas. A Támara Contreras, Sandra Gómez, Catalina Téllez y Milena Salazar por su colaboración en la fase de campo y de laboratorio. En la Universidad Nacional de Colombia, al profesor Rodulfo Ospina y a Daniela Cortés por la revisión de las identificaciones taxonómicas de Chironomidae y a Nini Beltrán por las identificaciones del resto de taxones. En la Universidad Pedagógica Nacional, al profesor Francisco Medellín por su asesoría. A Iván Beltrán de la Universidad de los Andes, por su apoyo en los análisis estadísticos.

Bibliografía

Acosta, 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. Trabajo de grado. Universitat de Barcelona. Programa doctorado. Ecología. Barcelona. 177 pp.

- Álvarez, M., S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A. M. Umaña y H. Villareal. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 238 pp.
- Cabrera, M. y W. Ramírez (Eds.). 2014. Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 296 pp.
- Castellanos, P y C. Serrato. 2008. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 32 (122): 79-86.
- Costa, C., S. Ide y C. Simonka. 2010. Insectos inmaduros: metamorfosis e identificación. Pp: 15. En: Monografías 3 Milenio, volumen 5. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Corporación Iberoamericana. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Aragón, España.
- Domínguez, E. y H. R. Fernández (Eds.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lilo, Tucumán, Argentina. 656 pp.
- Durán, C., J. Oscoz, D. Galicia y R. Miranda. 2011. Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza. 68 pp.
- Feijóo, C. y M. Menéndez. 2009. La biota de los ríos: los macrófitos. Pp: 243-251. En: Elozegi, A. y S. Sabater (Eds.). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA. Bilbao, España.
- Figuroa, R., C. Valdovinos, E. Araya y O. Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 275-285.
- Fontanarrosa, M., G. Chaparro e I. Farrell. 2013. Patrones espaciales de macroinvertebrados asociados a pequeñas y medianas plantas flotantes. *Wetlands Official Scholarly Journal of the Society of Wetland Scientists* 33 (1): 47-63.
- Gelhaus, J. 2002. Manual for the identification of aquatic crane fly larvae for Southeastern United States. Academy of natural Sciences. Philadelphia. 206 pp.
- Gualdoni, C., P. French y A. M. Oberto. 2013. Relaciones longitud-biomasa en macroinvertebrados bentónicos de un arroyo serrano del sur de Córdoba, Argentina. *Ecología Austral* 23: 194-201.
- Guhl, E. 1995. Memorias del seminario taller sobre ordenamiento territorial. Informe técnico. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá. 204 pp.
- Guisande, C., A. Vaamonde y A. Barreiro. 2011. Tratamiento de datos con R. Statistica y SPSS. Ediciones Díaz de Santos Madrid. 996 pp.
- Jacobsen, D. y R. Marín. 2008. Bolivian altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquatic Ecology* 42: 643-656.
- Klinger, W., G. Ramírez, L. A. Lozano y L. Vargas (Eds.). 2012. Caracterización ecológica del páramo de Tatamá. Quibdó. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. Quibdó (Chocó), Colombia. 108 pp.
- Longo, M. y J. Blanco. 2014. Shredders are abundant and species – rich in tropical continental – island low – order streams: Gorgona Island, Tropical Eastern Pacific, Colombia. *Revista Biología Tropical* 62 (1): 85-105.
- Ospina, R., J. Ruiz, H. Gómez y W. Riss. 2000. Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. Subfamilias Tanypodinae, Podonominae y Diamesinae. *Actualidades Biológicas* 22 (1): 30-45.
- Pedraza, P., J. Betancourt y P. Franco. 2004. Chisacá, un recorrido por los páramos andinos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 250 pp.
- Posada, J., G. Abril y L. Parra. 2008. Diversidad de los macroinvertebrados acuáticos del páramo de Frontino (Antioquia, Colombia). *Caldasia* 30 (2): 441-455.
- Ramírez, J., M. Villanueva y J. García. 2014. Macroinvertebrados acuáticos en la laguna Los Tunjos (Páramo de Sumapaz). *Investigación Universitaria* 1 (2): 109-112.
- Ramos, C., N. Cárdenas y Y. Herrera. 2013. Caracterización de la comunidad de macrófitas acuáticas en lagunas del páramo de la Rusia (Boyacá- Colombia). *Ciencia en Desarrollo* 4 (2): 73-82.
- Rivera, A. 2004. Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de páramo y zonas boscosas, en los Andes venezolanos. Trabajo de grado. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Mérida, Venezuela. 83 pp.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN – Colciencias- Universidad de Antioquia. Bogotá. 250 pp.
- Roldán, G. y J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 440 pp.
- Sajami, J. 2015. Distribución espacio-temporal de Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Coleoptera (Insecta) en una quebrada de primer orden, bosque

- montano, Junín, Perú. Trabajo de grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología. Lima, Perú. 143 pp.
- Schdmit, U. y O. Vargas, O. 2012. Comunidades vegetales de las transiciones terrestre – acuáticas del páramo de Chingaza, Colombia. *Revista Biología Tropical* 60 (1): 35-64.
- Tessier, C., A. Cattaneo, B. Pinel y G. Galanti. 2004. Biomass, composition and size structure of invertebrate communities associated to different types of aquatic vegetation during summer in Lago di Candia (Italy). *Journal of Limnology* 63 (2): 190-198.
- Verdonschot, R., K. Dideren y P. Verdonschot. 2012. Importance of hábitat structure as a determinant of the taxonomic and functional composition of lentic macroinvertebrate assemblages. *Limnologica* 42: 31-42.

Ángela María Alba-Hincapié
Universidad Jorge Tadeo Lozano
angelam.albah@utadeo.edu.co

Germán González-Rey
Universidad Jorge Tadeo Lozano
german.gonzalezr@utadeo.edu.co

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

Macroinvertebrados asociados a macrófitas en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia

Cítese como: Alba-Hincapié, A. M., G. González-Rey y M. Longo. 2016. Macroinvertebrados asociados a macrófitas en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 2 - Páramos): 3-19. DOI: 10.21068/C2016v17s02a01

Recibido: 13 de mayo de 2015
Aprobado: 20 de febrero de 2016

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 *Hyalella*, *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; *Hyalella*, *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 Sphaeridae. 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).

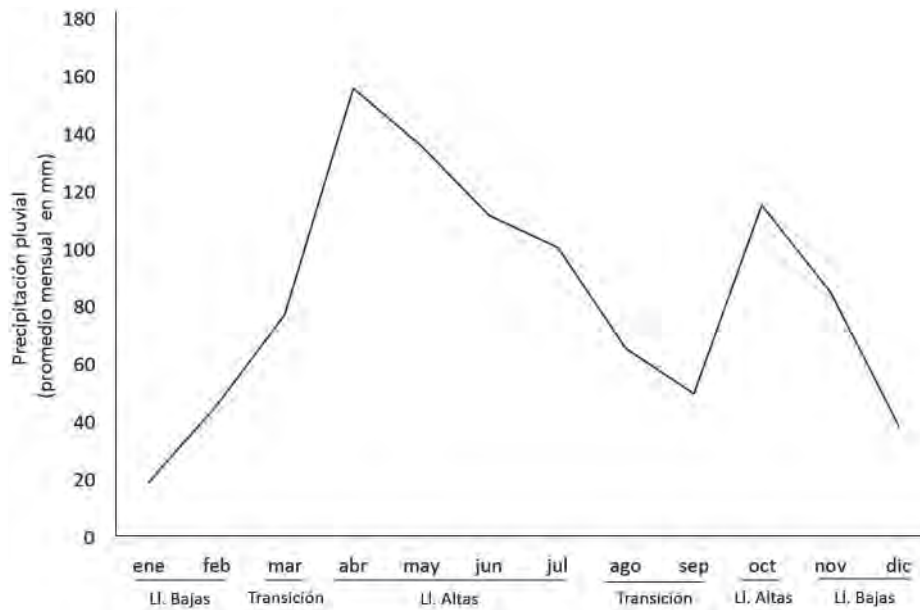


Figura 2. Promedios mensuales de lluvia en la estación pluviométrica La Unión cercana a la laguna La Virginia (Ideam 2015).



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, Capparidaceae 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

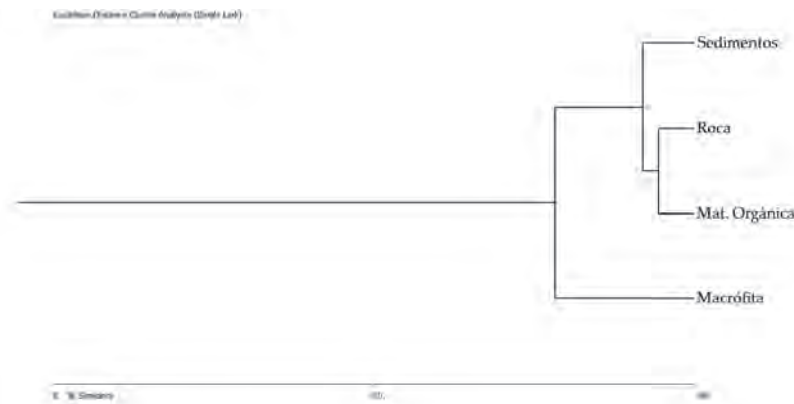


Figura 4. Dendrograma de similaridad basado en distancia Euclidiana entre las biomazas de macroinvertebrados reportadas para cuatro tipos de sustratos presentes en dos estaciones en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz.

(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 *Hyaella* 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 %), *Parametrioctenus* con 36 representantes (1,2 %), *Bidessonotus* 27 organismos (0,9 %), *Sphaerium* 24 individuos (0,8 %), familia Hidrozetidae 15 organismos (0,5 %), *Metrioctenus* 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)	Macrofita (L)
Annelida	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>	7 (0,03)	34 (0,03)	28 (0,03)	1461 (90,52)
		Opisthoptera	Rhinodrilidae	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)		
				Ortocladiiniidae (SubFam)		1 (0,0001)		
Insecta	Diptera		Chironomidae	<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)
		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)
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	<i>Sphaerium</i>	14 (0,05)	2 (0,02)		8 (0,02)
Nematoda	ND	ND	ND	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) 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 *Hyaella*, 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), 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 *	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

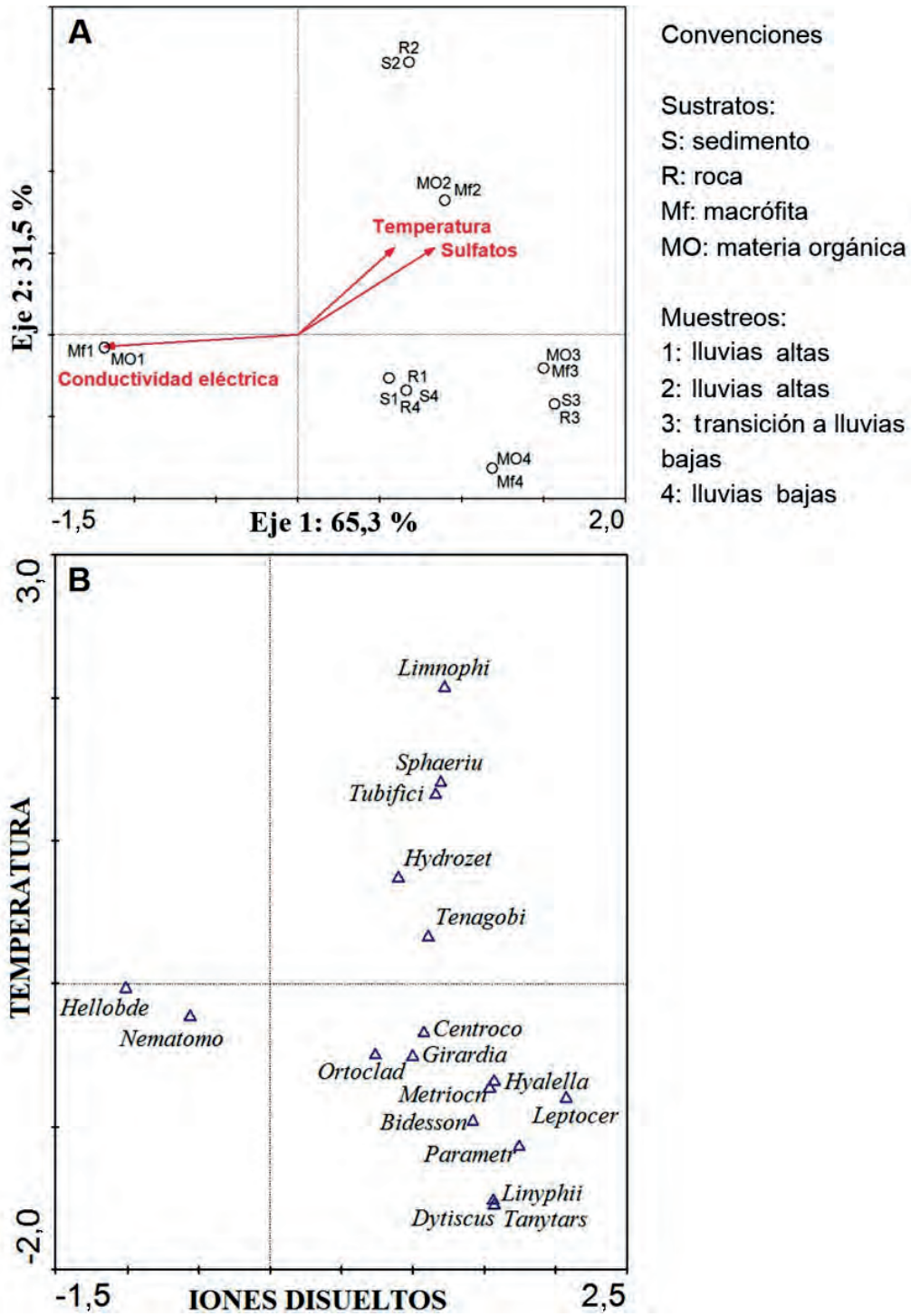


Figura 5. Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica entre las variables fisicoquímicas y la biomasa de los macroinvertebrados colectados en la laguna La Virginia. A) Agrupación de los sustratos-época pluviométrica en función de las variables fisicoquímicas que se relacionan significativamente 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 ftofóbico 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. Merritt 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. Thurgooona, 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.
- Oscosz, J., M. Pardos y C. Durán. 2008. Aportaciones al conocimiento de algunos macroinvertebrados acuáticos de La Rioja. *Zubia* 25-26: 17-41.
- Oscosz, 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

Artropofauna epigea del páramo Estambul (Tolima), Colombia

Artropofauna epigea in Estambul páramo (Tolima), Colombia

Gladys Reinoso-Flórez, Francisco A. Villa-Navarro y Sergio Losada-Prado

Resumen

Los páramos almacenan y capturan gas carbónico atmosférico y son clave en el equilibrio del ciclo hídrico y regulación del clima regional. Dada su relevancia, en el 2013 se evaluó la fauna epigea del páramo Estambul (Tolima, Colombia), entre 3100 m a 3600 m s.n.m. Se realizó un muestreo preliminar, siguiendo el gradiente altitudinal mencionado, para ubicar cinco estaciones de muestreo. Se procuró ubicar posteriormente cada estación de muestreo en áreas conservadas o poco perturbadas. En cada estación se estableció un transecto lineal de 100 m, se ubicaron puntos separados 20 m uno de otro, y se hicieron las colectas de hojarasca (sacos mini-Winkler), con trampas de caída y búsqueda manual. Se registraron 2617 organismos, 28 órdenes y 75 familias. Acari registró mayor abundancia (606 organismos), mientras que Julida y Psocoptera, presentaron cada uno un individuo. Los estimadores no paramétricos de riqueza de especies Jack 2 y Chao 2 indican que se registró entre el 81 % - 90 % de las especies esperadas, lo cual evidencia un buen muestreo de la artropofauna epigea del páramo y que la biota registrada varía en su composición, abundancia y diversidad, en el gradiente altitudinal.

Palabras clave. Andes colombianos. Distribución. Invertebrados del suelo. Tolima.

Abstract

Páramos can store and capture atmospheric carbon dioxide, which make them tools in the storage and equilibrium of the water cycle and the regulation of the regional climate. Given the importance of páramos, we conducted a study in 2013 to evaluate epigeal fauna in Estambul páramo (Tolima, Colombia). This study was conducted from 3100 m to 3600 m. Five sampling points were selected, efforts were made to locate each sampling station in conservation areas. In each location a linear transect of 100 m was established, points 20 m apart from each other were located. The sampling was done using three methods: leaf litter (mini-Winkler sacks), pitfall traps and manual search. We collected 2617 organisms, 28 orders and 75 families. The most abundant orders were Acari (606 individuals), Julida, Psocoptera, were less abundant, represented by only one individual each one. It is important to mention that a considerable number of taxa were reported. According to non-parametric estimators of species richness Jack2 and Chao2, we recorded between 81 % and 90 % of the expected species, which indicates that the sampling effort was sufficient and our data is reliable. These results demonstrate that the sampled biota varies in composition, abundance and diversity mainly due to the effects of grazing and deforestation activities.

Key words. Colombian Andes. Distribution. Soilfauna. Tolima.

Introducción

Los páramos ocupan en el Neotrópico aproximadamente 35.000 km², área muy inferior a la de las selvas amazónicas (Hofstede *et al.* 2002). Son ecosistemas de riqueza singular cultural y biótica, con un alto grado de especies de flora y fauna de especial importancia y valor, componentes que constituyen un factor indispensable para el equilibrio ecosistémico, el manejo de la biodiversidad y del patrimonio natural del país (Corpoica 2009). Gracias a la diversidad y a los servicios ambientales aportados, actualmente, se reconoce la condición de los páramos como ecosistemas estratégicos y a la vez, uno de los más vulnerables del norte de Suramérica y el Neotrópico, lo que les ha valido la denominación de “*Hotspot*”, en la cual se contraponen altos grados de biodiversidad y endemismo con factores críticos de amenaza (Castaño-Urbe 2002, Castaño-Urbe y Hofstede 2002).

En Suramérica el páramo forma parte de la región andina, la cadena montañosa más extensa del mundo, y a la vez, uno de los ecosistemas con mayor afectación antrópica del continente. En Colombia, tanto los páramos como los bosques alto andinos, están intervenidos fuertemente por actividades humanas, y en ocasiones, han sido reemplazados por plantaciones forestales o por sistemas agropecuarios a diferente escala, especialmente por el aumento de los cultivos de papa. En el caso concreto del Parque Nacional Natural Los Nevados, el sistema predominante entre 3400-3700 m s.n.m. es el monocultivo de papa en rotación con ganadería con pastos sembrados, mientras por encima de este límite se presenta únicamente pastoreo extensivo y quemas (Rueda-Almonacid *et al.* 2004).

A pesar de la importancia de los páramos, son pocos los estudios que evalúan la diversidad de especies y hábitats, por lo que existen muchos vacíos respecto al conocimiento de la diversidad específica y funcional de la fauna y flora y en particular de la microbiota de los suelos paramunos, a pesar del relevante papel que cumple esta fauna en la dinámica de la materia orgánica y en la regulación de la disponibilidad de nutrientes. En contraste, la fauna del páramo ha sido menos estudiada que su flora, situación que quizás se da por que a nivel general se ha considerado a los

páramos como regiones poco diversas y con bajas densidades de animales, lo cual dificulta la realización de estudios estadísticamente representativos (Cuesta *et al.* 2014). Los estudios disponibles sobre la biota del páramo evidencian que en general presentan valores absolutos de riqueza de especies inferiores que los ecosistemas boscosos, pero con una alta singularidad (Torres-Carvajal 2007, Tirira 2011).

Si bien la riqueza de especies no es muy alta, si lo es el grado de endemismo que presentan muchas de las taxa presentes en los páramos. Entre los invertebrados se encuentran un número alto de artrópodos (insectos, arácnidos, crustáceos y miriapodos), moluscos y anélidos, entre otros. En algunos grupos como los coleópteros o los lepidópteros se han reportado también procesos de radiación adaptativa y diversificación reciente (Rodríguez y Rojas-Suárez 1995, Moret 2001). Los invertebrados de los suelos del páramo, entre los que se destacan grupos como los ácaros, colémbolos, coleópteros, dípteros y lombrices de gran tamaño, juegan un papel muy importante en la descomposición de la materia orgánica, al fraccionar y movilizar la hojarasca producida por la vegetación e incorporarla al suelo (Morales y Sarmiento 2002).

La situación actual de las zonas de páramo, conlleva la necesidad de ampliar la información de sus condiciones reales para el manejo adecuado que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) le debe dar a estas zonas. Los planes de manejo ambiental para los páramos deben estar incluidos dentro de los planes de desarrollo departamental en aquellas regiones donde estos ecosistemas son más vulnerables. Por esto, el MADS y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt definieron criterios para la delimitación de los diferentes tipos de páramos del país, involucrando la caracterización de flora y fauna. En esta última, se ha priorizado el análisis de los grupos de invertebrados del suelo con el objetivo de determinar su riqueza y diversidad y detectar grupos potenciales en el ciclaje de nutrientes y degradación de la materia orgánica.

En el estudio del estado actual de los páramos del departamento del Tolima (EEA), se estableció la

división de los páramos en tres regiones o zonas de acuerdo a la posición geográfica de los municipios que corresponden: zona norte, zona centro y zona sur, respectivamente; comprenden los páramos de Letras, Normandía, Carrizales, La Línea, Anaime, Barragán, Chili, Yerbabuena, Miraflores, Meridiano, Las Hermosas, los Valles, así como los Volcanes Nevados del Ruiz, Santa Isabel, Quindío, Tolima y Huila. Así mismo en esta zona se encuentran los parques de Los Nevados, Las Hermosas y parte del Nevado del Huila.

Material y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el páramo Las Nieves-Estambul, ubicado en el municipio de Ibagué, departamento del Tolima (Colombia) y hace parte del complejo de páramos Chilí-Barragan (Morales *et al.* 2007) (Figura 1). Es un sector donde se alterna la vegetación de bosque alto andino con la vegetación de páramo. Entre las especies más relevantes están

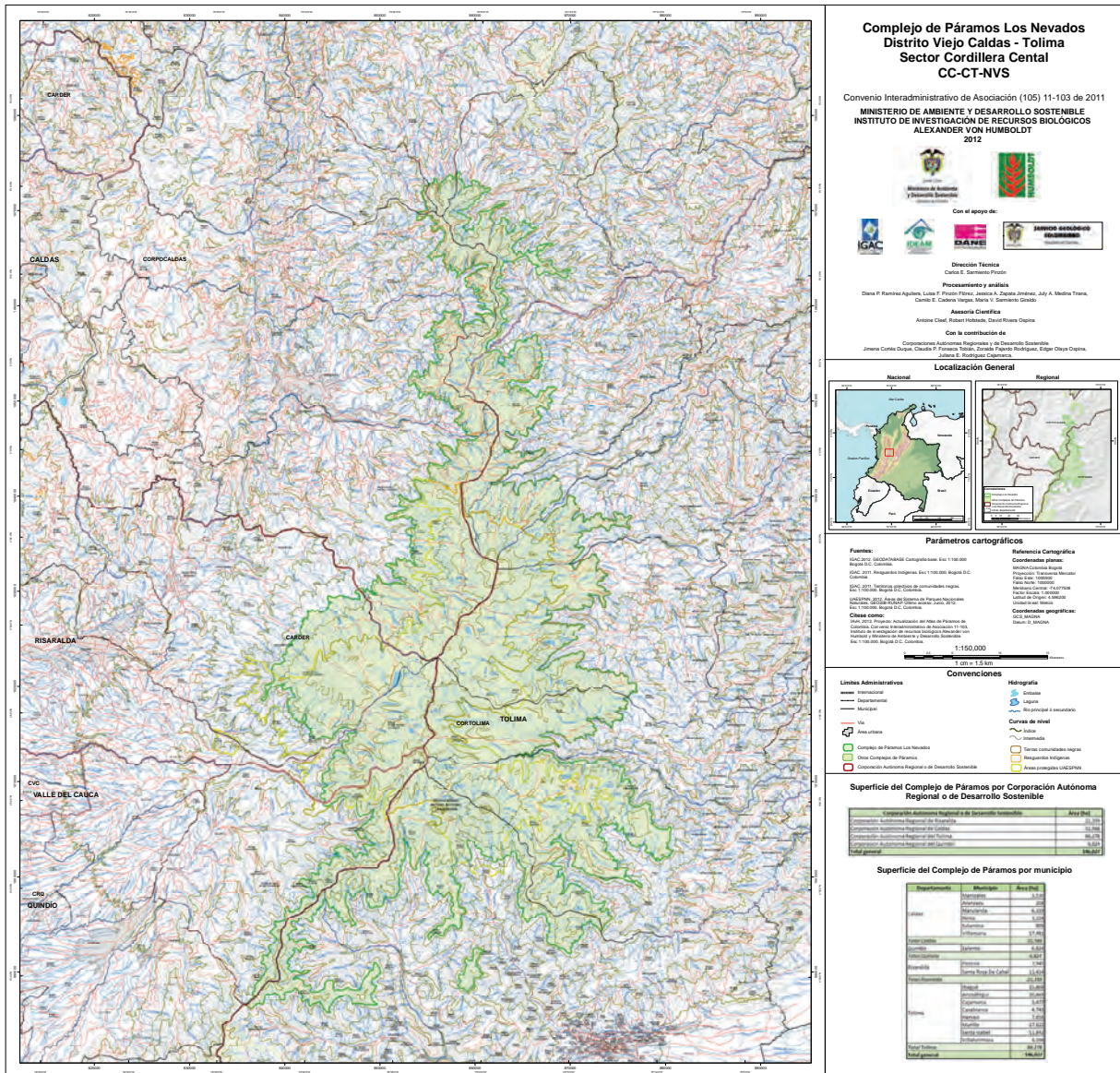


Figura 1. Localización del páramo Las Nieves-Estambul, complejo de páramos Los Nevados. Fuente: [http://www.humboldt.org.co/images/Atlas%20de%20paramos/22CC-CT-NVS\(Nevados\).pdf](http://www.humboldt.org.co/images/Atlas%20de%20paramos/22CC-CT-NVS(Nevados).pdf)

Weinmannia, *Buddleja*, *Clethra*, *Oreopanax* sp., *Cestrum* sp., *Miconia* sp., *Myrsine* sp., *Escallonia myrtilloides*, *Morella pubescens*, *Schefflera* sp. y helechos arborescentes. El páramo tiene terrenos planos intercalados con la formación de pendientes abruptas (35 %-55 % inclinación). En algunos sitios se presentan coberturas de pastizales (*Calamagrostis* sp. y *Chusquea* sp.), los frailejones o rosetas caulescentes, son también predominantes a esta altitud, siendo *Espeletia hartwegiana* la especie más representativa (Currea 2003, Bonilla 2005, Pava 2005).

En el páramo se estableció un transecto en el gradiente altitudinal entre 3100 m a 3600 m s.n.m. El transecto fue diseñado inicialmente utilizando la cartografía oficial e imágenes de satélite, proporcionadas por el Instituto Humboldt, quien tomó como referencia la actualización cartográfica del Atlas de Páramos de Colombia, a escala 1:100.000. Se realizó un muestreo preliminar, siguiendo el gradiente altitudinal mencionado, con el objetivo de ubicar cinco estaciones de muestreo (Tabla 1). El criterio utilizado fue buscar la franja de transición entre el bosque alto andino y el páramo, identificando la presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos propios del subpáramo al interior del bosque altoandino. Una vez definida esta franja (donde se inicia un cambio en los tipos de formación), se ubicó la estación de muestreo más baja (de 100 a 200 m por debajo de la ecoclina observada), a partir de la cual se establecieron las demás estaciones, distantes entre sí, cada 100 m en sentido altitudinal. Los sitios de muestreo se eligieron

en áreas conservadas, alejadas de cañadas, senderos y zonas con algún grado de intervención. Los muestreos se efectuaron entre la primera y segunda semana de julio de 2013, en la época de bajas lluvias, con una duración de diez días de muestreo efectivo.

Muestreos y análisis

En cada estación se estableció un transecto lineal de 100 m, perpendicular a la línea del transecto altitudinal. Sobre los transectos de 100 m se ubicaron puntos separados 20 m uno de otro, en los que se emplearon tres métodos de captura: procesamiento de hojarasca mediante sacos mini-Winkler, trampas de caída y búsqueda manual. En cada punto dentro del transecto, se recolectó la hojarasca extraída en 1 m² de suelo, se tamizó con un cernidor de 1 cm² de poro y se depositó la muestra resultante en bolsas de malla suspendidas al interior de un saco de color negro (mini-Winkler). Durante 48 h los organismos que componen la fauna asociada a la hojarasca, cayeron en el frasco colector que contenía alcohol al 70 %, una vez finalizado este tiempo la muestra se almacenó en bolsas de seguridad.

Las trampas de caída consistieron en vasos plásticos (12 onzas de capacidad), enterrados a ras del suelo; cada uno contenía una solución de 1/3 de etanol al 70 %, 2/3 de agua y una gota de jabón (Villarreal *et al.* 2004). Estas trampas se recogieron después de 48 horas de su instalación. Finalmente, en cada punto dentro del transecto, se colectaron los organismos

Tabla 1. Estaciones de muestreo establecidas en el páramo de Las Nieves-Estambul, proyecto de delimitación de páramos en el departamento del Tolima.

Estación	Tipo de hábitat	Coordenadas		Altitud (m s.n.m.)
		N	W	
E1	Bosque andino	4° 36' 13,2"	75° 17' 42,4"	3229
E2	Bosque andino	4° 36' 16,0"	75° 17' 34,5"	3341
E3	Bosque andino y matorral	4° 36' 18,8"	75° 17' 26,2"	3426
E4	Bosque andino y matorral	4° 36' 25,0"	75° 17' 20,6"	3528
E5	Matorral, pajonal y frailejonal	4° 36' 27,5"	75° 17' 00,2"	3617

epígeos (macro y mesofauna), observados sobre el suelo y la hojarasca, bajo rocas y troncos, tratando de tener un área representativa de cada punto. El material biológico fue depositado en tubos Falcon con etanol al 70 %, y trasladado al Laboratorio de Investigación en Zoología (LABINZO) de la Universidad del Tolima para su procesamiento. Paralelo a la colecta del material biológico se diligenció una ficha de campo con todo lo observado en cada estación, que incluye datos básicos del transecto como fecha, coordenadas inicial y final; hora de inicio y de finalización, longitud y orientación; características del área: temperatura ambiente y del suelo, luminosidad, cobertura, altura capa de hojarasca.

Análisis de datos

Los organismos pertenecientes a los órdenes Isopoda, Polydesmida, Glomeridesmida, Spirostreptida, Scolopendromorpha, Spirobolida, Stemmiulida, Julida, Geophilomorpha, Polyzoniida, Araneae, Collembola, Diptera, Hymenoptera y Coleoptera, fueron determinados hasta el nivel de familia empleando claves y descripciones (Coto-Alfaro 1998, Smithers 2001, Adis 2002, Ospina *et al.* 2003, Barrientos 2004, Vázquez y Palacios 2004, Guzmán 2008, OCW 2009, Ospina *et al.* 2009, Pérez-Schultheiss 2010 y Ávila y Jaramillo 2011). Los taxones determinados a nivel de familia se utilizaron para los análisis de riqueza estimada, abundancia, diversidad y patrones de distribución, y los determinados hasta el nivel de orden se incluyeron únicamente en los análisis de composición general.

Se evaluó la riqueza como el número de las familias registradas en cada estación del páramo. La representatividad del muestreo se determinó empleando los estimadores no paramétricos Chao 2 y Jackknife 2 y Chao 1 para cada estación en el páramo, para lo cual se elaboraron matrices de presencia-ausencia y de abundancia (Moreno 2001, Villareal *et al.* 2004). Esta estimación se realizó teniendo en cuenta los puntos dentro de los transectos como unidades muestrales, por lo cual los registros obtenidos a partir de los tres métodos de colecta se tomaron como una muestra.

La abundancia de familias de los invertebrados del suelo se registró como el número de individuos por especie. Adicional a esto, se calculó el índice de abundancia relativa (IAR) dividiendo el total de registros para el muestreo entre el total de puntos dentro de los transectos, y se multiplicó por 100. Se determinaron intervalos de abundancia (abundante, común, poco común, escasa) según los criterios descritos en Villareal *et al.* (2006). Se calculó el índice de equidad de Shannon-Wiener para cada unidad de cobertura vegetal seleccionada (Magurran 1988, Moreno 2001, Villareal *et al.* 2006).

Para establecer la diversidad de la edafofauna registrada se determinaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson y similitud de Jaccard, usando el paquete estadístico PastProgram®.

Se estimaron adicionalmente los números de Diversidad de Hill para medir el número efectivo de familias presentes en las muestras (N1 es el número de las familias abundantes y N2 es el número de las familias muy abundantes en la muestra) (Jost 2007).

Para estimar la diversidad beta se construyeron matrices de abundancia con base en la información registrada de las familias (organismos colectados a partir de los tres métodos: procesamiento de hojarasca mediante sacos mini-Winkler, trampas de caída y búsqueda manual), usando como medida de similitud el índice de Bray-Curtis con el paquete PAST 2.13 (Hammer *et al.* 2001). Es importante mencionar que los análisis se hicieron por cada punto del gradiente altitudinal (estaciones).

Resultados y discusión

Riqueza estimada y representatividad del muestreo

Durante el estudio se recolectaron 2617 organismos de la fauna de invertebrados en el páramo de Las Nieves Estambul, distribuidos en 28 órdenes y 75 familias.

Los estimadores no paramétricos de riqueza de especies Jack 2 y Chao 2 indican que se registró entre el 81 % - 90 % de las familias esperadas para la zona evaluada, logrando registrar varios taxones.

De acuerdo con la curva de únicos y duplicados, el número de taxones ó familias raras no fue superior a 20, y dado que presentan una leve tendencia al descenso, se podría indicar que se logró un buen muestreo de la fauna asociada a la hojarasca del páramo de Estambul. El estimador Chao1 mostró que la mayor representatividad de familias se obtuvo en la estación E1 (91 %), seguida de las estaciones E2 (88 %), E3 (72 %), E4 (70 %) y E5 (58 %), información que permite deducir que con las muestras analizadas se obtuvo el 91 y 88 % de las especies esperadas para las dos primeras estaciones correspondiente a bosque andino (Figura 2).

Composición y estructura de la comunidad

Las familias identificadas corresponden únicamente a los órdenes Coleoptera, Collembola, Diptera, Hymenoptera, Isopoda, Araneae y la subclase Myriapoda. Los órdenes que registraron mayor abundancia fueron Acari (606 organismos), Coleoptera (599), Collembola (286), Diptera (250) y Polydesmida (subclase Myriapoda) (206) (Figura 3) y los menos abundantes Julida, Psocoptera, Spirobolida y Zygentoma con tan solo un individuo. En estudios realizados en macrofauna terrestre en otras regiones paramunas de Colombia se ha registrado una mayor densidad de la macrofauna asociada con la cobertura de los bosques (Smithers *et al.* 2001, Pickett 2001, Cerón *et al.* 2008).

Así mismo, se ha encontrado en diversos estudios que existe un predominio de ácaros oribátidos en la hojarasca, en contraste con una baja densidad de colémbolos para el mismo microhábitat. Esta relación es inversa cuando los microhabitats a considerar son rosetas muertas de *Espeletia*, lo que indica que tanto Acarina como Collembola, tienen especies con capacidad de ocupar microhabitats diversos (Amat y Vargas 1991, Oxbrough y Ramsay 2001, Quintero 2010). También se ha encontrado una clara preferencia de hábitat por parte de algunas especies de colémbolos, como el caso de *Harlomillsia oculata*, en el bosque primario; *Heteromurus* sp. en el bosque secundario y *Lepidocyrtus* sp 1 en el cafetal, lo cual hace suponer que estas especies pueden ser utilizadas como un indicador biológico de la calidad del suelo (Smithers y Atkins 2001, Guillén *et al.* 2006).

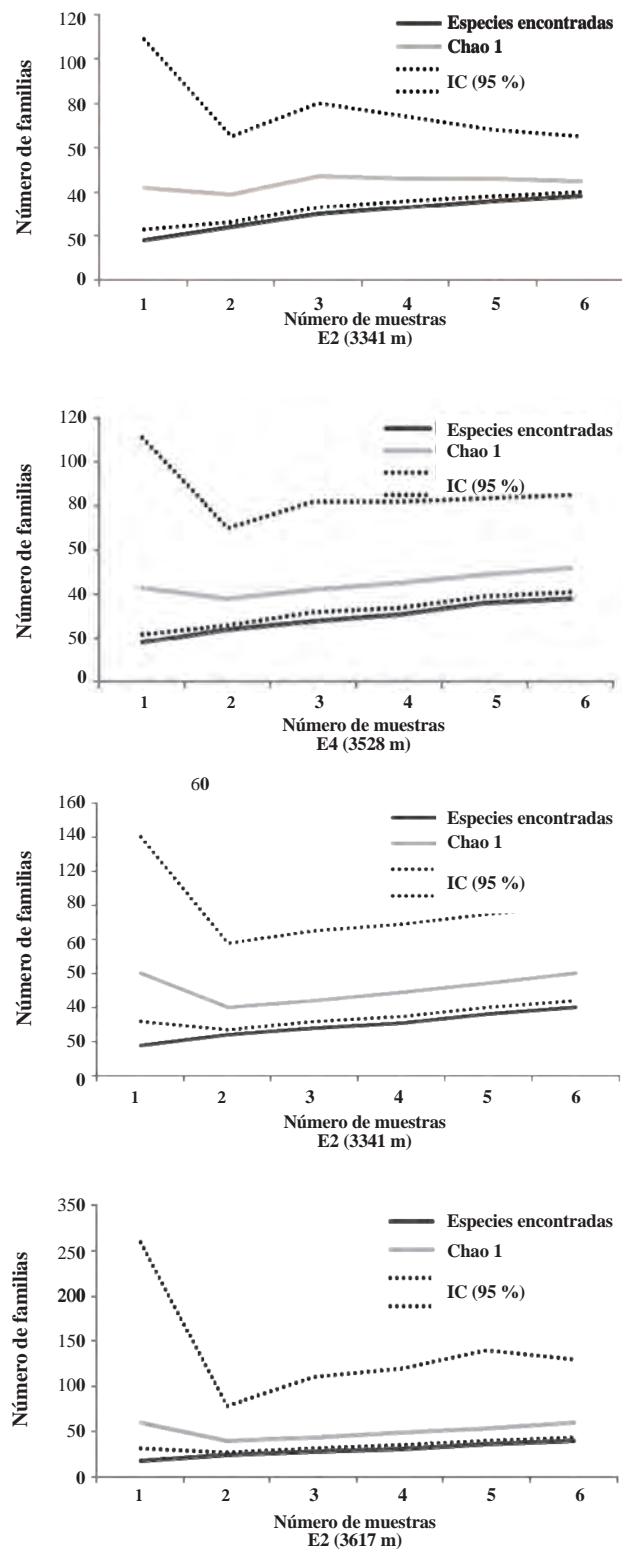


Figura 2. Curvas de acumulación por estación de muestreo de la artropofauna epígea, páramo de Las Nieves-Estambul, Ibagué, Tolima.

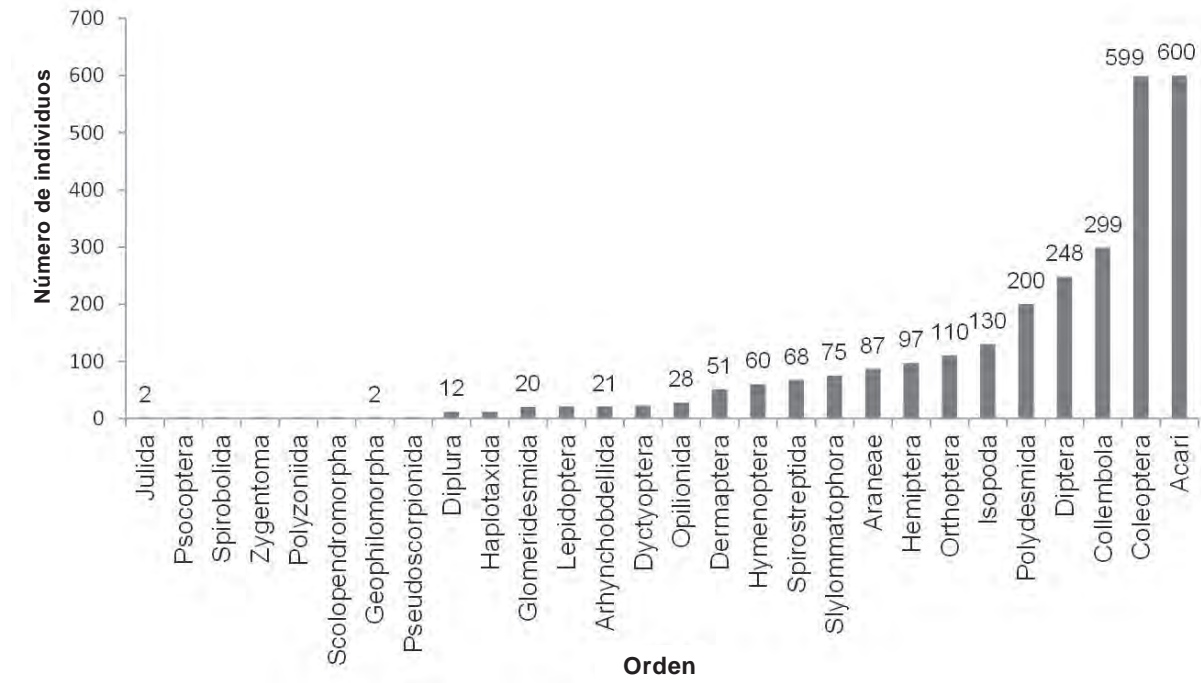


Figura 3. Abundancia de los órdenes registrados de artropofauna epígea, páramo de Las Nieves-Estambul, Ibagué, Tolima.

Por otra parte, con respecto a la abundancia, se encontró un aumento en el número de individuos a medida que se avanzó altitudinalmente en las estaciones (Figura 4). Estudios en páramos y en bosques altoandinos han evidenciado diferencias en la macrofauna a similar altitud (Cerón *et al.* 2008). Sin embargo, se ha determinado una posible tendencia al decrecimiento en número de individuos de fauna epígea a medida que se asciende altitudinalmente en la transición bosque altoandino-páramo (Rangel y Sturm 1994).

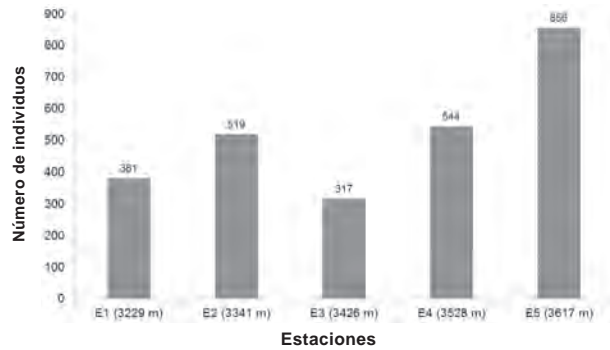


Figura 4. Abundancia por estación de muestreo de la artropofauna epígea, páramo de Las Nieves - Estambul, Ibagué, Tolima.

Dicha diferencia puede obedecer principalmente a un aumento en la abundancia de ácaros; sin embargo, no es extraño que en la composición y estructura de la fauna edáfica de ecosistemas tropicales, los ácaros se constituyan como uno de los microartropodos edáficos numéricamente predominantes y que contribuyen activamente a la descomposición de los residuos vegetales, estimulando la actividad bacteriana y fúngica, y acelerando los procesos de mineralización y humificación del suelo (Andrés y Pérez 2004).

De los órdenes registrados, los que evidenciaron mayor abundancia y diversidad de familias fueron Coleoptera, Collembola y Diptera, especialmente Curculionidae, Entomobryidae y Phoridae, respectivamente, mientras que los demás órdenes (Hymenoptera, Isopoda y los de la subclase Myriapoda) registraron las menores abundancia y diversidad de familias.

La abundancia de Coleoptera es usual en ambientes tropicales debido a la compleja estructura de la vegetación y por las condiciones microclimáticas que estos hábitats proporcionan a las diferentes familias

registradas (Álvarez-Duarte y Barrera-Cataño 2007). Por otra parte, los colémbolos por su diversidad y abundancia, son un elemento muy importante en la formación y fertilidad de suelos, y el reciclaje de nutrientes (Galindo y Pabón 1985, Ospina *et al.* 2009, Gómez-Anaya *et al.* 2010). Así mismo, se ha registrado que la fauna de dípteros es común en ecosistemas tropicales de los Andes, particularmente se encuentran en abundancias importantes en los horizontes superficiales del suelo (Gómez 2011).

Índice de abundancia relativa e intervalos de abundancia

De acuerdo con el índice de abundancia relativa, las familias Curculionidae, Staphylinidae, Monotomidae (Coleoptera), Entomobryidae (Collembola), Phoridae (Diptera) y Pyrgodesmidae (Myriapoda), fueron las que registraron la mayor frecuencia de detección ($>0,8$), lo cual permite considerar que éstas se distribuyen ampliamente a lo largo del rango altitudinal evaluado (3200 - 3600 m s.n.m.) (Anexo 1).

Así mismo, se determinaron cuatro intervalos de abundancia (abundante, común, poco común, escasa), según los criterios descritos en Villareal *et al.* (2006). Para el páramo de Estambul cada intervalo se obtuvo por la diferencia entre el valor más alto registrado por familia y el menor en la distribución de datos correspondiente, siendo 42 el mayor y 1 el menor, dando una diferencia de 10 unidades entre rangos. Por lo anterior, se consideran especies escasas aquellas cuyo número de individuos se localizan entre 1-11, poco común (12-21), común (22-31) y abundante (32-41) (Anexo 1).

Diversidad alfa

La riqueza absoluta de familias fue mayor en la Estación E4 ($q_1=42,18$), mientras que la E5 ($q_1=27,7$) mostró los menores valores, así mismo se registró un mayor número de familias en E4 ($q_2=35,97$) que dominan en el ensamblaje (Figura 5).

Lo anterior puede ser una respuesta de las comunidades de la artropofauna, al tipo de hábitat ofertado en la

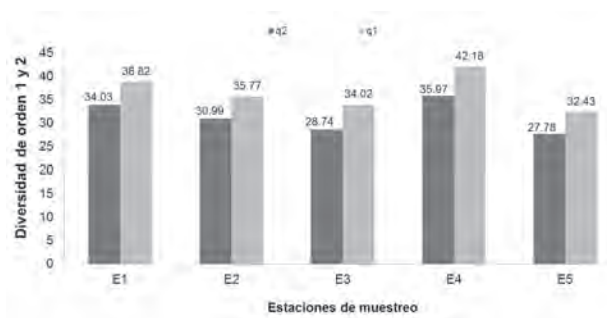


Figura 5. Diversidad y dominancia de familias (N1 y N2) de la artropofauna epígea, páramo de Las Nieves-Estambul, Ibagué, Tolima.

transición entre bosque andino y páramo, registrando una mayor diversidad en las zonas de bosque al tener un potencial mayor de oferta de hojarasca, alimento y protección, en comparación con las zonas propias de páramo donde la oferta se limita a arbustales y pajonales que no favorecen el establecimiento de gran parte de la comunidad edáfica (Cabrera 2012).

Se ha encontrado correlación entre la diversidad de especies vegetales y de macroinvertebrados edáficos. Una mayor diversidad vegetal amplía la gama de recursos disponibles y de hábitats, permitiendo una mayor especialización de las comunidades animales, las cuales aumentan concomitantemente su diversidad. Por lo tanto, las variaciones encontradas en la comunidad de macroinvertebrados edáficos pueden en parte ser explicadas por variaciones en la comunidad vegetal, tanto en un gradiente temporal como en la variación horizontal (Morales y Sarmiento 2002).

Diversidad beta

El dendrograma de agrupamiento de Bray-Curtis permitió evidenciar dos grupos de estaciones. Al primer grupo pertenecen las estaciones E1 y E2 (67 % de similitud), correspondientes a las alturas de 3229 m y 3341 m y a la cobertura bosque alto andino. El segundo grupo le son propias las estaciones E3, E4 (67 %) y E5, correspondientes a las alturas de 3426 m, 3528 m y 3617 m y a las coberturas de bosque alto andino, arbustal y frailejónal-pajónal (herbazal) (Figura 6).

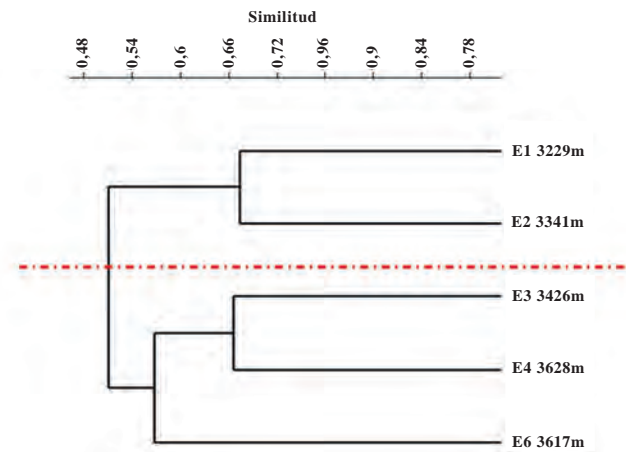


Figura 6. Dendrograma de similitud de Bray-Curtis para las estaciones evaluadas, páramo de Las Nieves-Estambul, Ibagué, Tolima.

De acuerdo con los datos de la composición de la edafofauna epigea en el páramo de Las Nieves - Estambul, la franja de transición entre bosque alto andino y subpáramo corresponde a las alturas comprendidas entre 3300 m y 3400 m s.n.m. Así mismo, esta separación se evidencia a través del estado de conservación del bosque andino (menor intervención antrópica) comparado con el ecosistema de páramo, caracterizado por una mayor proporción de arbustales y pajonales.

Conclusión

La información obtenida en el presente estudio evidencia el registro entre el 81 % - 90 % de las familias esperadas, lo cual indica que se logró un buen muestreo de la edafofauna epigea del páramo y que la biota registrada varía en su composición, abundancia y diversidad.

De otra parte, es importante denotar que a pesar de que se observan variaciones en los valores de riqueza estimada entre las estaciones de muestreo, es necesario tener en cuenta que estos datos corresponden a taxones a nivel de familia, por lo tanto no es conveniente hacer comparaciones entre las estaciones, debido a que los valores de riqueza estimada podrían variar con la determinación a nivel de especie.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Universidad del Tolima. Los autores agradecen al Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima y al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt por el apoyo económico. Al Grupo de Investigación en Zoología y un agradecimiento especial a los biólogos Claudia Paola Beltrán Alfonso, Claudia Lorena Yara Ortiz, Jesús Manuel Vásquez Ramos, Laura Daniela Rojas Sandino, Karol Tatiana Fierro Gutiérrez, Jaime Leonardo Lozano Bravo, Carlos Alberto Guzmán Ruiz, por el trabajo de campo y laboratorio, y al Biólogo Miguel César Moreno por su valiosa colaboración en el desarrollo del proyecto.

Bibliografía

- Adis, J. 2002. Amazonian Arachnida and Myriapoda: Identification keys to all classes, orders, families, some genera and lists of known terrestrial species. *Pensoft Series Faunistica* 24: 457- 458.
- Álvarez-Duarte, A. y J. I. Barrera-Cataño. 2007. Estudio comparativo del ensamblaje de coleópteros en diferentes áreas de la cantera Soratama, localidad de Usaquén, Bogotá. *Universitas Scientiarum* 12 (2): 47-56.
- Amat, G. y O. Vargas. 1991. Caracterización de microhábitats de la artropofauna en páramos del Parque Nacional Natural Chingaza Cundinamarca, Colombia. *Caldasia* 16 (79): 539-550.
- Andrés, M. C. y A. M. Pérez. 2004. Estudio de los ácaros edáficos de un agroecosistema (cafetal) en la estación biológica don Francisco Chaves en Santa Maura, Jinotega. *Gaia* 4 (1): 1-11.
- Ávila, D. y C. Jaramillo. 2011. Primer registro de Oncopoduridae (Collembola: Entomobryomorpha) para Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 37 (1): 157-158.
- Barrientos, J. A. 2004. Curso práctico de Entomología: Asociación Española de Entomología. Alicante. CIBIO. 947 pp.
- Bonilla, D. M. 2005. Estudio de las especies de la clase Liliopsida, subclases Liliidae, Commelinidae, Arecidae, Alismatidae y Aridae presentes en la cuenca del río Combeima. Trabajo de grado. Universidad

- del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Ibagué (Tolima, Colombia). 125 pp.
- Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. *Pastos y Forrajes* 35 (4): 349–363.
- Castaño-Uribe, C. 2002. Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición *hotspot* y *global climatic tensor*. Ministerio del Medio Ambiente, Ideam. Bogota, D. C., Colombia. 387 pp.
- Castaño-Uribe, C. y R. Hofstede. I Congreso Mundial de Páramos. Memorias Tomo II, mayo de 2002. 205 pp.
- Cerón, P., S. Montenegro y E. Noguera. 2008. Macrofauna en suelos de bosque y pajonal de la Reserva Natural Pueblo Viejo, Nariño (Colombia). *Revista Academia Colombiana de Ciencias* 32: 447-453.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica – Nataima). 2009. Informe final estudio de estado actual (EEA) y plan de manejo (PM) de los páramos del departamento del Tolima. Contrato de Cooperación 422 / 08 Cortolima - Corpoica. 273 pp.
- Coto-Alfaro, D. 1998. Estado inmaduros de insectos de los órdenes Coleoptera, Diptera, y Lepidoptera: manual de reconocimiento. Serie técnica. *Manual técnico CATIE* 27: 153.
- Cuesta, F., J. Sevink, L. Llambi y B. DeBievre (Eds.). 2014. Avances en la investigación para la conservación de los páramos andinos. Condesan. 601 pp.
- Curra, J. M. 2003. Expedición a la diversidad florística de la cuenca alta del río Combeima. Subclases: Magnoliidae, Nymphaeidae, Ranunculidae, Caryophyllidae, Hamamedididae, Dilleniidae, Rosidae y Cornidae. Trabajo de grado. Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Ibagué (Tolima, Colombia). 89 pp.
- Galindo, D. y L. Pabón. 1985. Estudio morfo-sistemático de *Collembola* asociado a la materia orgánica de suelos MOR. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, SCIB, Bogotá, Colombia. 89 pp.
- Gómez, M.R. 2011. La importancia de los microorganismos y la edafofauna en los páramos. *Páramos* 92 (1): 42–57.
- Gómez-Anaya, J., J. Palacios-Vargas y G. Castaño-Meneses. 2010. Abundancia de Colémbolos (Hexapoda:Collembola) y parámetros edáficos de una selva baja Caducifolia. *Revista Colombiana de Entomología* 36 (1): 96-105.
- Guzmán, C. 2008. Biodiversidad de colémbolos en un sistema silvopastoril de tres edades de establecimiento multiestrato y un área arrocera del bosque seco tropical, en el municipio de Piedras (Tolima). Trabajo de grado, Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima, Ibagué (Tolima, Colombia). 87 pp.
- Guillén, C., F. Soto-Adames y M. Springer. 2006. Diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30 (2): 7-17.
- Hammer, O., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontología Electrónica* 4 (1): 1-9.
- Hofstede, R., R. Coppus, P. Mena-Vásquez, P. Segarra, J. Wolf y J. Sevink. 2002. El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos* 15 (1): 3-18.
- Jost, L. 2007. Concepts and synthesis emphasizing new ideas to stimulate research in ecology, by the Ecological Society of America. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88 (10): 2427-2439.
- Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey. 179 pp.
- Morales, J. y L. Sarmiento. 2002. Dinámica de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la vegetación en una sucesión secundaria en el páramo venezolano. *Ecotropicos* 15 (1): 99-110.
- Morales, M., J. Otero, T. van der Hammen, A. Torres, C. Cadena, C. Pedraza, N. Rodríguez, C. Franco, J. C. Betancourth, E. Olaya, E. Posada y L. Cárdenas. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 208 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T, Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 pp.
- Moret, P. 2001. The ground beetles of the Chiles area (Coleoptera, Carabidae): a taxonomic and ecological overview. Pp: 125-135. *En: The ecology of volcán Chiles: high-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border*. Plymouth: Pebble & Shell.
- OCW. 2009. Clave para la identificación de familias de crustáceos (Modificada de Bassedas, M. 1947). Clasificación de los Crustáceos. Serie Taxonómica III. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada. Barcelona. 51 pp.
- Ospina, C., F. Serna, M. Peñaranda y S. SernaS. 2003. Colémbolos asociados con cultivos de pastos en tres zonas de vida de Holdridge en Antioquia (Colombia). *Agronomía Colombiana* 21 (3): 129-141.
- Ospina, M., J. Rodríguez y D. C. Peck. 2009. Clave para la identificación de géneros de collembola en agroecosistemas de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 35 (1): 57–61.

- Oxbrough, A y P. Ramsay. 2001. Páramo spiders of volcán Chiles, Ecuador. Pp: 158-168. *En: The ecology of volcán Chiles: high-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border.* Plymouth: Pebble y Shell.
- Pava, D. 2005. Diversidad florística de las subclases Asteridae y Lamiidae de la cuenca alta y media del río Combeima. Trabajo de grado. Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Ibagué (Tolima), Colombia. 95 pp.
- Pérez-Schultheiss, J. 2010. Familias de isópodos terrestres (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) de Chile: sinopsis y clave de identificación. *Boletín de Biodiversidad de Chile* 4: 63-82.
- Pickett, B. 2001. Comparison of terrestrial invertebrate communities in páramo areas with different recent fire histories. Pp: 153-158. *En: The ecology of volcán Chiles: high-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border.* Plymouth: Pebble & Shell.
- Quintero, N. F. A. 2010. Insectos asociados a la necromasa de frailejón (*Espeletia Hartwegiana Cuatrec*) en un páramo de Villamaría (Caldas, Colombia). *Agronomía* 18 (1): 59-68.
- Rangel-Ch., O. y H. Sturm. 1994. Consideraciones sobre la vegetación, la productividad primaria neta y la artrópoda asociada en regiones paramunas de la cordillera Oriental. Pp. 47-70. *En: Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino, cordillera Oriental de Colombia.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, D. C., Colombia.
- Rodríguez, J. P. y F. Rojas- Suarez. 1995. Libro Rojo de la fauna venezolana. Provita. Caracas, Venezuela. 444 pp.
- Rueda-Almonacid, J., J. Lynch y A. Amézquita. 2004. Libro Rojo de anfibios de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales- Universidad Nacional de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 384 pp.
- Smithers, P., P. M. Ramsay, A. N. Bond y M. Burne. 2001. Macro-arthropod communities of the giant rosette plant, *Espeletia pycnophylla* subsp. *Angelensis*. Pp: 169-175. *En: The ecology of volcán Chiles: high-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border.* Plymouth: Pebble & Shell.
- Smithers, P. 2001. A draft key to the spider families of northern Ecuadorian páramos. Pp: 137-143. *En: The ecology of volcán Chiles: high-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border.* Plymouth: Pebble & Shell.
- Smithers, P. y A. Atkins. 2001. Altitudinal variation in páramo invertebrate communities on volcán Chiles, with particular reference to Carabidae (Coleoptera). Pp: 145-151. *En: The ecology of volcán Chiles: high-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border.* Plymouth: Pebble & Shell.
- Torres-Carvajal, O. 2007. Phylogeny and biogeography of a large radiation of Andean lizards (Squamata: *Stenocercus*). *Zoologica Scripta* 36: 311-326.
- Tirira, D. (Ed.). 2011. Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador. 2ª edición. Fundación Mamíferos y Conservación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Publicación especial 8. Quito, Ecuador. 400 pp.
- Vázquez, M. y V. Palacios. 2004. Catálogo de colémbolos (Hexápoda: *Collembola*) de Sian Ka'an. Quintana Roo, México. Universidad de Quintana Roo, Conabio. 123 pp.
- Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Anexo 1. Índice de abundancia relativa a partir de la frecuencia de detección de cada familia y rangos de abundancia de la artrópoda epigea registrada en el páramo de Las Nieves-Estambul, Ibagué, Tolima.

Familia	E1	E2	E3	E4	E5	Frecuencia total	IAR
Agelenidae				1		1	3,33
Anisopodidae				1	3	4	13,33
Anyphaenidae				1	0	1	3,33
Aphelidesmidae			3	0	0	3	10
Ballophilidae		2	0	1	0	3	10
Bathytropidae		2	1	1	1	5	16,67
Brachystomellidae	2	0	0	0	0	2	6,67
Braconidae	0	1	1	1	0	3	10
Carabidae	2	3	2	2	3	12	40

Cont. **Anexo 1.** Índice de abundancia relativa a partir de la frecuencia de detección de cada familia y rangos de abundancia de la artropofauna epigea registrada en el páramo de Las Nieves-Estambul, Ibagué, Tolima.

Familia	E1	E2	E3	E4	E5	Frecuencia total	IAR
Cecidomyiidae	3	2	1	0	1	7	23,33
Chironomidae	0	0	0	2	1	3	10
Cryptodesmidae	0	0	1	2	0	3	10
Cryptopidae	0	0	1	1	0	2	6,67
Culicidae	0	1	0	0	0	1	3,33
Curculionidae	4	6	6	5	5	26	86,67
Cyrtodesmidae	0	2	1	1	5	9	30
Detonidae	0	0	1	1	2	4	13,33
Diapriidae	2	1	2	2	4	11	36,67
Dipluridae	1	0	1	3	0	5	16,67
Dolichopodidae	2	0	1	1	2	6	20
Drosophilidae	0	0	0	0	1	1	3,33
Dryopidae	0	0	1	1	0	2	6,67
Dycirtomidae	2	0	1	0	1	4	13,33
Dytiscidae	2	2	3	5	1	13	43,33
Elateridae	3	0	0	1	0	4	13,33
Empididae	1	1	0	0	0	2	6,67
Entomobryidae	6	6	5	4	6	27	90
Ephydriidae	2	2	2	3	1	10	33,33
Glomeridesmidae	0	3	1	3	1	8	26,67
Gyrinidae	0	1	0	0	0	1	3,33
Haplodesmidae	0	1	0	0	0	1	3,33
Hydrophiidae	2	3	3	4	1	13	43,33
Ichneumonidae	0	2	1	1	1	5	16,67
Isotomidae	1	0	2	1	0	4	13,33
Julidae	0	1	0	0	0	1	3,33
Lauxaniidae	6	3	1	1	0	11	36,67
Limnichidae	1	0	0	0	0	1	3,33
Limoniidae	0	0	0	0	1	1	3,33
Linyphiidae	3	1	2	1	2	9	30
Liocranidae	2	2	1	1	5	11	36,67
Lycosidae	0	0	0	0	3	3	10
Monotomidae	6	6	6	4	4	26	86,67
Muscidae	5	2	0	1	0	8	26,67
Mymaridae	1	0	0	0	0	1	3,33
Neanuridae	4	0	2	2	0	8	26,67
Nitidulidae	4	2	4	3	2	15	50
Odontellidae	1	0	0	1	0	2	6,67
Oniscidae	4	0	3	2	3	12	40
Oniscodesmidae	0	1	0	1	0	2	6,67

Cont. Anexo 1. Índice de abundancia relativa a partir de la frecuencia de detección de cada familia y rangos de abundancia de la artropofauna epigea registrada en el páramo de Las Nieves-Estambul, Ibagué, Tolima.

Familia	E1	E2	E3	E4	E5	Frecuencia total	IAR
Paronellidae	6	3	2	4	5	20	66,67
Philosciidae	3	4	5	4	5	21	70
Pholcidae	2	0	0	1	1	4	13,33
Phoridae	6	6	4	5	3	24	80
Platypodidae	2	4	3	4	0	13	43,33
Polydesmidae	1	5	5	6	4	21	70
Proctotrupidae	1	1	0	0	2	4	13,33
Psychodidae	3	4	3	0	2	12	40
Pyrgodesmidae	4	5	5	6	5	25	83,33
Rachodesmidae	1	0	0	0	0	1	3,33
Salticidae	0	0	0	4	2	6	20
Scarabaeidae	0	0	2	0	1	3	10
Scarabidae	2	2	1	4	0	9	30
Scelionidae	3	2	0	1	0	6	20
Sciaridae	3	6	2	3	1	15	50
Siphonotidae	2	0	0	0	0	2	6,67
Sminthuridae	0	0	0	3	1	4	13,33
Spirostreptidae	5	5	0	0	0	10	33,33
Staphylinidae	6	6	6	5	6	29	96,67
Tabanidae	0	0	0	2	0	2	6,67
Tachinidae	1	0	0	0	0	1	3,33
Tenebrionidae	1	2	1	1	1	6	20
Tetragnathidae	1	0	0	1	0	2	6,67
Theridiidae	4	1	1	0	0	6	20
Tipulidae	0	3	0	1	1	5	16,67
Trigoniulidae	0	1	0	0	0	1	3,33

Gladys Reinoso-Flórez
Grupo de Investigación en Zoología (GIZ). Facultad de Ciencias,
Altos de Santa Elena. Universidad del Tolima.
Ibagué (Tolima), Colombia.
greinoso@ut.edu.co

Francisco Antonio Villa-Navarro
Grupo de Investigación en Zoología (GIZ). Facultad de Ciencias,
Altos de Santa Elena. Universidad del Tolima.
Ibagué (Tolima), Colombia.
favilla@ut.edu.co

Sergio Losada-Prado
Grupo de Investigación en Zoología (GIZ). Facultad de Ciencias,
Altos de Santa Elena. Universidad del Tolima.
Ibagué (Tolima), Colombia.
slosada@ut.edu.co

Artropofauna epigea del páramo Estambul (Tolima),
Colombia

Cítese como: Reinoso-Flórez, G., F. A. Villa-Navarro
y S. Losada-Prado. 2016. Artropofauna epigea del
páramo Estambul (Tolima), Colombia. *Biota Colombiana*
17 (Suplemento 2 - Páramos): 39-51. DOI: 10.21068/
C2016v17s02a03

Recibido: 14 de mayo de 2015
Aprobado: 20 de febrero de 2016

Anuros en los complejos paramunos Los Nevados, Chíli-Barragán y Las Herosas, Andes centrales de Colombia

Anurans of the highland complex Los Nevados, Chíli-Barragán and Las Herosas, Central Andes of Colombia

Wolfgang Buitrago-González, Jorge Hernán López-Guzmán y Fernando Vargas-Salinas

Resumen

Se presentan los resultados de una caracterización rápida de anuros en ocho localidades de los complejos paramunos de Los Nevados, Chíli-Barragán y Las Herosas, ubicados en los departamentos de Quindío, Valle del Cauca y Tolima, cordillera Central de Colombia. Se registraron 263 individuos pertenecientes a 11 especies de anuros de las familias Craugastoridae y Bufonidae. La riqueza local fue pobre (3-5 especies) pero la mayoría de especies (8/11) son endémicas para Colombia y al menos dos (*Osornophryne percrassa* y *Pristimantis simoteriscus*) están catalogadas con algún riesgo de amenaza. La mayoría de especies son de actividad nocturna-arbórea y reproducción terrestre; se amplía el rango de distribución conocido para tres especies (*Pristimantis simoterus*, *Pristimantis obmutescens*, *Pristimantis vicarius*). Además, se presenta un compendio actualizado de los anuros registrados en el ecosistema de páramo en Colombia. Estos registros contribuyen con información básica sobre la presencia actual de especies en estos ecosistemas y aportan a una línea base para el establecimiento de eventuales planes de monitoreo.

Palabras clave. Amphibia. Anura. Biodiversidad. Páramos. Ranas.

Abstract

We show the results of a rapid characterization of anurans at the highland complex Los Nevados, Chíli-Barragán and Las Herosas, which are located in the Central Andes of the departments of Quindío, Tolima and Valle del Cauca, Colombia. We registered 263 individuals belonging to 11 species of the families Craugastoridae and Bufonidae. Local richness is low (3-5 species), but most species (8/11) are endemic to Colombia and at least two (*Osornophryne percrassa* and *Pristimantis simoteriscus*) are listed with some risk of threat. Most species exhibit nocturnal-arboreal and ground-breeding behavior; the known distribution range for three species is expanded (*Pristimantis simoterus*, *Pristimantis obmutescens*, *Pristimantis vicarius*). We also present an updated list of anuran species recorded at the páramo ecosystem on Colombia. We hope that our records help with basic information about the actual presence of species in this ecosystem and provide a baseline for the eventual establishment of monitoring plans.

Key words. Amphibia. Anura. Biodiversity. Frogs. Highlands.

Introducción

Colombia, con aproximadamente 2.906.137 ha de páramos, es uno de los países con mayor extensión y diversidad biótica asociada a este tipo de ecosistema (Sarmiento *et al.* 2013). El clima de los páramos en Colombia está caracterizado por ciclos de altísima radiación solar y momentos muy nublados donde la luminosidad que llega al suelo es mínima (Rangel-Ch. 2000a). Esto influye en la temperatura de los páramos y hace que fluctúe ampliamente en el día, variando entre los 10 °C y 0 °C, o incluso menos (Rivera-Ospina 2001, Cleef 2013). En cuanto a la precipitación, los páramos pueden clasificarse desde secos cuando su precipitación anual promedio oscila entre 600 y 990 mm/año, hasta pluviales con más de 4000 mm/año (Rangel-Ch. 2000b, 2007). Se pueden dar variaciones espaciales en pluviosidad dentro de un mismo complejo de páramo, por ejemplo, en áreas de transición con bosques altoandinos la precipitación promedio puede ser de 1700 mm/año, mientras que en áreas de mayor altitud (superpáramo) el promedio anual oscila los 1230 mm/año (Aguilar y Rangel Ch. 1996, Rangel-Ch. 2000b, Arellano-P. *et al.* 2007). Otro aspecto sobresaliente de los páramos es que sus suelos están cubiertos de una espesa capa de materia orgánica pero son pobres en nutrientes; esto obedece a que los procesos de descomposición son muy lentos dada las bajas temperaturas que predominan en este ecosistema (Gómez *et al.* 1999, Rangel-Ch. 2000a).

Todo lo anterior hace que las condiciones del ambiente físico predominante en el páramo sean adversas, y por lo tanto la fauna en ellos sea relativamente pobre en términos de riqueza de especies. No obstante, algunas especies son características de páramo, y dada la susceptibilidad de dichos ecosistemas a perturbaciones de índole local o global (Vargas 2013, Benavides 2013), se requiere conocer su diversidad y monitorear el estado de las poblaciones de fauna en ellos. Los anuros (ranas y sapos) son organismos altamente dependientes de las condiciones físicas y climáticas del sitio en que viven; esta dependencia es particularmente alta en estos vertebrados dado su tamaño corporal relativamente pequeño, la baja capacidad de dispersión de la mayoría de sus especies y su condición ectotérmica (Duellman y Trueb 1986).

Por estas razones, los anuros pueden ser uno de los grupos faunísticos que más información ofrezca acerca del estado de conservación de los páramos y los procesos antropogénicos que afecten su extensión y funcionalidad ecológica.

Una revisión de la fauna de anfibios presentes en los ecosistemas de páramo en Colombia fue realizada por Ardila y Acosta (2000). Con base en registros propios, especímenes en colecciones biológicas e información dispersa en literatura, dichos autores concluyen que la fauna de anuros en los páramos de Colombia alcanza una riqueza de hasta 87 especies. No obstante, Lynch y Suárez-Mayorga (2002) realizan un nuevo análisis y argumentan que la mayoría de especies citadas por Ardila y Acosta (2000) no son estrictamente del ecosistema paramuno, sino más bien especies de bosques andinos que pueden establecerse en áreas de páramo, favorecidas parcialmente por perturbación antropogénica. Posterior a estas dos revisiones, varios autores han descrito nuevas especies de anuros que viven en páramo, o han realizado registros que expanden la distribución altitudinal de especies no observadas previamente en este ecosistema (p. e. Rueda-Solano y Vargas-Salinas 2010a, b; Perdomo-Castillo y Mueses-Cisneros 2009; Guarnizo *et al.* 2012, Rymel-Acosta 2015b).

No todas las especies registradas en páramo cumplen la clasificación de especies típicas paramunas sugerido por Lynch y Suárez-Mayorga (2002); es decir, no son endémicas de páramo o con la mayoría de registros en áreas paramunas; por el contrario, son especies de bosques andinos que pueden establecer poblaciones en el ecosistema de páramo. Lynch y Suárez-Mayorga (2002) también incluyen un criterio de modos reproductivos (p. e. huevos en quebradas o en sitios terrestres) y relaciones filogenéticas para complementar su análisis y selección de especies típicas paramunas y no paramunas. En el presente manuscrito se presentan los resultados de muestreos realizados en los complejos de páramo Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Hermosas, localizados en la cordillera Central de Colombia en los departamentos del Quindío, Valle del Cauca y Tolima. Para estos complejos paramunos se ha mencionado la

presencia de hasta 18, 13 y 10 especies de anuros, respectivamente (*Atelopus simulatus*, *Osornophryne percrassa*, *Centrolene buckleyi*, *Nymphargus garciae*, *Hypodactylus latens*, *Niceforonia adenobrachia*, *Pristimantis alalocophus*, *Pristimantis boulengeri*, *Pristimantis buckleyi*, *Pristimantis peraticus*, *Pristimantis permixtus*, *Pristimantis piceus*, *Pristimantis racemus*, *Pristimantis scopaeus*, *Pristimantis simoteriscus*, *Pristimantis simoterus*, *Pristimantis supernatis*, *Pristimantis uranobates*, *Pristimantis w-nigrum*, *Hyloscirtus larinopygion*; Ardila y Acosta 2000; Andrés R. Acosta-Galvis comunicación personal). No obstante, Lynch y Suárez-Mayorga (2002) mencionan falta de registros comprobados en páramo para algunas de dichas especies (e.g. *Atelopus simulatus*, *Hyloscirtus larinopygion*, ver Bernal 2005 y Rivera-Correa y Faivovich 2013). Dada esta dualidad de puntos de vista sobre los anuros en estos complejos

paramunos, son necesarios más estudios. Como un aporte adicional de nuestro estudio, se realiza una compilación actualizada de los registros publicados sobre la fauna de anuros registrada en los páramos de Colombia.

Material y métodos

Área de estudio

Este estudio abarcó tres complejos de páramo localizados en la cordillera Central de Colombia: Los Nevados, Chili-Barragán y Las Hermosas. Los muestreos estuvieron limitados a localidades ubicadas principalmente en la vertiente occidental de la cordillera Central (excepto la localidad Rioblanco en el complejo Las Hermosas) en los departamentos de Quindío, Valle del Cauca y Tolima (Figura 1).

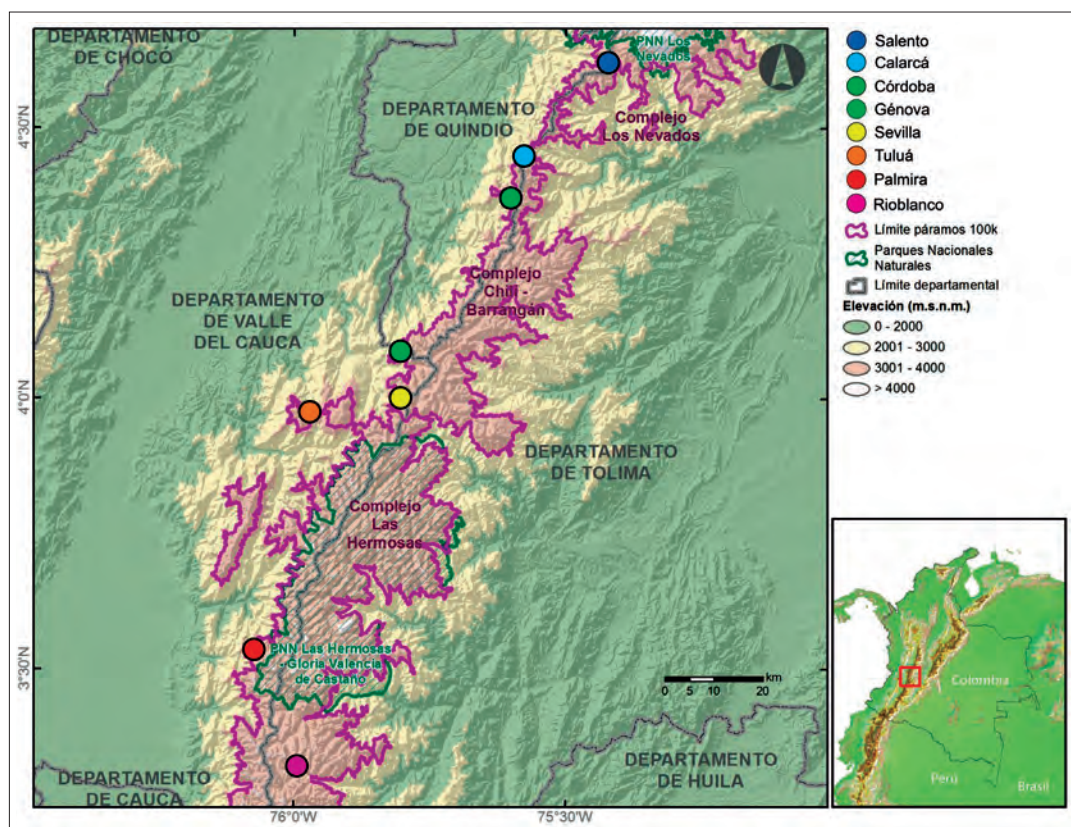


Figura 1. Ubicación geográfica de los complejos paramunos Los Nevados, Chili-Barragán y Las Hermosas en la cordillera Central, en los departamentos del Quindío, Valle del Cauca y Tolima, Colombia. Los puntos hacen referencia a las ocho localidades de muestreo en el presente estudio. Adaptación de mapa elaborado por Carlos Andrés Ríos Franco.

El complejo Los Nevados tiene una extensión de 146.027 ha entre los 3550 y los 5280 m s.n.m. donde predominan nevados; está ubicado en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Tolima; en las partes más altas exhibe una temperatura entre 2,4 y 3 °C; el régimen de lluvias es bimodal con periodos de mayor precipitación entre marzo-mayo y octubre-diciembre (UAESPNN 2005, Sarmiento *et al.* 2013). El complejo Chilí-Barragán, con un área de 80.708 ha, está ubicado entre los 3400 y 4040 m s.n.m. en los departamentos de Quindío, Tolima y Valle del Cauca (Morales *et al.* 2007, Sarmiento *et al.* 2013). La temperatura media en este complejo es cercana a los 6 °C y el patrón de precipitación es bimodal hacia su parte norte pero tiende a ser monomodal hacia el sur; la precipitación promedio varía entre 1500 y 2000 mm/año (CVC 2005). El complejo de páramo Las Herosas tiene una extensión de 208.011 ha y está localizado entre los 3200 y 4200 m s.n.m; se distribuyen principalmente entre los departamentos del Tolima y Valle del Cauca, y solo un pequeño porcentaje en el departamento del Cauca (Morales *et al.* 2007, Sarmiento *et al.* 2013). La temperatura en Las Herosas varía entre los 0 y 8 °C mientras que, la precipitación sobrepasa los 2000 mm/año. Información detallada de aspectos físicos, climatológicos y de fauna y flora en estos tres complejos paramunos es recopilada en Rangel-Ch. y Garzón-C. (1995), Rangel-Ch. (2000c), CVC (2005),

Morales *et al.* (2007), Cortés-Duque y Sarmiento (2013) y Sarmiento *et al.* (2013).

Metodología

Entre marzo de 2014 y marzo de 2015 se realizaron diez salidas de campo a ocho localidades de muestreo distribuidas en los tres complejos de páramo mencionados: Los Nevados (una localidad), Chilí-Barragán (cuatro localidades) y Las Herosas (tres localidades) (Figura 1). En cada localidad se establecieron de una a cuatro estaciones de muestreo; para más de una estación, estas estaban separadas entre sí por al menos 80 metros en altitud. El número de estaciones de muestreo por localidad fue determinado por el ancho de la franja altitudinal donde predominara el ecosistema de páramo (i.e. presencia de pajonales, frailejonales y arbustales. Figura 2). Dado que el número de personas muestreando no fue el mismo entre localidades, el esfuerzo de muestreo varió de 42 horas/observador a 224 horas/observador (Tabla 1). Cada estación de muestreo consistió en seis transectos de 50 metros de longitud por cuatro de ancho y separados entre sí por 20 a 50 metros dependiendo de la topografía y accesibilidad en el área; un esquema del diseño de muestreo es resumido en la figura 3.

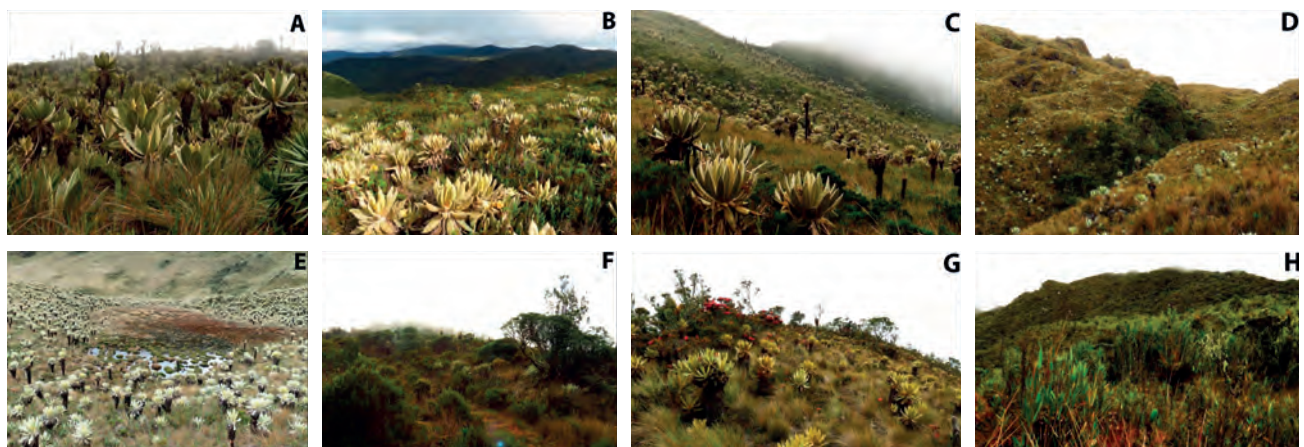


Figura 2. Imágenes de los páramos en cada una de las ocho localidades de muestreo en los tres complejos paramunos incluidos en este estudio. Complejo Los Nevados: A) Salento; B) complejo Chilí-Barragán: Calarcá, C) Córdoba, D) Génova, E) Sevilla, F) Tuluá; G) complejo Las Herosas: Palmira, H) Rioblanco.

Tabla 1. Resumen de las características del muestreo implementado en cada uno de los complejos de páramo y cada una de las localidades de muestreo.

Complejo de Páramos	Localidad	Fecha	Coordenadas	Número de estaciones	Distancia altitudinal entre estaciones (m)	Esfuerzo de muestreo (Horas/observador)	Número de visitas
Los Nevados	Salento	16-27 de marzo 2014	4°37'5,1"N -75°25'19"O	2	80	112	1
	Calarcá	12-22 de mayo 2014	4°26'41,6"N -75°34'33,8"O	3	80	126	1
Chilí-Barragán	Córdoba	12-18 de abril 2014	4°21'59,1"N -75°35'33,3"O	3	100	42	1
	Génova	2-8 de junio 2014	4°5'30,1"N -75°48'4,8"O	3	100	84	1
	Sevilla	25-30 de septiembre 2014	4°0'2,1"N -75°47'52,3"O	2	80	112	1
Las Hermosas	Tuluá	23-31 de octubre 2014 19-27 de noviembre 2014	3°58'30,8"N -75°58'2,9"O	1	-	61	2
	Palmira	4-10 de marzo 2015	3°32'13,4"N -76°4'41,6"O	2	80	63	1
	Rioblanco	8-13 de enero 2015 14-19 de febrero 2015	3°18'58"N -75°59'37,2"O	4	80	224	2

Los muestreos nocturnos se realizaron entre las 18:30 y 22:30 horas y en el día entre las 08:00 y 12:00 horas o entre las 13:00 y 17:00 horas. En la localidad de Córdoba (Complejo Chilí-Barragán) no se realizaron muestreos nocturnos. Cada transecto se muestreó durante 50 minutos en la noche y en el día. Los muestreos consistieron en la exploración de los microhábitats disponibles para anuros; por ejemplo, bajo y sobre troncos caídos, arbustos y hojarasca, en colchones de hepáticas y bajo, entre y sobre necromasa de frailejones. Adicionalmente, se utilizó la técnica de encuentro visual aleatorio (Crump y Scott 1994); es decir, recorridos aleatorios para registrar el mayor número posible de especies en microhábitats que pudieron no estar representados dentro de los transectos (p. e. pozos y quebradas). Estos recorridos fuera del área de los transectos duraron una hora en la noche y una hora en el día. En

total, se invirtió un esfuerzo de muestreo equivalente a 590 horas/observador en los transectos y 234 horas/observador fuera del área abarcada en los transectos.

A cada individuo capturado se le registró la fecha y hora de observación, tamaño corporal (longitud rostro-cloaca, LRC), peso, sexo y/o categoría de edad (juvenil, adulto) y la actividad del animal en el momento de registro (saltando, cantando, en amplexus, en reposo). Se registraron los datos sugeridos por Crump y Scott (1994) para la caracterización del microhábitat: ubicación respecto a cuerpos de agua, posición vertical o altura de percha, tipo de sustrato en que se encuentran. Los individuos observados se identificaron en campo por conocimiento previo, descripción en literatura (Lynch 1980, Lynch 1991, Lynch *et al.* 1996) o su posible presencia en el área (Ruiz-Carranza *et al.* 1996, Ardila y Acosta 2000,

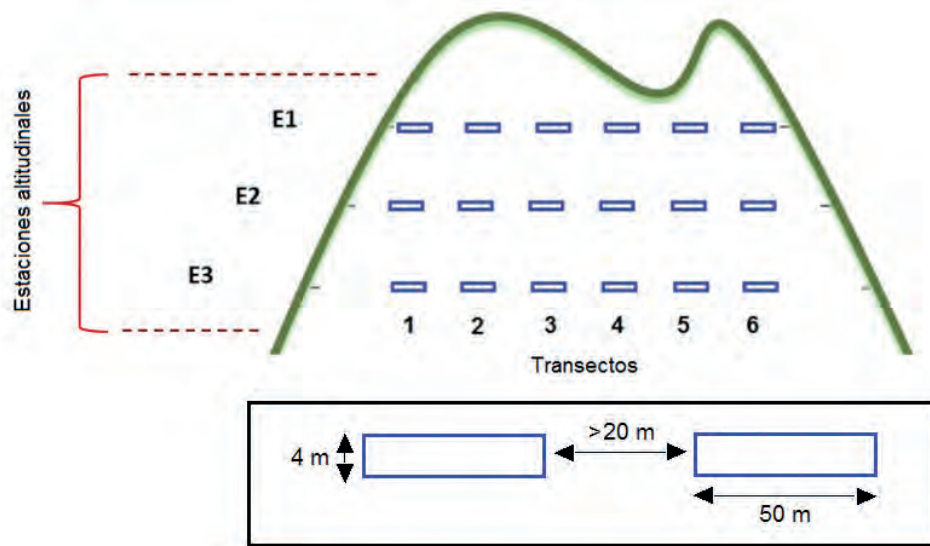


Figura 3. Ejemplo del diseño de muestreo utilizado en este estudio. El número de estaciones varió dependiendo de las condiciones en cada una de las ocho localidades de muestreo (ver texto). Las estaciones de muestreo (E) estuvieron separadas entre sí por 80 - 100 metros de altitud.

Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Bernal *et al.* 2005, Bernal y Lynch 2008). Debido a la complejidad de la identificación taxonómica de individuos juveniles en campo, su asignación a una especie en particular fue con base en algunas características fenotípicas (p. e. morfología de dedos y tubérculos), sin embargo, esta asignación es tentativa y nuestros análisis cuantitativos se basan solo en individuos adultos. Algunos individuos por especie fueron colectados en cada localidad y preparados acorde al protocolo establecido por Cortez *et al.* (2006) para su determinación en laboratorio y posterior donación a las colecciones zoológicas del Instituto Alexander von Humboldt y la colección de Herpetología de la Universidad del Quindío (ver Anexo 1). En los muestreos se siguió el protocolo de bioseguridad planteado por Aguirre y Lampo (2006). El estado de amenaza de las especies fue catalogado con base en Rueda-Almonacid *et al.* (2004) y la IUCN (<http://www.iucnredlist.org/>).

Análisis de datos

Para examinar la efectividad de los muestreos y comparar la riqueza de especies de anuros entre complejos de páramo se realizó un análisis de cobertura de muestreo (*sensu* Chao y Jost 2012) en la plataforma iNEXT (Hsieh *et al.* 2013). Se utilizó

estadística descriptiva para resumir las tendencias generales de tamaños corporales y uso de microhábitat por las especies observadas.

Resultados

Se registraron 263 individuos (200 adultos, 63 juveniles) pertenecientes a 11 especies de anuros en dos familias: Bufonidae y Craugastoridae; al menos dos especies están catalogadas con algún nivel de riesgo en su conservación (Figura 4, Tabla 2). La especie *Pristimantis simoterus* es registrada por primera vez para el departamento del Valle del Cauca; *P. obmutecens* y *P. vicarius* son registradas por primera vez para el departamento del Tolima (Acosta-Galvis 2015a). Acorde a la revisión de literatura, en los páramos de Colombia se han registrado 93 especies de anuros (Anexo 2); de esta riqueza, por lo menos 43 cumplen con la definición de especies paramunas dada por Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

No se observó un patrón que sugiera diferencias en la riqueza y abundancia de individuos registrados en los transectos y los encuentros visuales fuera de ellos; por tal razón, los registros obtenidos con ambas metodologías se unieron acorde a las sugerencias de Colwell *et al.* (2012) para el análisis de cobertura de muestreo.

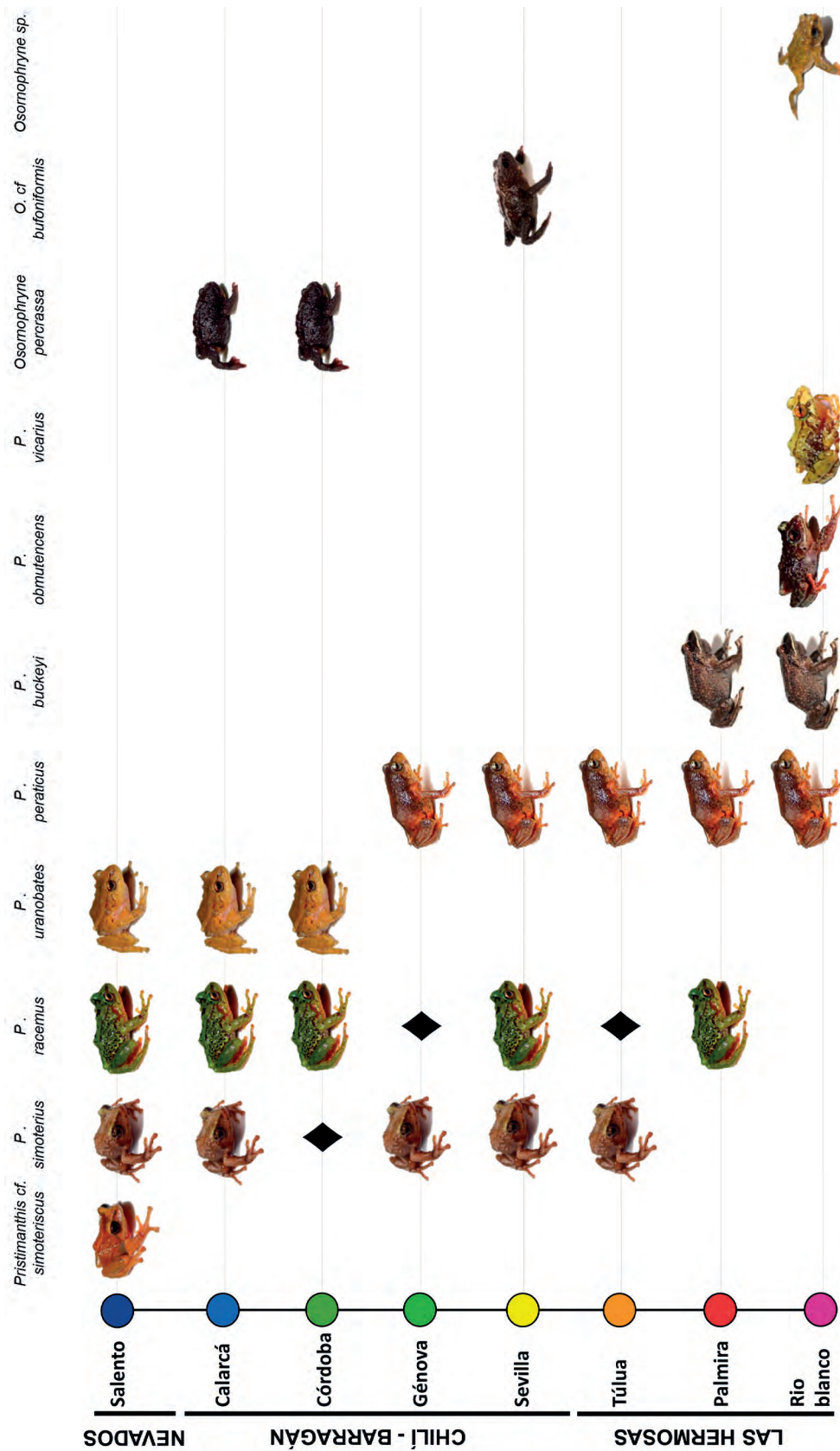


Figura 4. Recambio de especies de anuros entre localidades de muestreo y los complejos paramunos de Los Nevados, Chili-Barragán y Las Hermosas en la cordillera Central, departamentos del Quindío, Valle del Cauca y Tolima, Colombia. Localidades ubicadas de norte (Salento) a sur (Rioblanco). Análisis realizado solo con individuos adultos (ver sección de resultados). Los símbolos de diamante negro denotan la posible presencia de una especie con base en su registro tanto al norte como al sur de la localidad.

Tabla 2. Riqueza y abundancia de anfibios en los complejos paramunos de Los Nevados, Chili-Barragán y Las Hermosas, departamentos del Quindío, Valle del Cauca y Tolima, Colombia. El estado de amenaza es catalogado con base en Rueda-Almonacid *et al.* (2004) y la IUCN (2014). La asignación de juveniles a cada especie (cifra en paréntesis) requiere confirmación (ver texto sección de resultados).

Taxa	Tamaño corporal LRC promedio (rango)	Localidades								Categoría de Amenaza	
		Salento	Calarcá	Córdoba	Génova	Sevilla	Tuluá	Palмира	Rioblanco	Rueda- Almonacid	IUCN
<i>Pristimantis simoternus</i>	29,34 (22,14-39,8)	40 (3)	5	1	24 (5)	22					NT
<i>Pristimantis cf. simoternus</i>	27,97 (25,4-29,7)	6									EN
<i>Pristimantis obmutescens</i>	30,6 (24,53-43)									9 (2)	LC
<i>Pristimantis racemus</i>	32,06 (23,56-42,69)	8	5	7 (4)	11		1				LC
<i>Pristimantis uranobates</i>	23,55 (16,87-29,31)	2 (6)	5 (13)	1 (9)							LC
<i>Pristimantis peraticus</i>	21,41 (15,62-32,5)			4 (3)	2 (3)	2	1 (1)	23 (12)			LC
<i>Pristimantis buckleyi</i>	40,65 (22,07-54,2)						3	6 (1)			LC
<i>Pristimantis vicarius</i>	35,94 (28,96-42,8)								3		NT
<i>Osornophryne percrassa</i>	34,41 (26,66-40,32)		2	1 (1)						VU	EN
<i>Osornophryne cf. bufoniformis</i>	29,63 (19,06-34,87)				2						NT
<i>Osornophryne</i> sp.	24,01 (22-27,12)								4		-

Este análisis de cobertura sugiere que las especies de anuros presentes actualmente en las localidades abarcadas en este estudio fueron incluidas en los registros. La riqueza promedio estimada fue mayor en las localidades de los complejos de Las Herosas y Chilí-Barragán, con seis y siete especies, respectivamente, y menor en la localidad ubicada en Los Nevados con un estimado promedio de cuatro especies (Figura 5). La mayoría de individuos fueron observados en hojarasca o vegetación herbácea y arbustiva (Figura 6); en la localidad de Génova (complejo Chilí-Barragán) a diferencia de las otras localidades no se observaron individuos en bromelias y frailejones. Todas las especies, excepto *Osornophryne percrassa* y *Osornophryne* sp., se observaron durante la noche en ramas y hojas entre 30 y 162 cm de altura, pero cuando fueron registradas en el día, se encontraron ocultas entre la hojarasca, necromasa de frailejón y vegetación a nivel del suelo (< 30 cm altura).

Discusión

Las 11 especies de anuros que se registran en este estudio constituyen el 55 % de las 20 especies de Anura que estarían presentes en los complejos paramunos de

Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Herosas (ver Anexo 2). Los resultados del análisis de cobertura de muestreo sugieren que se han abarcado la mayoría de los anuros presentes en el área de estudio, sin embargo, estos estimados son restringidos a las localidades muestreadas y hacen referencia a las especies susceptibles a ser observadas con la técnica de muestreo utilizada. Dado el corto periodo del muestreo, es factible que especies raras o de actividad poco conspicua no hayan sido observadas. Además, la relación entre área y riqueza de especies (Rosenzweig 1995) sugiere que con más localidades de muestreo en cada uno de los complejos de páramo, aumentará el número de especies registradas. De hecho, dicha relación área-riqueza explicaría por qué la riqueza estimada para el complejo Los Nevados (solo una localidad muestreada) fue menor que la estimada para los otros dos complejos. No obstante, a pesar de las restricciones espaciales y temporales del muestreo, los registros obtenidos son acorde a los patrones de diversidad propuestos previamente para la fauna de anuros en páramos de Colombia (Lynch y Suárez-Mayorga 2002); es decir, algunas especies son exclusivas de páramo y un componente importante de la riqueza y composición de sus ensamblajes está determinado por las especies de bosques andinos adyacentes.

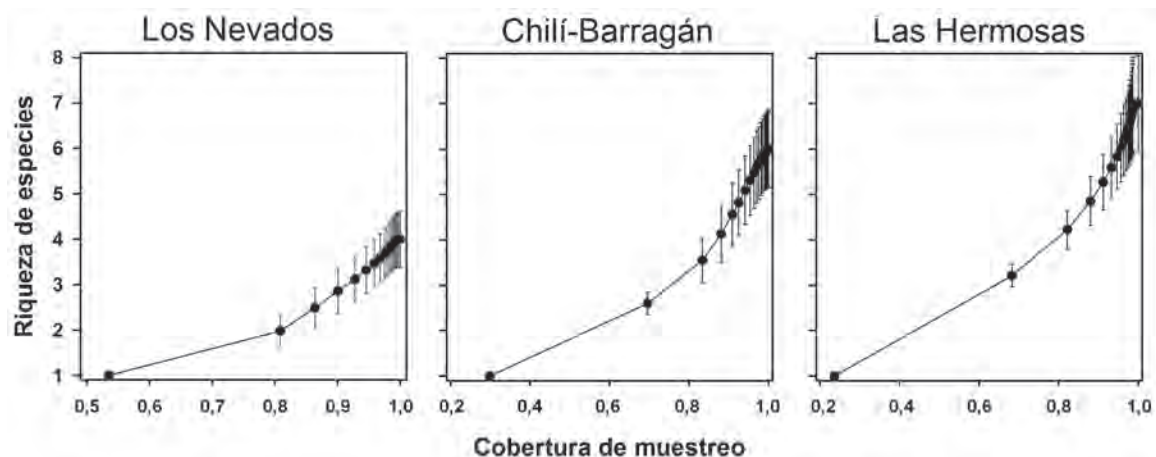


Figura 5. Análisis de cobertura de muestreo para los complejos paramunos de Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Herosas en la cordillera Central, departamentos del Quindío, Valle del Cauca y Tolima, Colombia. Análisis realizado solo con individuos adultos (ver sección de resultados). Las barras verticales corresponden a límites de intervalos de confianza del 95 % para los estimados de riqueza de especie acorde al nivel de cobertura de muestreo.

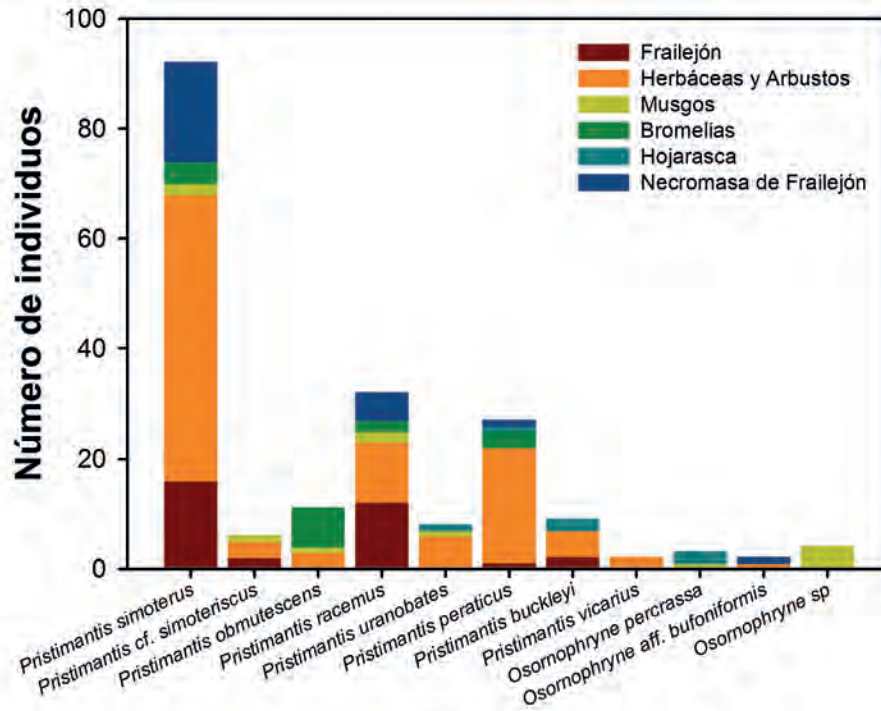


Figura 6. Microhábitat utilizado por las especies de anuros observados en los complejos paramunos Los Nevados, Chili-Barragán y Las Herosas en la cordillera Central, en los departamentos del Quindío, Valle del Cauca y Tolima, Colombia. Análisis realizado solo con individuos adultos (ver sección de resultados).

Es de esperar que no todas las especies de anuros en bosques andinos de Colombia (Bernal y Lynch 2008, Acosta-Galvis 2015a) estén representadas en el ecosistema páramo, pues las condiciones de este último son adversas para la mayoría de especies. A este respecto, Navas (2002, 2005) menciona que la temperatura y la radiación solar, entre otros aspectos abióticos, son factores que restringen la colonización de tierras altas por un mayor número de especies de anuros, ya que afectan su desarrollo embrionario. Lynch y Suárez-Mayorga (2002) concluyen que la radiación solar -pero no la temperatura o la humedad-, es un filtro para el establecimiento de anuros en áreas abiertas de páramo más no en áreas cerradas de bosque, a menos que sean especies con características reproductivas específicas (i.e. posean huevos pigmentados o colocados en microhábitats protegidos). De las especies observadas en este estudio,

la mayoría son del género *Pristimantis*, lo que implica que exhiben reproducción en sustratos terrestres y húmedos (Duellman y Trueb 1986), concordando así con las características de historia natural propuestas por Lynch y Suárez-Mayorga (2002). La ausencia de ranas representando otras familias en los muestreos realizados (p. e. Centrolenidae, Hemiphractidae, Hylidae), puede deberse a razones tales como poca representatividad de dichos linajes en los complejos estudiados (Anexo 2), que son especies de bosques andinos cuya presencia en páramo es poco abundante o restringida a microhábitats específicos, o a que exhiben patrones de actividad que disminuyen su detectabilidad en una caracterización rápida.

El registro de *Pristimantis simoterus* en el Valle del Cauca no solo implica la primera observación de esta especie en dicho departamento, sino el primer

registro en el complejo paramuno de Las Herosas y una extensión de su distribución geográfica en > 60 km lineales hacia el sur de los registros en el municipio de Calarcá, Quindío (espécimen en Museo del Instituto de Ciencias Naturales ICN 9672; ver también Acosta-Galvis 2015a). En cuanto a los registros de *P. obmutecens* y *P. vicarius* en el departamento del Tolima, estos no implican nuevos registros para el complejo paramuno de Las Herosas, pero sí incrementan el rango de distribución conocido para estas especies en > 20 km hacia el norte desde el páramo de Santo Domingo, municipio de Páez, departamento del Cauca (*P. obmutecens*: ICN 6570, 6654, 6880; *P. vicarius*: ICN 6703, 6716, 6717; ver también registros para ambas especies en Acosta-Galvis 2015a). Estas ampliaciones de rango geográfico son importantes en especies de distribución restringida como lo son muchos anuros andinos (Lynch *et al.* 1997, 1999). Respecto a los registros de microhábitat realizados en este estudio, se cree que el uso de sustratos vegetales por parte de las especies es un reflejo de la disponibilidad de estos en las localidades de muestreo y no necesariamente una preferencia en particular; sin embargo, este uso está condicionado a la historia evolutiva de las especies. Las ranas del género *Pristimantis* generalmente exhiben capacidad arbórea, por lo cual es de esperar su registro en arbustos, vegetación herbácea, bromelias y frailejones; las especies del género *Osornophryne* por el contrario, estuvieron confinadas a nivel del suelo entre hojarasca y sustratos vegetales (Lynch y Duellman 1997, Mueses-Cisneros 2003). Lo anterior sugiere que la remoción de la cobertura vegetal en los páramos para el establecimiento de actividades pecuarias reduciría la disponibilidad de microhábitats para la diversidad de anuros presentes en estos ecosistemas.

Un recambio latitudinal de especies en una misma franja altitudinal ha sido un patrón recurrente en anuros de los Andes en Colombia y Ecuador (Lynch *et al.* 1997, Lynch y Duellman 1997, Lynch 1999, Bernal y Lynch 2008) y es aparente entre complejos de páramo en Colombia, especialmente para los páramos de la cordillera Occidental que son pequeños y aislados entre sí en comparación con los presentes en las cordilleras Central y Oriental (Lynch y Suárez-Mayorga 2002). Evaluar este recambio a

la escala de este estudio requiere un muestreo más amplio en espacio y tiempo, ya que caracterizaciones rápidas como esta son susceptibles de sobreestimar la diversidad beta (Kattan *et al.* 2006). Por otro lado, es necesario examinar si la poca diversidad taxonómica de anuros en páramos con respecto a la presente en los ecosistemas adyacentes está correlacionada a una tendencia similar en la diversidad filogenética y funcional; esta hipótesis podría ser evaluada con numerosos índices diseñados para ello (Wehier 2011, Vellend *et al.* 2011, Fritz y Rahbek 2012, Chao *et al.* 2014), pero aún se carece de información sobre rasgos funcionales y la relación filogenética para muchas especies en Colombia.

Se espera que estos resultados contribuyan con información básica, pero actualizada, sobre historia natural y presencia de especies de anuros en los complejos paramunos de Los Nevados, Cholí-Barragán y Las Herosas, lo cual es importante teniendo en cuenta la susceptibilidad de estos vertebrados a enfermedades emergentes, deforestación y cambio climático (La Marca *et al.* 2005, Lips *et al.* 2005, Crawford *et al.* 2010). Estos resultados, junto a los registros históricos por localidad y a los datos obtenidos por numerosos investigadores que actualmente trabajan en diversos complejos paramunos de Colombia, podrán servir como línea base para monitoreo de anuros en este ecosistema. Finalmente, la riqueza de especies registradas en los páramos de Colombia muy probablemente se incrementará a medida que nuevos estudios sean realizados en este ecosistema y se aclare el estatus taxonómico de algunos linajes. Por ejemplo, esta recopilación no incluye especies que han sido reportadas en páramos de Ecuador y Venezuela, y que probablemente estén presentes en Colombia, o especímenes de museo que aparentemente corresponden a especies indescritas (p. e. *Osornophryne angel*; *Osornophryne* sp., Yáñez-Muñoz *et al.* 2010; *Pristimantis* spp, Mauricio Rivera-Correa comunicación personal).

Agradecimientos

Este estudio fue realizado en el marco del proyecto “Aportes técnicos y científicos a la delimitación de ecosistemas estratégicos” bajo el convenio 14-13-

014-031CE de 2014, entre el Instituto Alexander von Humboldt y la Fundación Ecológica Las Mellizas. Agradecemos a Diana M. Sánchez-Bellaizá, Carlos A. Londoño-Guarnizo, Carlos M. Gómez-López, Edilberto Quintero, Valentina Rubio y Cristian González por su apoyo en el levantamiento de información de campo; a Gustavo González Durán y Wilmar Bolívar por compartir su conocimiento taxonómico para la identificación de los anuros de estos ecosistemas. Un especial agradecimiento al equipo de trabajo del componente biótico, social y administrativo de la Fundación Ecológica las Mellizas, a Jhonattan Vanegas-Guerrero por su asesoramiento en ArcGis, a P. D. A. Gutiérrez-Cárdenas por su ayuda con literatura relacionada a nuestro estudio, a Carlos M. Gómez-López por la revisión de textos y a Mauricio Rivera-Correa por facilitar el acceso a la Colección Herpetológica de la Universidad de Antioquia (MHUA-A) y confirmar la identificación de nuevos registros en páramos del departamento de Antioquia. Igualmente, expresamos nuestra gratitud a las familias de lugareños por su hospitalidad en el área de estudio, y a Germán Darío Gómez por su contribución en la logística para las salidas de campo. Versiones previas de este manuscrito fueron sustancialmente mejoradas por los aportes de los evaluadores.

Bibliografía

- Acevedo, A. A., K. L. Silva, R. Franco y D. J. Lizcano. 2011. Distribución, historia natural y conservación de una rana marsupial poco conocida, *Gastrotheca helenae* (Anura: Hemiphraetidae), en el Parque Nacional Natural Tamá, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural* 15: 68-74.
- Acevedo, A. A., R. Franco y D. A. Carrero. 2016. Diversity of Andean amphibians of the Tamá National Natural Park in Colombia: a survey for the presence of *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Animal Biodiversity and Conservation* 39: 1-10.
- Acosta-Galvis, A. 2015a. Lista de los anfibios de Colombia: referencia en línea V.05.2015.0 (revisada en Agosto 15 de 2015). <http://www.batrachia.com>; Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.
- Acosta-Galvis, A. R. 2015b. Una nueva especie del género *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) del complejo de páramos Merchán-Iguaque (Boyacá, Colombia). *Biota Colombiana* 16 (2): 107-127.
- Acosta-Galvis, A. y J. V. Rueda-Almonacid. 2004. Sapo arlequín esmeralda, *Atelopus muisca*. Pp: 128-131. *En: Rueda-Almonacid J. V., J. D. Lynch y A. Amézquita (Eds.). Libro Rojo de los Anfibios de Colombia. Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá Colombia.*
- Aguilar-P, M. y J. O. Rangel-Ch. 1996. Clima de alta montaña en Colombia. El páramo, ecosistema a proteger. Serie montañas tropiandinas. *Fundación Ecosistemas Andinos. ECOAN 2: 73-129.*
- Aguirre, A. A. y M. Lampo. 2006. Protocolo de bioseguridad y cuarentena para prevenir la transmisión de enfermedades en anfibios. Pp: 73-91. *En: Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (Eds.). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Serie manuales de campo. Conservación Internacional, Bogotá D. C., Colombia.*
- Anganoy-Criollo, M. 2013. Tadpoles of the high-Andean *Hyloxalus subpunctatus* (Anura: Dendrobatidae) with description of larval variation and species distinction by larval morphology. *Papeis Avulsos de Zoologia* 53: 211-224.
- Ardila-Robayo, M. C. y M. Osorno. 2005. Arlequín de Carpanta, *Atelopus mandingues*. Pp: 86. *En: Rueda-Almonacid J. V., J. V. Rodríguez-Mahecha, E. La Marca, S. Lötters, T. Kahn y A. Angulo (Eds.) Ranas Arlequines. Conservación Internacional Series libretas de Campo. Conservación internacional Colombia, Bogotá Colombia.*
- Ardila, M. C. y A. R. Acosta. 2000. Anfibios. Pp: 617-628. *En: Rangel-Ch., J. O., (Ed). La región de vida paramuna. Colombia Diversidad Biótica III. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, D. C., Colombia.*
- Ardila-Robayo, M. C., P. M. Ruiz-Carranza y M. Barrera-Rodríguez. 1996. Una nueva especie de *Phrynopus* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) de la cordillera Central colombiana. *Lozania* 67: 1-10.
- Arellano-P., H., J. O. Rangel-Ch. y A. M. García-M. 2007. Clima y Topoclima. Pp: 19-41. *En: Rangel-Ch., J. O., (Ed.). Colombia Diversidad Biótica V. La alta montaña de la Serranía de Perijá. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales (ICN), Bogotá D. C., Colombia.*
- Armesto, L. O., E. Quilique y F. J. M. Rojas-Runjaic. 2015. New locality records and geographic distribution map of *Dendropsophus meridensis* (Rivero, 1961) (Anura: Hylidae) in the Andes of Venezuela. *Check List* 11: 1-5.
- Avilán, P. y J. M. Hoyos. 2006. Osteología de *Eleutherodactylus bogotensis* (Amphibia, Anura,

- Leptodactylidae) del Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 28: 89-109.
- Benavides, J. C. 2013. Perturbaciones en las turberas de páramo: la acción del hombre y el clima. Pp: 81-87. *En: Cortés-Duque J., C. Sarmiento y A. Suárez (Eds.). Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición para la delimitación de páramos.* Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Bernal, M. H. 2005. Arlequín camuflada, *Atelopus simulatus*. Pp: 110. *En: Rueda-Almonacid, J. V., J. V. Rodríguez-Mahecha, E. La Marca, S. Lötters, T. Kahn y A. Angulo (Eds.). Ranas Arlequines.* Conservación Internacional Series libretas de Campo. Conservación Internacional Colombia, Bogotá Colombia.
- Bernal, M. H. y J. D. Lynch. 2008. Review and analysis of altitudinal distribution of the Andean anurans in Colombia. *Zootaxa* 1826: 1-25.
- Bernal, M. H., C. A. Páez y M. A. Vejarano. 2005. Composición y distribución de los anfibios de la cuenca del Río Coello (Tolima), Colombia. *Actualidades Biológicas* 27: 87-92.
- Cadavid, J. G., C. Román-Valencia y A. F. Gómez. 2005. Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes Centrales de Colombia. *Revista del Museo Argentino Ciencias Naturales* 7: 103-118.
- Carvajalino-Fernández, J. M., M. A. Bonilla Gómez y C. A. Navas. 2011. Freezing risk in tropical high-elevation anurans: an assessment based on the Andean frog *Pristimantis nervicus* (Strabomantidae). *South American Journal of Herpetology* 6: 73-78.
- Cepeda, B. y J. V. Rueda. 2005 Arlequín de Nariño, *Atelopus* complejo "ignescens". Pp 135. *En: Rueda-Almonacid, J. V., J. V. Rodríguez-Mahecha, E. La Marca, S. Lötters, T. Kahn y A. Angulo (Eds.). Ranas Arlequines.* Conservación Internacional Series libretas de Campo. Conservación internacional Colombia, Bogotá Colombia.
- Cisneros-Heredia, D. F. y A. G. Gluesenkamp. 2010. A new Andean Toad of the genus *Osornophryne* (Amphibia: Anura: Bufonidae) from northwestern Ecuador, with taxonomic remarks on the genus. *Avances en Ciencias e Ingenierías* 2: B64-B73.
- Cleef, A. M. 2013. Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de la alta montaña colombiana. Pp: 3-21. *En: Cortés-Duque J., C. Sarmiento y A. Suárez (Eds.). Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición para la delimitación de páramos.* Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Coloma, L. A., S. Lötters y A. W. Salas. 2000. Taxonomy of the *Atelopus ignescens* complex (Anura: Bufonidae): designation of a neotype of *Atelopus ignescens* and recognition of *Atelopus exiguus*. *Herpetologica* 56: 303-324.
- Coloma, L. A., W. E. Duellman, A. Almendáriz, S. R. Ron, A. Terán-Valdez y J. M. Guayasamin. 2010. Five new (extinct?) species of *Atelopus* (Anura: Bufonidae) from Andean Colombia, Ecuador, and Peru. *Zootaxa* 2574: 1-54.
- Cortez, C. F., A. M. Suárez-Mayorga y F. J. López-López. 2006. Preparación y preservación de material científico. Pp: 173-220. *En: Angulo, A. J., V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (Eds.). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Serie de manuales de campo.* Conservación Internacional, Bogotá D. C., Colombia.
- Cortés-Duque J. y C. Sarmiento. 2013. Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición para la delimitación de páramos. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.
- Chao, A. y L. Jost. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* 93: 2533-2547.
- Chao, A., C. Chun-Huo y L. Jost. 2014. Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity, and related similarity/differentiation measures through Hill numbers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 45: 297-324.
- Coloma, L. A., D. A. Ortiz y C. Frenkel . 2013. *Hyloxalus pulchellus*. *En: Ron, S. R., J. M. Guayasamin, M. H. Yanez-Muñoz, A. Merino-Viteri, D. A. Ortiz, y D. A. Nicolalde.* 2016. AmphibiaWebEcuador. Versión 2016.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en: <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/anfibios/FichaEspecie.aspx?Id=1249>.
- Colwell, R. K., A. Chao, N. J. Gotelli, S. Y. Lin, C. X. Mao, R. L. Chazdon y J. T. Longino. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5: 3-21.
- Crawford, A. J., K. R. Lips y E. Bermingham. 2010. Epidemic disease decimates amphibian abundance, species diversity, and evolutionary history in the highlands of central Panama. *Proceedings of the Natural Academy of Science* 107: 13777-13782.
- Crump, M. L. y N. J. Scott. 1994. Visual encounter surveys. Pp: 84-92. *En: R. W. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. A. Hayek y M. S. Foster (Eds.). Measuring and Monitoring Biological Diversity.*

- Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- CVC (Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca) 2005. Páramos de las cordilleras Central y Occidental de Colombia. Informe región del grupo de trabajo de páramos, centro-occidente de Colombia – GTP-CO. Dirección técnica ambiental. Santiago de Cali, Colombia. 300 pp.
- Duellman, W. E. 1989. Lista anotada y clave de los sapos marsupiales (Anura: Hylidae: *Gastrotheca*) de Colombia. *Caldasia* 16: 105-111.
- Duellman, W. E. y L. Trueb. 1986. Biology of amphibians. McGraw Hill Book Co, New York, 670 pp.
- Duellman, W. E. y D. M. Hillis. 1987. Marsupial frogs (Anura: Hylidae: *Gastrotheca*) of the Ecuadorian Andes: Resolution of taxonomic problems and phylogenetic relationships. *Herpetologica* 43: 141-173.
- Fritz, S.A. y C. Rahbek. 2012. Global patterns of amphibian phylogenetic diversity. *Journal of Biogeography* 39: 1373-1383.
- Frost, D. R. 2015. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Versión 6.0. Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Gluesenkamp, A. G. y J. M. Guayasamin. 2008. A new species of *Osornophryne* (Anura: Bufonidae) from the Andean highlands of northern Ecuador. *Zootaxa* 1828: 18-28.
- Gómez, H. N., G. W. Vargas, J. D. Lynch y A. E. Arana. 1999. Páramos del departamento del Valle del Cauca, Colombia. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Santiago de Cali.
- González-Durán, G. A. 2016. A new small frog species of the genus *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) from the northern paramos of Colombia. *Zootaxa* 4066 (4): 421-437.
- Guarnizo, C. E., C. Escallón, D. Cannatella y A. Amézquita. 2012. Congruence between acoustic traits and geanological history reveals a new species of *Dendropsophus* (Anura: Hylidae) in the high Andes of Colombia. *Herpetologica* 68: 523-540.
- Guarnizo, C. E. y D. C. Cannatella. 2013. Geographic determinants of gene flow in two sister species of tropical Andean frogs. *Journal of Heredity* 105: 216-225.
- Hernández-Córdoba, O. D., V. E. Cardona-Botero y F. Castro-Herrera. 2014. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Atelopus eusebianus* (Rivero & Granados-Díaz, 1993): distribution extension for Valle del Cauca, Colombia. *Check List* 10: 682-683.
- Hsieh, T. C., K. H. Ma, y A. Chao. 2013. iNEXT online: interpolation and extrapolation (Version 1.3.0) [Software]. Disponible en: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/>.
- Kattan, G. H., P. Franco, C. A. Saavedra-Rodríguez, C. Valderrama, V. Rojas, D. Osorio y J. Martínez. 2006. Spatial components of bird diversity in the Andes of Colombia: Implications for designing a regional reserve system. *Conservation Biology* 20: 1203-1211.
- La Marca, E. y J. M. Renjifo 2005. Arlequín de Tamá, *Atelopus tamaense*. Pp: 114. En: Rueda-Almonacid J. V., J. V. Rodríguez-Mahecha, E. La Marca, S. Lötters, T. Kahn y A. Angulo (Eds.). Ranas Arlequines. Conservación Internacional Serie Libretas de Campo. Conservación Internacional Colombia, Bogotá, D. C., Colombia.
- La Marca, E., K. R. Lips, S. Lötters, R. Puschendorf, R. Ibáñez D, J. V. Rueda-Almonacid, R. Schulte, C. Marty, F. Castro, J. Manzanilla-Puppo, J. E. García-Pérez, F. Bolaños, G. Chavez, J. A. Pounds, C. E. Toral y B. E. Young. 2005. Catastrophic population declines and extinctions in Neotropical arlequin frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica* 37: 190-201.
- Lindquist, E., M. Redmer y E. Brantner. 2012. Annular bone growth in phalanges of five Neotropical harlequin frogs (Anura: Bufonidae: *Atelopus*). *Phyllomedusa* 11: 117-124.
- Lips, K. R., P. A. Burrowes, J. R. Mendelson III y G. Parra-Olea. 2005. Amphibian declines in Latin America: widespread population declines, extinctions, and impacts. *Biotropica* 37: 163-165.
- Lynch, J. D. 1980. New species of *Eleutherodactylus* of Colombia (Amphibia: Leptodactylidae). I: Five new species from the páramos of the cordillera Central. *Caldasia* 13: 165-188.
- Lynch, J. D. 1982. Two new species of poison-dart frogs (*Colostethus*) from Colombia. *Herpetologica* 38: 366-374.
- Lynch, J. D. 1986. Origins of the high Andean herpetological fauna. Pp: 478-499. En: Vuilleumier, F. y M. Monasterio (Eds.). High Altitude Tropical Biology. Oxford University Press, Nueva York.
- Lynch, J. D. 1991. New diminutive *Eleutherodactylus* from the Cordillera Central of Colombia (Amphibia, Leptodactylidae). *Journal of Herpetology* 25: 344-352.
- Lynch, J. D. 1994. A new species of high altitude frog (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 19: 195-203.
- Lynch, J. D. 1995. Three new species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from páramos of the Cordillera Occidental of Colombia. *Journal of Herpetology* 29: 513-521.

- Lynch, J. D. 1999. Ranas pequeñas, la geometría de evolución, y la especiación en los Andes colombianos. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23: 143-159.
- Lynch, J. D. 2001. A small amphibian fauna from a previously unexplored páramo of the Cordillera Occidental in western Colombia. *Journal of Herpetology* 35: 226-231.
- Lynch, J. D. 2004. Rana de lluvia del musgo, *Eleutherodactylus mnionaetes*. Pp: 239-242. En: Rueda-Almonacid J. V., J. D. Lynch y A. Amézquita (Eds.). Libro Rojo de los Anfibios de Colombia. Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá Colombia.
- Lynch J. D. y W. E. Duellman. 1997. Frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in western Ecuador: Systematics, Ecology and Biogeography. *The University of Kansas Natural History Museum* 23: 1-236.
- Lynch J. D. y A. Suárez-Mayorga. 2002. Análisis biogeográfico de los anfibios paramunos. *Caldasia* 24: 471-480.
- Lynch, J. D., P. M. Ruiz-Carranza y M. C. Ardila-Robayo. 1996. "Three new species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from high elevations of the cordillera Central of Colombia. *Caldasia* 18: 329-342.
- Lynch, J. D., P. M. Ruiz-Carranza y M. C. Ardila-Robayo. 1997. Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21: 237-248.
- Medina-Rangel, G. y Y. López-Perilla. 2014. Diversidad de anfibios y reptiles en la alta montaña del suroriente de la sabana de Bogotá, Colombia. *Herpetotropicos* 10: 17-30.
- Méndez-Narváez, J. 2014. Diversidad de anfibios y reptiles en hábitats altoandinos y paramunos de la cuenca del río Fúquene, Cundinamarca, Colombia. *Biota Colombiana* 15: 94-103.
- Morales, M., J. Otero, T. Van der Hammen, A. Torres, C. Cadena, C. Pedraza, N. Rodríguez, C. Franco, J. C. Betancourt, E. Olaya, E. Posada y L. Cárdenas. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 208 pp.
- Moreno-Arias, R. A. y F. Medina-Rangel. 2007. Herpetofauna de alta montaña de Perijá. Pp: 193-201. En: Rangel-Ch., O. J. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica V. La alta montaña de la Serranía de Perijá. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales ICN, Bogotá D. C.
- Mueses-Cisneros, J. J. 2003. El género *Osornophryne* (Amphibia: Bufonidae) en Colombia. *Caldasia* 25: 419-427.
- Mueses-Cisneros, J. J. 2005. Fauna anfibia del Valle de Sibundoy, Putumayo-Colombia. *Caldasia* 27: 229-242.
- Mueses-Cisneros, J. J. e I. V. Perdomo-Castillo. 2009. *Hyloscirtus tigrinus* Mueses-Cisneros y Anganoy-Criollo, 2008: una especie amenazada, con comentarios sobre su distribución geográfica e historia natural. *Herpetotropicos* 5 (2): 93-103.
- Mueses-Cisneros, J. J., I. V. Perdomo-Castillo y B. Cepeda-Quilindo. 2013. A new species of the genus *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) from southwestern Colombia. *Herpetotropicos* 9 (1-2): 37-45.
- Navas, C. A. 2002. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology* 133: 469-485.
- Navas, C. A. 2005. Patterns of distribution of anurans in high Andean tropical elevations: insights from integrating biogeography and evolutionary physiology. *Integrative and Comparative Biology* 46: 82-91.
- Osorno-Muñoz, M., M. C. Ardila-Robayo y P. M. Ruiz-Carranza. 2001. Tres nuevas especie de *Atelopus* A. M. C. Dumeril & Bibron, 1841 (Amphibia: Bufonidae) de las partes altas de la Cordillera Oriental Colombiana. *Caldasia* 23: 509-522.
- Rangel-Ch., J. O. 2000a. La región paramuna y franja aleadaña en Colombia. Pp: 1-23. En: J. O. Rangel-Ch. (Ed.). Colombia diversidad biótica III. La región de vida paramuna. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales ICN, Bogotá.
- Rangel-Ch., J. O. 2000b. Clima. Pp: 85-125. En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia diversidad biótica III. La región de vida paramuna. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales ICN, Bogotá.
- Rangel-Ch., J. O. 2000c. Colombia diversidad biótica III. La región de vida paramuna. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales ICN, Bogotá. 902 pp.
- Rangel-Ch., J. O. 2007. La región paramuna en Colombia y en la Serranía de Perijá. Pp: 1-18. En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica V. La alta montaña de la Serranía de Perijá. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales ICN, Bogotá.
- Rangel-Ch., J. O. y A. Garzón-C. 1995. Parque nacional natural Los Nevados. Pp. 184-204. En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia diversidad biótica I. Universidad

- Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales ICN, Bogotá D. C.
- Renjifo, J. M. y C. Renjifo. 2005. Arlequín Holstein, *Atelopus arsyecue*. Pp: 57. En: Rueda-Almonacid J. V., J. V. Rodríguez-Mahecha, E. La Marca, S. Lötters, T. Kahn y A. Angulo (Eds.). Ranas Arlequines. Conservación Internacional Serie Libretas de Campo. Conservación internacional Colombia, Bogotá Colombia.
- Rivera-Ospina, D. 2001. Páramos. Banco de Occidente, Bogotá D. C. 208 pp.
- Rivera-Correa, M. y J. Faivovich. 2013. A New species of *Hyloscirtus* (Anura: Hylidae) from Colombia, with a rediagnosis of *Hyloscirtus larinygion* (Duellman, 1973). *Herpetologica* 69: 298-313.
- Rivero, J. A. 1963. Five new species of *Atelopus* from Colombia, with notes on other forms from Colombia and Ecuador. *Caribbean Journal of Science* 3: 103-124.
- Rojas-M., M. A. y P. D. A. Gutiérrez-C. 2008. *Pristimantis repens* (Lynch, 1984), a frog not restricted to the Páramo. *Herpetozoa* 21: 85-86.
- Rosenzweig, M. L. 1995. Species diversity in space and time. United Kingdom: Cambridge University Press, 436 pp.
- Rueda-Almonacid, J. V., J. D. Lynch y A. Amézquita. 2004. Libro Rojo de los Anfibios de Colombia. Serie Libros de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, D. C., 384 pp.
- Rueda-Almonacid J. V. y N. Rueda-Martínez. 2005. Arlequín pintado de Boyacá, *Atelopus marinkellei*. Pp: 71. En: Rueda-Almonacid J. V., J. V. Rodríguez-Mahecha, E. La Marca, S. Lötters, T. Kahn y A. Angulo (Eds.). Ranas Arlequines. Conservación Internacional Series libretas de Campo. Conservación internacional Colombia, Bogotá, D.C., Colombia.
- Rueda-Solano, L. A. y F. Vargas-Salinas. 2010a. Amphibia, Anura, Strabomantidae, *Geobatrachus walkeri* (Ruthven, 1915): Altitudinal extension and new habitat, Colombia. *Check List* 6: 454-455.
- Rueda-Solano, L. A. y F. Vargas-Salinas. 2010b. *Pristimantis cristinae* and *P. ruthveni* Lynch y Ruiz-Carranza, 1985 – increase of altitudinal distribution and páramo habitat use in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Herpetozoa* 23: 88-90.
- Rueda-Solano, L. A., F. Vargas-Salinas y M. Rivera-Correa. 2015. The highland tadpole of the harlequin frog *Atelopus carrikeri* (Anura: Bufonidae) with an analysis of its microhabitat preference. *Salamandra* 51: 25-32.
- Ruiz-Carranza, P. M., M. C. Ardila-Robayo y J. D. Lynch. 1996. Actualized check-list of the amphibian fauna of Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 20: 365-415.
- Sarmiento, C., C. Cadena, M. Sarmiento, J. Zapata y O. León. 2013. Aporte a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 87 pp.
- Suárez-Badillo, H. A. y M. P. Ramírez-Pinilla. 2004. Anuros del gradiente altitudinal de la estación experimental y demostrativa El Rasgón (Santander, Colombia). *Caldasia* 26: 395-416.
- UAESPNN (Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales). 2005. Plan de manejo ambiental del Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona amortiguadora. UAESPNN-Dirección Territorial Occidente. Versión digital. Bogotá D. C. Colombia.
- Valencia, M. P. y F. J. López. 2005. Nuevo reporte de *Atelopus eusebianus* (Anura: Bufonidae) para el Municipio de Puracé, departamento del Cauca, Colombia. *Novedades Colombianas* 8: 71-74.
- Vargas, R. O. 2013. Disturbios en los páramos andinos. Pp: 39-71. En: Cortés-Duque J., C. Sarmiento y A. Suárez (Eds.). Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana. Memorias del proceso de definición para la delimitación de páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Vellend, M., W. K. Cornwell, K. Magnuson-Ford y A. Mooers. 2011. Measuring phylogenetic biodiversity. Pp: 194-218. En: Magurran A. E. y B. J. McGill (Eds.). *Frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. New York.
- Yáñez-Muñoz, M. H. y J. J. Mueses-Cisneros. 2009. Lista comparativa de anfibios y reptiles en los Andes del límite nororiental de Ecuador y suroriental de Colombia. Pp: 276-282. En: Vriesendorp, C., W. S. Alverson, Á. del Campo, D. F. Stotz, D. K. Moskovits, S. Fuentes C., B. Coronel T. y E. P. Anderson (Eds.). 2009. Ecuador: Cabeceras Cofanes-Chingual. Rapid Biological and Social Inventories Report 21. The Field Museum, Chicago.
- Yáñez-Muñoz, M. H., D. F. Cisneros-Heredia, A. G. Gluesenkamp y M. Altamirano. 2010. “Nueva especie de sapo andino del género *Osornophryne* (amphibia: Bufonidae) del norte de Ecuador, con notas sobre la diversidad de *Osornophryne* en Colombia”. *Avances en Ciencias e Ingenierías* 2: B46-B53.
- Weiherr, E. 2011. A primer of trait and functional diversity. Pp: 175-193. En: Magurran A. E. y B. J. McGill (Eds.). *Frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. New York.

Anexo 1. Especímenes depositados en las colecciones de herpetología del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH-Am) y de la Universidad del Quindío (HerpetosUQ), Colombia.

Pristimantis simoterus (IAvH-AM 10324, páramo El Campanario, Calarcá, Quindío, 4°25'51,6'' -75°34'49,8''O, 3530 m s.n.m.; IAvH-AM 10327 páramo de Frontino, Salento, Quindío, 4°36'59,8''N -75°25' 6,8''O, 3560 m s.n.m.; HerpetosUQ 429, páramo el Campanario, Calarcá, Quindío, 12°26'43,5''N -75°34'33,2''O, 3450 m s.n.m.); *Pristimantis racemus* (IAvH-AM 10323, páramo El Campanario, Calarcá, 4°26'43,7''N -75°34'36,9''O, 3370 m s.n.m.; IAvH-AM 10329, páramo de Frontino, Salento, 4°36'58,1''N -75°25'9,3''O, 3560ms.n.m.; IAvH-AM10330, veredaLasAuras, Córdoba, Quindío, 4°21' 59,5''N -75°35'39,5''O, 3470 m s.n.m.; IAvH-AM 10332, vereda Las Auras, Córdoba, Quindío, 4°21' 59,5''N -75°35'39,5''O, 3370 m s.n.m.; HerpetosUQ 425, páramo de Frontino, Salento, Quindío, 4°36'57,5''N -75°25'8,8''O, 3560 m s.n.m.; HerpetosUQ 426, páramo de Frontino, Salento, Quindío, 4°36'58,4''N -75°25'8,3''O, 3560 m s.n.m; Herpetos UQ 427, vereda Las Auras, Córdoba, Quindío, 4°22'20,7''N -75°35'56,9''O, 3370 m s.n.m.); *Pristimantis uranobates* (HerpetosUQ 428, páramo el Campanario, Calarcá, Quindío, 4°26'43,7''N -75°34'36,9''O, 3370 m s.n.m.).

Anexo 2. Especies de anuros registrados en páramos de Colombia. Taxonomía actualizada acorde a Frost (2015); distribución altitudinal y por departamentos principalmente acorde a Bernal y Lynch (2008) y Acosta-Galvis (2015) pero complementada con ampliaciones recientes en rangos de distribución por diversos autores (ver columna fuente de registro); riesgo de amenaza según Rueda-Almonacid *et al.* (2004) y IUCN (<http://www.iucn.org/es/>): En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazada (NT), Preocupación Menor (LC), Datos Deficientes (DD). Especies señaladas con asterisco (*) son aquellas cuyos registros han sido exclusivamente en páramos o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002). Especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chile-Barragán y Las Hermosas (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal) son señaladas con a, b, y c, respectivamente. Este listado no incluye 16 especies citadas por Ardila y Acosta (2000) pero que acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002) no poseen registros en este ecosistema y no han habido publicaciones que convaliden su presencia en páramos con espécimenes en colecciones biológicas (¹). Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s.n.m. (²) Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
Bufonidae				
<i>Atelopus angelito</i> Ardila y Ruiz 1998*	2500-3000	Cauca	CR	Ardila y Acosta 2000, Coloma <i>et al.</i> 2010.
<i>Atelopus ardila</i> Coloma, Duellman, Almendariz, Ron, Teran y Guyasamin 2010*	2800-3280	Nariño	CR	Coloma <i>et al.</i> 2010.
<i>Atelopus arsyecue</i> Rueda 1994	2000-3500	Cesar	CR	Ardila y Acosta 2000, Renjifo y Renjifo 2005.
<i>Atelopus carrikeri</i> Ruthven 1916*	2353-4800	Cesar, Guajira, Magdalena	CR	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Rueda-Solano <i>et al.</i> 2015.

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
<i>Atelopus ebenoides</i> Rivero 1963*	2550-3700	Cauca, Huila, Tolima	CR-(CR)	Rivero 1963, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Atelopus eusebianus</i> Rivero y Granados-Díaz 1993	1050-3250	Cauca, Valle del Cauca	CR - (EN)	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Valencia y López 2005, Hernández-Córdoba <i>et al.</i> 2014.
<i>Atelopus guitarraensis</i> Osorno, Ardila y Ruiz 2001*	3400	Meta	CR	Osorno-Muñoz <i>et al.</i> 2001, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Atelopus "ignescens"</i> Cornalia 1849*	2000-3720	Nariño	EX - (CR)	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Coloma <i>et al.</i> 2000, Cepeda y Rueda 2005, Coloma <i>et al.</i> 2010.
<i>Atelopus lozanoi</i> Osorno-Muñoz, Ardila-R y Ruiz-C 2001*	2340-3540	Cundinamarca	CR - (CR)	Osorno-Muñoz <i>et al.</i> 2001, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Lindquist <i>et al.</i> 2012.
<i>Atelopus mandingues</i> Osorno-Muñoz, Ardila-R y Ruiz-C 2001	2580-3050	Cundinamarca	CR	Ardila-Robayo y Osorno 2005.
<i>Atelopus marinkellei</i> Cochran y Goin 1970*	2500-3700	Boyacá	CR	Osorno-Muñoz <i>et al.</i> 2001, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Rueda-Almonacid y Rueda-Martínez 2005
<i>Atelopus muisca</i> Rueda y Hoyos 1991*	2800-3350	Cundinamarca	CR-(CR)	Osorno-Muñoz <i>et al.</i> 2001, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Acosta-Galvis y Rueda-Almonacid 2004.
<i>Atelopus pastuso</i> Coloma, Duellman, Almandariz, Ron, Teran y Guyasamin 2010*	2800-3900	Nariño	CR	Coloma <i>et al.</i> 2010.
<i>Atelopus simulatus</i> Ruiz y Osorno 1994 ^a	2500-3000	Cauca, Huila, Tolima	CR	Ardila y Acosta 2000, Bernal 2005
<i>Atelopus tamaense</i> La Marca, García-Pérez y Renjifo 1990*	2950-3200	Norte de Santander	CR	La Marca y Renjifo 2005, Acosta-Galvis 2015a.
<i>Osornophryne bufoniformis</i> Peracca 1904*	2800-4700	Cauca, Huila, Nariño, Putumayo	NT	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Gluesenkamp y Guayasamin 2008, Yáñez-Muñoz y Mueses-Cisneros 2009. Este estudio.
<i>Osornophryne percrassa</i> Ruiz y Hernández 1976 ^{ab}	2700-3700	Caldas, Quindío, Tolima	VU	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Méndez-Vargas <i>et al.</i> 2005, Bernal <i>et al.</i> 2005, Gluesenkamp y Guayasamin 2008. Este estudio.

* Especies cuyos registros han sido exclusiva o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

a, b, y c: especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Herosas, respectivamente (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal).

¹ Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s. n. m.

² Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en Páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
<i>Osornophryne cf. talipes</i> Canatella 1986	2880-3630	Cauca, Huila, Nariño	EN	Cisneros-Heredia y Gluesenkamp 2010, Yáñez-Muñoz <i>et al.</i> 2010.
<i>Rhinella nicefori</i> Cochran y Goin 1970	2640-2800	Antioquia	EN	Ardila y Acosta 2000, Colección Herpetologica de la Universidad de Antioquia (MHUA-A 4793, 4794).
Centrolenidae				
<i>Centrolene buckleyi</i> Boulenger 1882 ^a	1650-3550	Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Santander, Tolima, Valle del Cauca	VU	Ardila y Acosta 2000, Lynch 2001, Lynch y Suárez-Mayorga 20002.
<i>Nymphargus garciae</i> Ruiz y Lynch 1995 ^a	1900-3030	Cauca, Huila, Tolima	VU	Ardila y Acosta 2000.
Craugastoridae				
<i>Geobatrachus walkeri</i> Ruthven 1915	1550-3500	Magdalena	EN	Rueda-Solano y Vargas-Salinas 2010a.
<i>Hypodactylus brunneus</i> Lynch 1975*	2980-3220	Nariño	EN	Lynch 1986, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Yáñez-Muñoz y Mueses-Cisneros 2009.
<i>Hypodactylus elassodiscus</i> Lynch 1973	2300-2900	Putumayo	EN	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Hypodactylus latens</i> Lynch 1989 ^a	2690-3350	Antioquia, Caldas, Quindío, Tolima	EN	Ardila y Acosta 2000, Colección Herpetologica de la Universidad de Antioquia (MHUA-A 7181, 7573). Sandy Arroyo comunicación personal.
<i>Pristimantis affinis</i> Werner 1899	2600-3100	Cundinamarca, Meta	VU	Ardila y Acosta 2000, Frost 2015.
<i>Pristimantis alalocophus</i> Roa y Ruiz 1991 ^{abc}	2650-3800	Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca	NT	Ardila y Acosta 2000.
<i>Pristimantis anolirex</i> Lynch 1983	1800-3550	Norte de Santander, Santander	NT	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Suárez-Badillo y Ramírez-Pinilla 2004, Acevedo <i>et al.</i> 2016.

* Especies cuyos registros han sido exclusiva o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

a, b, y c: especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Hermosas, respectivamente (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal).

¹ Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s. n. m.

² Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en Páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
<i>Pristimantis bogotensis</i> Peters 1863	1750-3600	Cundinamarca	LC	Lynch 1986; Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Avilán y Hoyos 2006, Méndez-Narváez 2014, Medina-Rangel y López-Perilla 2014.
<i>Pristimantis boulengeri</i> Lynch 1981 ^{abc}	1750-3300	Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Quindío, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca	LC	Ardila y Acosta 2000.
<i>Pristimantis buckleyi</i> Boulenger 1882 ^{*bc}	1900-3700	Cauca, Huila, Nariño, Putumayo, Tolima, Valle del Cauca	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Yáñez-Muñoz y Mueses-Cisneros 2009. Este estudio.
<i>Pristimantis chloronotus</i> Lynch 1969	1900-3220	Putumayo	LC	Mueses-Cisneros 2005, Yáñez-Muñoz y Mueses-Cisneros 2009, Sandy Arroyo comunicación personal.
<i>Pristimantis cristinae</i> Lynch y Ruiz 1985	1530-3500	Magdalena	DD	Rueda-Solano y Vargas-Salinas 2010b.
<i>Pristimantis cuentasi</i> Lynch 2003	2800-3673	Cesar	DD	Moreno-Arias y Medina-Rangel 2007.
<i>Pristimantis curtipes</i> Boulenger 1882 [*]	2750-4400	Nariño	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis dorsopictus</i> Rivero y Serna 1987	1800-3100	Antioquia, Caldas, Tolima	EN	Ardila y Acosta 2000, Colección Herpetológica de la Universidad de Antioquia (MHUA-A 7569-71, 7638).
<i>Pristimantis duende</i> Lynch 2001 [*]	3300-3600	Valle del Cauca	DD	Lynch 2001, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis elegans</i> Peters 1863 [*]	2600-3650	Cundinamarca, Boyacá	VU	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Medina-Rangel y López-Perilla 2014, Acosta-Galvis 2015b.
<i>Pristimantis erythropleura</i> Boulenger 1896	980-2600	Antioquia, Caldas, Cauca, Chocó, Quindío, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca	LC	Registros a 3124 y 3371 m s.n.m. en la Colección Herpetológica de la Universidad de Antioquia (MHUA-A 7459, 7465) deben confirmarse.

* Especies cuyos registros han sido exclusiva o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

a, b, y c: especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Hermosas, respectivamente (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal).

¹ Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s. n. m.

² Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en Páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
<i>Pristimantis farisorum</i> Mueses-Cisneros, Perdomo-Castillo y Cepeda-Quilindo 2013*	2780-3100	Nariño	No categorizada	Mueses-Cisneros <i>et al.</i> 2013.
<i>Pristimantis lasalleorum</i> Lynch 1995*	3780-3850	Antioquia	DD	Lynch 1995, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis leoni</i> Lynch 1976	2060-3400	Putumayo	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis leptolophus</i> Lynch 1980	2400-3300	Cauca, Huila	LC	Lynch 1980, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis lynchi</i> Duellman y Simmons 1977	1600-3590	Boyacá	DD	Lynch 1986, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis macrummendozai</i> Acosta-Galvis 2015*	3507- 3553	Boyacá	No categorizada	Acosta-Galvis 2015b.
<i>Pristimantis mnionaetes</i> Lynch 1998	3060-3080	Boyacá	EN - (EN)	Lynch 2004.
<i>Pristimantis myersi</i> Goin y Cochran 1963*	2300-3500	Nariño	LC	Ardila y Acosta 2002, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis nervicus</i> Lynch 1994*	3000-3870	Cundinamarca, Meta	LC	Ardila y Acosta 2002, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Carvajalino-Fernández <i>et al.</i> 2011, Medina-Rangel y López-Perilla 2014.
<i>Pristimantis nicefori</i> Cochran y Goin 1970*	2770-4180	Boyacá, Norte de Santander y Santander	LC	Lynch 1994, Ardila y Acosta 2002, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Acevedo <i>et al.</i> 2016.
<i>Pristimantis obmutescens</i> Lynch 1980*	2800-3500	Cauca, Huila	LC	Lynch 1980, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002. Este estudio.
<i>Pristimantis ocreatus</i> Lynch 1981*	3550-3760	Nariño	EN	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis paretatus</i> Lynch y Rueda 1998	1800-3100	Antioquia, Caldas	EN	Ardila y Acosta 2000, Colección Herpetológica de la Universidad de Antioquia (MHUA-A 7602, 7620-21, 7635-37).
<i>Pristimantis peraticus</i> Lynch 1980* ^c	2600-3460	Valle del Cauca	LC	Lynch 1980, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002. Este estudio

* Especies cuyos registros han sido exclusiva o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

a, b, y c: especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Herosas, respectivamente (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal).

¹ Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s. n. m.

² Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en Páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
<i>Pristimantis permixtus</i> Lynch, Ruiz-C y Ardila-R 1994 ^{abc}	1950-3700	Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Cadavid <i>et al.</i> 2005.
<i>Pristimantis piceus</i> Lynch, Ruiz-C y Ardila-R 1996 ^{abc}	2400-3400	Tolima	LC	Lynch <i>et al.</i> 1996, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Cadavid <i>et al.</i> 2005.
<i>Pristimantis racemus</i> Lynch 1980 ^{*abc}	3030-3570	Quindío, Tolima, Valle del Cauca	LC	Lynch 1980, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002. Este estudio.
<i>Pristimantis reclusus</i> Lynch 2003	2800-3349	Cesar	DD	Moreno-Arias y Medina-Rangel 2007
<i>Pristimantis repens</i> Lynch 1984 [*]	3150-3720	Nariño	EN - (EN)	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Rojas-M y Gutiérrez-C 2008.
<i>Pristimantis ruthveni</i> Lynch y Ruiz 1985	1800-3500	Magdalena	EN	Rueda-Solano y Vargas-Salinas 2010b.
<i>Pristimantis satagius</i> Lynch 1995 [*]	3300-3850	Antioquia	DD	Lynch 1995, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis scopaeus</i> Lynch, Ruiz-C y Ardila-R 1996 ^{*abc}	3580-3680	Tolima	DD	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Bernal <i>et al.</i> 2005.
<i>Pristimantis simoteriscus</i> Lynch, Ruiz-C y Ardila-R 1996 ^{*ab}	3550-3800	Caldas, Quindío, Tolima	EN	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Bernal <i>et al.</i> 2005. Este estudio.
<i>Pristimantis simoterus</i> Lynch 1980 ^{*ab}	3200-4350	Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima	NT	Lynch 1980, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Bernal <i>et al.</i> 2005, Cadavid <i>et al.</i> 2005. Este estudio.
<i>Pristimantis stictus</i> González-Durán [*]	3370-3750	Caldas	No categorizada	González-Durán 2016
<i>Pristimantis supernatis</i> Lynch 1979 ^{ab}	1850-3200	Antioquia, Caldas, Huila, Nariño, Risaralda, Tolima, Putumayo	VU	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis thymelensis</i> Lynch 1972 [*]	3220-4150	Putumayo	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Mueses-Cisneros 2005, Sandy Arroyo comunicación personal.

* Especies cuyos registros han sido exclusiva o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

a, b, y c: especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Herosas, respectivamente (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal).

¹ Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s. n. m.

² Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en Páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
<i>Pristimantis uranobates</i> Lynch 1991 ^{ab}	2000-3600	Caldas, Quindío	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Bernal <i>et al.</i> 2005; Cadavid <i>et al.</i> 2005. Este estudio.
<i>Pristimantis unistrigatus</i> Gunther 1859 ¹	1500-3230	Nariño, Putumayo	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis vicarius</i> Lynch y Ruiz-C 1983	2400-3300	Cauca, Huila, Nariño, Putumayo, Tolima	NT	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002. Este estudio.
<i>Pristimantis w-nigrum</i> Boettger 1892 ^a	800-3300	Antioquia, Caldas, Caquetá, Cauca, Cundinamarca, Chocó, Huila, Nariño, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del Cauca	LC	Ardila y Acosta 2000. Especie sin registros en páramo según Lynch y Suárez-Mayorga 2002 y J. J. Mueses-Cisneros, comunicación personal.
<i>Pristimantis xeniolum</i> Lynch 2001*	3300-3600	Valle del Cauca	DD	Lynch 2001, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Pristimantis xestus</i> Lynch 1995*	4050	Chocó	DD	Lynch 1995, Lynch 2001, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Tachiramantis douglasi</i> Lynch 1996	1630-3158	Cesar	VU	Moreno-Arias y Medina-Rangel 2007.
<i>Tachiramantis prolixodiscus</i> Lynch 1978	1810-3200	Cesar, Norte de Santander, Santander	LC	Suárez-Badillo y Ramírez-Pinilla 2004.
<i>Niceforonia adenobrachia</i> Ardila-R, Ruiz-C y Barrera-R 1996 ^{*ab}	3100-3400	Caldas, Tolima	CR - (EN)	Ardila-Robayo <i>et al.</i> 1996, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Niceforonia nana</i> Goin y Cochran 1963*	3000-3850	Boyacá, Norte de Santander, Santander	DD	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
Dendrobatidae				
<i>Hyloxalus edwardsi</i> Lynch 1982*	3070-3250	Cundinamarca	EN - (EN)	Lynch 1982, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.

* Especies cuyos registros han sido exclusiva o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

a, b, y c: especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chilf-Barragán y Las Hermosas, respectivamente (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal).

¹ Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s. n. m.

² Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en Páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
<i>Hyloxalus pinguis</i> Rivero y Granados-D 1989	2995	Cauca	DD	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Hyloxalus pulchellus</i> Jiménez de la Espada 1875	2320-2970	Cauca, Putumayo	VU	Ardila y Acosta 2000, Anganoy-Criollo 2013, Coloma <i>et al.</i> 2013.
<i>Hyloxalus subpunctatus</i> Cope 1899*	1750-4020	Arauca, Boyacá, Casanare, Cundinamarca, Meta, Santander	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Anganoy-Criollo 2013, Medina-Rangel y López-Perilla 2014.
Hemiphractidae				
<i>Gastrotheca argenteovirens</i> Boettger 1892 ^c	1650-3300	Cauca, Nariño, Quindío, Tolima, Valle del Cauca	LC	Duellman 1989, Ardila y Acosta 2000.
<i>Gastrotheca dumni</i> Lutz 1977	2100-4000	Antioquia	LC	Colección Herpetológica Universidad de Antioquia (MHUA-A 4800, 4848, 7179).
<i>Gastrotheca espeletia</i> Duellman y Hillis 1987*	2530-3450	Nariño	EN - (EN)	Duellman y Hillis 1987, Duellman 1989, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
<i>Gastrotheca helenae</i> Dunn 1944*	2300-3600	Norte de Santander	DD	Duellman 1989, Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Acevedo <i>et al.</i> 2011, 2016.
<i>Gastrotheca orophylax</i> Duellman y Pyles 1980	2600-2910	Nariño, Putumayo	EN	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002.
Hylidae				
<i>Dendropsophus labialis</i> Peters 1863*	1600-4200	Arauca, Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander, Santander, Meta	LC	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Guarnizo <i>et al.</i> 012; Medina-Rangel y López-Perilla 2014.
<i>Dendropsophus luddeckei</i> Guarnizo, Escallón, Canatella y Amézquita 2012	2000-4100	Boyacá	No categorizada	Guarnizo <i>et al.</i> 2012, Guarnizo y Cannatella 2013.
<i>Dendropsophus meridenensis</i> Rivero 1961	2200-3400	Boyacá, Norte de Santander	EN	Ardila y Acosta 2000 [como <i>Hyla pelidna</i>], Armesto <i>et al.</i> 2015.
<i>Hyloscirtus bogotensis</i> Peters 1882	1750-3600	Boyacá, Casanare, Cundinamarca, Santander	NT	Ardila y Acosta 2000, Lynch y Suárez-Mayorga 2002, Medina-Rangel y López-Perilla 2014.

* Especies cuyos registros han sido exclusiva o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

a, b, y c: especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Herosas, respectivamente (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal).

¹ Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s. n. m.

² Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en Páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Taxón	Distribución altitudinal (m s.n.m.)	Distribución geográfica en Colombia por departamento	Riesgo de amenaza IUCN (Rueda-Almonacid <i>et al.</i> 2004)	Fuente de registro
<i>Hyloscirtus larinopygion</i> Duellman 1973 ^{ac}	1950-3100	Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Quindío, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca	NT	Ardila y Acosta 2000, Rivera-Correa y Faivovich 2013.
<i>Hyloscirtus lynchi</i> Ruiz y Ardila 1991 ²	2540-3850	Boyacá, Santander	EN	Instituto de Ciencias Naturales, Colección virtual (ICN 42728).
<i>Hyloscirtus tigrinus</i> Mueses y Anganoy 2008	2720-3467	Cauca, Huila, Nariño, Putumayo	DD	Mueses-Cisneros y Perdomo-Castillo 2011.
<i>Hyloscirtus antioquia</i> Rivera y Faivovich 2013	2500-3200	Antioquia	No categorizada	Rivera-Correa y Faivovich 2013.

* Especies cuyos registros han sido exclusiva o principalmente en páramos; especies paramunas acorde a Lynch y Suárez-Mayorga (2002).

a, b, y c: especies que han sido reportadas previamente en los complejos paramunos de Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Hermosas, respectivamente (Andrés R. Acosta-Galvis, comunicación personal).

¹ Excluida como especie en páramos por Lynch y Suárez-Mayorga (2002) debido a que es un anuro habitante de potreros entre los 1800 y 3450 m s. n. m.

² Los especímenes en el museo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN 15193-15208, 33505, 33521) abarcan un rango altitudinal entre 2540 y 2700 m s.n.m.; solo un espécimen (ICN 42728) es reportado a 3850 m s.n.m. lo que implicaría un registro de esta especie en Páramo. El registro de altitud o la identificación de este espécimen debe ser reconfirmada (Manuel H. Bernal y Mauricio Rivera-Correa, comunicación personal).

Wolfgang Buitrago-González

Grupo de Herpetología de la Universidad del Quindío, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

webuitragog@gmail.com

Jorge Hernán López-Guzmán

Fundación Ecológica Las Mellizas, Armenia, Colombia

george896@hotmail.com

Fernando Vargas-Salinas

Grupo de investigación en Evolución, Ecología y Conservación (EECO), Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

fvargas@uniquindio.edu.co

Anuros en los complejos paramunos Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Hermosas, Andes centrales de Colombia

Cítese como: Buitrago-González, W., J. H. López-Guzmán y F. Vargas-Salinas. 2016. Anuros en los complejos paramunos Los Nevados, Chilí-Barragán y Las Hermosas, Andes centrales de Colombia. *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 2 - Páramos): 52-76. DOI: 10.21068/C2016v17s02a04

Recibido: 16 de mayo de 2015

Aprobado: 20 de febrero de 2016

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

Sergio Córdoba-Córdoba

Resumen

El páramo es un ecosistema únicamente presente en los Andes tropicales y contiene diferentes tipos de vegetación y sistemas acuáticos. Es utilizado por varias especies de aves, sin embargo, considerar únicamente a las restringidas excluye una gran cantidad de especies. Se realizó un análisis ecológico que incluyó a todas aquellas que lo utilizan, de acuerdo a sus dietas y discontinuidades de peso. Para el análisis se recopilieron las aves registradas en páramos de Colombia y se propone una clasificación en cuatro categorías de presencia. En los páramos de Colombia han sido registradas 207 especies (49 exclusivas, 69 habituales, 65 periféricas y 24 no permanentes). Predominan Thraupidos, Trochilidos, Tyrannidos y Furnariidos. Muchas especies se registran en la cordillera Oriental y menos en la serranía de Perijá y Sierra Nevada de Santa Marta. Hay 22 especies endémicas y 26 casi-endémicas de Colombia. Predominan las aves pequeñas, consumidoras de insectos e invertebrados pequeños; cerca de la mitad consumen otro tipo de alimentos (néctar y frutos, y menor proporción semillas, vertebrados y carroña). Las especies más pesadas consumen vertebrados y carroña y recursos acuáticos. Es necesario evaluar algunas especies para conocer su permanencia en los páramos, al igual que sus abundancias y uso de recursos.

Palabras clave. Avifauna. Discontinuidad peso. Distribución geográfica. Especies casi-endémicas. Endémicas.

Abstract

The Paramo is a unique Andean ecosystem with different types of vegetation and aquatic systems. It is used by several bird species, but considering only restricted species excludes many others that use it. An ecological analysis was performed that included all bird species that make use of it by diet and weight discontinuities. Analysis was performed on bird records for Colombian páramos and four categories for permanence are proposed. 207 species are frequently reported in Colombian páramos (49 exclusively, 69 regularly, 65 peripherally, and 24 not permanently). Thraupidae, Trochilidae, Tyrannidae, and Furnariidae predominate. Many species are found in the cordillera Oriental and less for Serranía de Perijá and Sierra Nevada de Santa Marta. 22 species are endemic and 26 near-endemic to Colombia. Small sized birds that consume insects and small invertebrates predominate, but almost half consume other types of resources (nectar and fruits, and in less proportion seeds, vertebrates and carrion). The heaviest species feed on vertebrates and carrion, and also aquatic resources. Several species need more information to understand their lasting presence in páramos. All species require information on abundances and use of resources.

Key words. Avifauna. Endemic. Geographical distribution. Near-endemic species. Weight discontinuities.

Introducción

Los páramos son ecosistemas únicos de los Andes tropicales, ubicados justo encima de la línea superior del bosque. Se extienden desde Costa Rica en Centroamérica hasta el norte del Perú en el sur, incluyendo Colombia, Venezuela y Ecuador. Colombia posee la mayor extensión de páramos en la región, cubriendo aproximadamente 2.906.137 ha en las tres cordilleras y algunos sistemas montañosos aislados, que han sido divididos en 140 unidades discretas en 36 complejos, áreas que equivalen al 2,55% de la superficie continental colombiana (Sarmiento *et al.* 2013). El páramo posee varios tipos de vegetación (abierta, semi-abierta, arbustiva y boscosa baja), que incluyen bosques achaparrados, matorrales altos y bajos, chuscales y formaciones abiertas con pastizales-pajonales, frailejonales-rosetales y prados-turberas (van der Hammen 1998, Rangel-Ch. 2000).

La avifauna general de páramo ha sido definida por varios autores por su presencia principalmente en la vegetación del llamado “páramo propiamente dicho”, que incluye casi todos los tipos de vegetación aunque con predominancia de gramíneas, pajonales, chuscales y frailejonales-rosetales, también llamado a veces pajonal-frailejónal (Vuilleumier 1970, Vuilleumier y Ewert 1978, Vuilleumier y Simberloff 1980, Stotz *et al.* 1996, Stiles 1998, Delgado y Rangel-Ch. 2000). Diferentes autores han incluido o excluido especies de aves como pertenecientes al páramo, teniendo en cuenta categorías ecológicas o tipos de coberturas vegetales, y en algunos casos están restringidas únicamente a este ecosistema (Vuilleumier 1970, Vuilleumier y Ewert 1978, Vuilleumier y Simberloff 1980). Muchos concuerdan que las aves de páramo son aquellas que viven en todos los tipos de vegetación justo arriba de la línea final de árboles que forma parte del bosque altoandino, definido como páramo por Cuatrecasas (1958). Esta vegetación incluye áreas abiertas con pastizales-pajonales, matorrales, bordes de bosque altoandino, bosques de *Polylepis*, así como a las aves acuáticas que viven en los lagos y humedales presentes, o a lo largo de quebradas, pero todas dentro de vegetación de páramo (Vuilleumier 1970, Vuilleumier y Ewert 1978, Vuilleumier y Simberloff 1980, Stotz *et al.* 1996, Stiles 1998, Delgado y Rangel-Ch. 2000). Sin

embargo, es difícil caracterizar la avifauna del páramo ya que esta incluye especies de limitada dispersión y especies muy móviles que pueden desplazarse entre parches distantes y cuya composición puede variar por localidad debido a la distribución geográfica propia de las especies en las cordilleras. Muy pocas especies están restringidas únicamente a este ecosistema y las demás especies que lo utilizan han sido excluidas de los análisis si usan otros ecosistemas (Vuilleumier 1970, Vuilleumier y Ewert 1978, Vuilleumier y Simberloff 1980). El ecosistema páramo presenta unidades disyuntas, de diferente área y distancia unas de otras, con bastante complejidad estructural y ambiental y ecosistemas aledaños como los bosques altoandinos, donde varias especies de aves están presentes o han sido registradas solo en algunos páramos y no en otros (Vuilleumier 1970, van der Hammen 1998, Rangel-Ch. 2000). En los análisis ecológicos es importante incluir a las especies que viven y lo utilizan y no solo a las restringidas a este ecosistema.

La distribución geográfica de muchas especies de aves tiende a estar ligada a la distribución de los hábitats que utilizan. La distribución disyunta de ciertos ambientes, como es el caso de los páramos, hace que especies ligadas a estos o que dependen de los mismos, también se presente a parches (Vuilleumier 1970, Vuilleumier y Simberloff 1980). Sin embargo, algunas especies pueden utilizar estos ambientes con cierta frecuencia aunque no dependan exclusivamente de ellos. Se han propuesto diferentes categorizaciones dependiendo de si las aves son residentes o migratorias, ocasionales, según sus abundancias relativas, hábitats preferidos, entre otros (Stiles 1983, Fjeldsa y Krabbe 1990, Howell y Webb 2010). El presente trabajo propone una clasificación de las especies registradas en cuatro categorías principales (exclusivas, habituales, periféricas y no permanentes), similar a la propuesta por Stiles (1998). La primera categoría incluye especies exclusivas o propias, principalmente si se reproducen únicamente allí. Las otras tres categorías, dependiendo del grado de uso del ambiente, se categorizan como especies habituales (algunas pueden reproducirse en páramos), especies frecuentes pero periféricas, sin que necesariamente dependan de este ecosistema

para mantener sus poblaciones, y especies no permanentes, principalmente las migratorias. Varias especies con distribuciones geográficas más continuas a lo largo de los Andes, muchas de las cuales incluyen el bosque altoandino, pueden utilizar de forma habitual el páramo o al menos varios tipos de vegetación encontrados en estos (hay varios tipos de vegetación en las varias franjas que han sido propuestas como “páramo bajo o subpáramo”, “páramo propiamente dicho o páramo de gramíneas” y el “superpáramo”) (Rangel-Ch. 2000). Otras especies utilizan ciertos tipos de coberturas o ambientes si estos están presentes, como sucede con los bosques achaparrados de *Polylepis* o especies de sistemas acuáticos (lagunas, áreas inundables y turberas) más permanentes en el páramo, y que en este análisis fueron consideradas como exclusivas o habituales para esas áreas, si se encuentran durante todo el año. Algunas fueron consideradas como periféricas si: a) incursionan en el páramo debido a que están asociadas a coberturas vegetales como pastizales, arbustales o bosques; b) porque son parte o limitan con estos ecosistemas, pero donde el páramo no es el ecosistema en el cual se presentan sus poblaciones principales y c) si han sido registradas solo en algunos páramos. Hay especies que llegan al páramo solamente en ciertas épocas del año, como sucede con las especies migratorias (boreales y australes) y algunas migratorias locales que pueden considerarse como ocasionales, que fueron categorizadas como no permanentes.

Para considerar qué especies de aves utilizan el páramo, se tuvieron en cuenta inicialmente todas las especies que han sido registradas en páramos, que utilizan los diferentes tipos de coberturas vegetales y ambientes acuáticos, sin distinción en cuanto a si se reproducen o no en él, y que se encuentran en páramo al menos durante parte de su vida o ciclo de vida. Para entender mejor como está conformada ecológicamente la avifauna de páramos, se organizaron las especies seleccionadas de acuerdo a: a) tipos generales de dieta, que sugiere cuáles recursos son utilizados por la comunidad de especies (Stiles 1983, Stiles y Rosselli 1998); b) de acuerdo al tamaño corporal por ser este uno de los parámetros ecológicos fundamentales que determina la biología de los organismos (Bennett y Owens 2002) y que está correlacionada con muchas

otras características de la historia de vida (tamaño de nidada, edad de maduración, fecundidad anual, tamaño poblacional, tamaño de rango de hogar, área de distribución, probabilidad de extinción) entre otros, que pueden reflejar diferencias en la distribución de recursos (Kattan 1992, Gaston y Blackburn 1995, Gaston y Blackburn 2000, Bennett y Owens 2002).

Material y métodos

Riqueza de aves en los páramos de Colombia

A partir de visitas realizadas a varios páramos y con base en la revisión de literatura, se elaboró la clasificación y posterior categorización de presencia de las aves en los páramos de Colombia teniendo en cuenta tanto registros en el país como en Venezuela y Ecuador (Olivares 1973, Norton 1975, Vuilleumier y Ewert 1978, Vuilleumier y Simberloff 1980, Uribe-R. 1982, Hilty y Silliman 1983, Snow 1983, Hilty y Brown 1986 y 2001, Robbins *et al.* 1994, Stotz *et al.* 1996, Krabbe *et al.* 1997, Stiles 1998, Cresswell *et al.* 1999, Strewé y Kreft 1999, ABO 2000, Delgado y Rangel-Ch. 2000, Koenen y Gale-Koenen 2000, Pfeifer *et al.* 2001, Strewé y Puyana-E. 2001, Calderón-Leyton 2002, Herzog *et al.* 2003, Estela *et al.* 2004, Krabbe *et al.* 2006, Pulgarín-R. y Múnera-P 2006, Córdoba-Córdoba *et al.* 2007, Valderrama y Verhelst 2009, Arbeláez-Cortés *et al.* 2011, Acevedo-Charry *et al.* 2013, Meneses-Ortegón y Herrera-Martínez 2013, López-O. *et al.* 2014, Suárez-Sanabria y Cadena 2014, Avendaño *et al.* 2015). Se siguió la clasificación taxonómica propuesta por Remsen *et al.* (2015).

Se categorizaron las aves en cuatro grupos de acuerdo a su presencia en páramos con base en la experiencia del autor y de los registros en literatura consultada: 1) especies propias de páramo (exclusivas) que dependen del páramo como hábitat para sus poblaciones en Colombia (aunque puedan tener poblaciones en otros países que no dependan del páramo); 2) especies que son habituales en el páramo, es decir, que en muchos páramos se registran con frecuencia aunque pueden tener poblaciones en otros tipos de hábitats (habituales) por fuera de Colombia; 3) especies que utilizan el páramo con igual frecuencia que hábitats

aledaños como el bosque altoandino (periféricas); y 4) especies que utilizan el páramo eventualmente, pero que pertenecen más a especies de bosques altoandinos o que son migratorias boreales o australes y por lo tanto su presencia es solo por un periodo cada año (no permanentes). En algunos casos hay especies que se clasificaron en más de una categoría por estar presentes en diferentes páramos. Estas especies fueron analizadas y sus categorías tenidas en cuenta en los resultados.

Luego de la elaboración de la lista, se identificaron cuáles especies han sido registradas en páramos pero que posiblemente son especies accidentales o vagabundas (individuos fuera de su área de distribución conocido y que no se espera que se establezcan poblaciones en esos ecosistemas/hábitats); las especies que cumplían este requisito fueron excluidas del listado final (Anexo 1) para el análisis. Se incluyeron algunos comentarios para especies migratorias, tanto boreales (MB) como australes (MA) que han sido registradas en varios páramos, donde algunas especies tienen además poblaciones residentes (R-MB y R-MA) (observaciones, Anexo 1). También se incluyeron comentarios acerca de su endemismo, ya que varias son endémicas de Colombia (End.) o en el caso de las aves de la serranía de Perijá, solo compartidas con Venezuela y que se incluyeron en este grupo, como casi-endémicas de Colombia (50 % de su distribución geográfica se encuentra en Colombia) (Chaparro-Herrera *et al.* 2013).

Con el listado final se ubicaron los registros geográficos de las especies de acuerdo a ocho subdivisiones geográficas que se proponen (tomado y modificado de Stiles 1998), para resaltar los registros conocidos, pero no para proponerlos como un análisis biogeográfico. Las ocho subdivisiones fueron: 1) cordillera Oriental (desde el páramo de Tama – Santurbán hacia el sur hasta la parte norte de los departamentos de Huila-Caquetá en la cordillera, páramos de Miraflores y Picachos) (E); 2) los páramos de la serranía de Perijá compartidos entre Colombia y Venezuela (P); 3) cordillera Central (desde el páramo de Belmira al norte de Medellín hacia el sur hasta el norte del páramo de Puracé) (C); 4) registros que solo llegan al área de páramos de Puracé desde el sur, pero no más al norte

en la cordillera Central para resaltar subdivisiones o desconocimiento (C'); 5) páramos del Nudo de los Pastos (Doña Juana-Chimayoy) hacia el sur hasta el departamento de Nariño; incluye registros al oriente de la ciudad de Pasto (La Cocha-Patascoy) y Galeras, hasta límites con Ecuador (N); 6) cordillera Occidental, desde el flanco occidental de los volcanes Chiles y Cumbal hacia el norte, incluidos el páramo de El Duende en el Valle del Cauca, y hasta Paramillo en Antioquia (O); 7) se separaron los registros de los páramos Citara-Frontino-Paramillo en Antioquia, ya que muchas aves solo se han registrado para este complejo en la cordillera (O'); y finalmente, 8) páramo de la Sierra Nevada de Santa Marta (S).

Dietas de las aves en páramos en Colombia

Para los grupos de dieta se categorizaron los alimentos que consumen en nueve tipos diferentes: insectos e invertebrados pequeños (IP), insectos, invertebrados grandes y vertebrados muy pequeños (IV), vertebrados más grandes (V), carroña (C), peces (P), frutos (F), semillas (S), vegetación acuática (VEG) y néctar (N) (basado en Stiles y Rosselli 1998). Algunas especies utilizan más de un tipo de alimento y fueron representadas de acuerdo a esto cuando consumen cantidades similares de los diferentes tipos de alimentos evaluados. Posteriormente se contabilizaron las equivalencias de especies por tipo de alimento, valorando las proporciones de cada tipo de alimento por especie. Así, si una especie consume néctar e insectos pequeños (N-IP), esto equivale a 0,5 de especies consumidoras de néctar y 0,5 de insectos pequeños, como en el caso de los colibríes. Posteriormente se suman las proporciones totales de cada tipo de alimento, dando como resultado el número de especies equivalentes que consumen cada tipo de alimento (Stiles 1983, Stiles y Rosselli 1998). Las dietas de cada especie fueron obtenidas a partir de información personal de campo y literatura consultada (Hilty y Brown 1986 y 2001, Stiles y Rosselli 1998, ABO 2000).

Peso corporal de las aves en páramos en Colombia

Para obtener categorías de peso para las aves en páramo (excluidas las consideradas no permanentes como las migratorias, ya que su peso varía considerablemente a lo largo del año), se obtuvieron

pesos promedio a partir de datos de campo y literatura publicada (Echeverry-Galvis *et al.* 2006, Dunning 2008). Se realizó un análisis de discontinuidades en los mismos para identificar agrupaciones por peso utilizando la metodología propuesta por Lambert y Holling (1998), que utilizan un índice comparativo (*Split moving window ratio* -SMWR, por sus siglas en inglés-), el cual representa la magnitud de diferencia en peso entre vecinos consecutivos al ordenar los pesos de menor a mayor. Se obtuvo así el índice de discontinuidad de las especies de acuerdo a la expresión:

$$\text{Valor índice discontinuidad} = 1 - ([\text{peso}_n + \text{peso}_{n-1}] / [\text{peso}_n + \text{peso}_{n+1}])$$

Donde “n” es el peso de la especie analizada y n-1 es el peso del ave justo antes y n+1 el peso del ave justo después en el orden consecutivo. Debido a la forma como se calcula el índice, no pudo ser asignado un valor ni al primero ni al último miembro de la distribución. Para determinar si hay discontinuidad

en la distribución se utilizaron como criterio de corte los valores de: 1) promedio de todos los valores de discontinuidad + error estándar (SE), y 2) promedio de discontinuidad + (SE x 1,96) que corresponde al límite superior del 95 % de una distribución normal. Los valores de corte obtenidos fueron: 0,042 y 0,047, respectivamente.

Se identificaron al menos 18 discontinuidades principales (Figura 1, flechas), sin embargo teniendo en cuenta que los datos son promedios del peso de las especies y que presentan variabilidad entre individuos y poblaciones, se tuvieron en cuenta variaciones hasta del 15 % en su peso para decidir cuáles de esas discontinuidades podrían tener un significado biológico. Se aceptaron solo 15 discontinuidades/categorías principales; I: < 4g; II: 4 - <6; III: 6 - <8; IV: 8 - <10.5; V: 10.5 - <27; VI: 27 - <50; VII: 50 - <80; VIII: 80 - <130; IX: 130 - <270; X: 270 - <500; XI: 500 - <900; XII: 900 - <1500; XIII: 1500 - <2200; XIV: 2200 - <3000; XV: >3000 (códigos I-XV - Anexo 1, flechas continuas Figura 1).

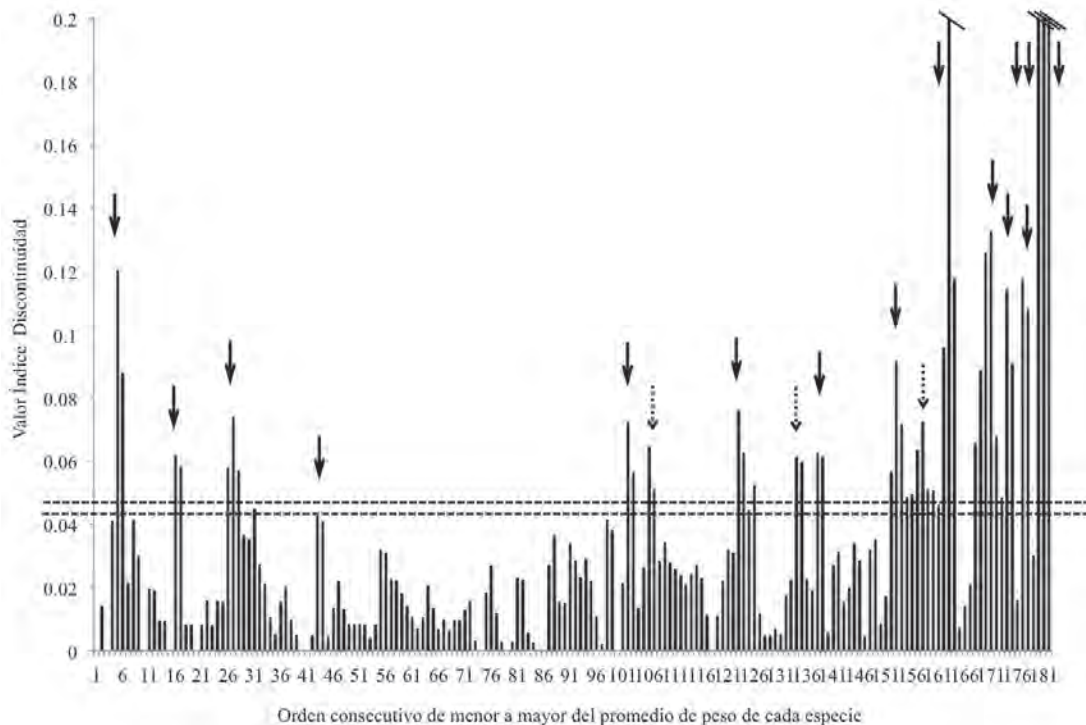


Figura 1. Discontinuidad de promedios de peso de aves con presencia permanente en páramos de Colombia identificadas a partir del índice de discontinuidad de Lambert y Holling (1998). Las flechas indican los principales valores de discontinuidad identificados por estar arriba de los valores de corte (0,042 y 0,047) (líneas punteadas). Las flechas continuas negras fueron aceptadas como valores de discontinuidad de peso para los análisis. Barras truncadas del índice en la parte superior indican valores del índice superiores a 0,2.

Resultados

Riqueza de especies y presencia en los diferentes sistemas montañosos

A partir de la lista elaborada, hay 38 familias y 207 especies de aves que utilizan el páramo en Colombia (Anexo 1), lo cual no significa que se reproduzcan allí. Las familias más representadas son Thraupidae (32 especies), Trochilidae (31 especies), Tyrannidae (17) y Furnariidae (14). De las 207 especies, 183 son habitantes constantes del páramo, incluido el subpáramo y bordes colindantes con el bosque altoandino (categorías exclusivas, habituales y periféricas) y 24 especies fueron consideradas como no permanentes. De las 183 permanentes, 91 especies tienen poblaciones que viven en los páramos y otros ecosistemas (categorías exclusivas y habituales), donde 49 son exclusivas de páramo (es decir que dependen totalmente de este hábitat - exclusivas y exclusivas - habituales), más dos migratorias (*Anas discors* y *Gallinago delicata*), que mantienen individuos en páramos. Se contabilizaron 69 especies en la categoría de habituales y habituales-periféricas, donde 25 comparten las dos categorías de habituales-periféricas, ya que están presentes en muchos páramos pero también en bosque altoandino en Colombia. Las otras 65 especies se encuentran divididas en: 12 especies consideradas en las categorías de periféricas-no permanentes y 53 únicamente en la categoría de periféricas, las cuales se registran en algunos páramos pero sus poblaciones son consideradas como de bosque altoandino, sistemas acuáticos con mayor extensión a menor altura, o migratorias altitudinales. Ejemplos de estas especies en la categoría de no permanentes son las acuáticas y migratorias (solo se encuentran durante algunos meses del año), como los migrantes boreales *Anas acuta* (pato rabo de gallo) y *Pandion haliaetus* (águila pescadora); migratorios altitudinales como *Trogon personatus* (trogón enmascarado), o aquellas que se les puede encontrar localmente en algunos páramos ya que utilizan sistemas acuáticos como los zambullidores, por ejemplo *Podilymbus podiceps* (zambullidor común) y *Podiceps occipitalis* (zambullidor plateado). Otras especies son más abundantes en el bosque altoandino pero se presentan principalmente en el subpáramo (p. e. *Spizaetus isidori* (águila crestada), *Strix*

[*Ciccaba*] *albitarsis* (búho ocelado), *Cnemoscopus rubrirostris* (montero piquirrojo) y *Diglossa albilatera*, o que son especies que pueden desplazarse a grandes distancias y son principalmente aéreas como *Pygochelidon cyanoleuca* (golondrina azul y blanca) (Anexo 1 y Tabla 1).

A lo largo de las diferentes cordilleras y serranías se pueden encontrar diferentes especies de páramo, muchas de las cuales están distribuidas entre Venezuela, Colombia y Ecuador. Al tener en cuenta las 183 especies permanentes (categorías exclusivas, habituales y periféricas) en los páramos, en la cordillera Oriental pueden encontrarse 136 especies (148 si se incluyen permanentes y no permanentes, es decir todas); 40 para la serranía de Perijá; 114 para la cordillera Central (123 si todas), donde 107 (115 todas) a lo largo de la cordillera y 7 (8 todas) solo han sido registradas desde el macizo de Puracé hacia el sur; 112 especies (120 si todas) para el Nudo de los Pastos y páramos interiores de Nariño; 79 especies para la cordillera Occidental (86 si todas), donde 18 solo se han registrado en la parte sur y 33 (40 para todas) únicamente en la parte norte de la cordillera en los páramos de Citará-Paramillo-Frontino en Antioquia; y 37 especies (40 si todas) en los páramos de la Sierra Nevada de Santa Marta. Las otras 24 especies consideradas como no permanentes han sido registradas en diferentes páramos a lo largo de las tres cordilleras y serranías aisladas (Anexo 1).

Las especies endémicas de Colombia que se han registrado en páramos son 21; 22 si se acepta las divisiones dentro de *Oxygogon guerinii* (del Hoyo *et al.* 2014), pero solo nueve son consideradas exclusivas, seis habituales, cuatro periféricas y dos no permanentes de páramo (ca. 20 %, de las 91 especies permanentes que no son migratorias). Sobresalen colibríes (cuatro géneros), tapaculos (género *Scytalopus*), un furnárido (*Asthenes*), cucaracheros (*Troglodytes* y *Cistothorus*), loras (psittacidos, dos géneros) y un pinchafflor (género *Diglossa*). De las 21 (22?) endémicas, seis se distribuyen exclusivamente en la cordillera Oriental (*Oxygogon guerinii*, *Rallus semiplumbeus*, *Pyrrhura calliptera*, *Scytalopus griseicollis*, *Synallaxis subpudica* y *Cistothorus apolinari*); tres en la serranía

de Perijá (*Metallura iracunda*, *Scytalopus perijanus* y *Asthenes perijana*); tres para la cordillera Central (*Oxygogon [guerinii] stubelli*, *Bolborhynchus ferrugineifrons* y *Hapalopsittaca fuertesi*), pero no hay endémicas para los páramos al sur de Colombia en Nariño, que en general comparte especies con los páramos del Ecuador; tres para la cordillera Occidental, de las cuales solo dos se han registrado en el páramo de Citará-Frontino-Paramillo (*Diglossa gloriosissima*, *Coeligena orina* y *Scytalopus canus*); y siete endémicas de la Sierra Nevada de Santa Marta (*Ramphomicron dorsale*, *Oxygogon [guerinii] cyanolaemus*, *Coeligena phalerata*, *Scytalopus latebricola*, *Troglodytes monticola*, *Myiothlypis basilica*, *Myioborus flavivertex*).

Hay 26 especies casi-endémicas de Colombia en los páramos (25 si se excluye a *Arremon atricapillus* considerada aquí como no permanente), de las cuales seis son especies exclusivas (*Anas [flavirostris] andium*, *Gallinago nobilis*, *Chalcostigma herrani*, *Phalacrocorax carunculatus*, *Cinclodes [fuscus] albidiventris* y *Muscisaxicola alpinus*) y diez son habituales (*Eriocnemis derbyi*, *Eriocnemis cupreiventris*, *Eriocnemis mosquera*, *Coeligena helianthea*, *Scytalopus [latebricola] spillmanni*, *Uromyias [Anairetes] agilis*, *Conirostrum rufum*, *Urothraupis stolzmannii*, *Atlapetes pallidinucha*, y *Sporagra spinescens*). De las casi-endémicas periféricas hay nueve especies (*Nothocercus julius*, *Coeligena bonapartei*, *Andigena nigrirostris*, *Hapalopsittaca amazonina*, *Grallaricula lineifrons*, *Thripadectes flammulatus*, *Cyanolyca armillata*, *Cinnycerthia unirufa* y *Myioborus ornatus* (Anexo 1).

De acuerdo con los registros recopilados de aves en páramos de Colombia, 19 especies se encuentran presentes para la cordillera Oriental, cinco para Perijá, 19 en la cordillera Central de las cuales cuatro solo hasta Puracé desde el sur, 17 en Nariño, nueve en la cordillera Occidental donde cinco en Citará-Frontino-Paramillo pero dos exclusivamente en este, y tres para la Sierra Nevada de Santa Marta (Anexo 1).

Grupos de dieta de las aves en los páramos de Colombia

Un poco más de la mitad de las especies evaluadas consumen más de un tipo de alimento (109 especies).

Dentro de las especies que consumen un solo tipo de alimento se tienen 80 especies que consumen solamente insectos e invertebrados pequeños (IP), 13 que consumen solo vertebrados más grandes (V), dos son carroñeras, dos consumen solo insectos, invertebrados grandes y vertebrados muy pequeños (IV), y una consume solo peces (P). No hay especies que consuman exclusivamente frutos, semillas o néctar (Anexo 1).

En cada una de las categorías de presencia utilizadas hay nueve o diez tipos diferentes de dietas (Tabla 1), sin embargo la dieta más frecuente entre las categorías de presencia exclusivas, habituales y periféricas son los insectos e invertebrados pequeños (IP), seguidos por las que consumen insectos y néctar (N-IP). Las especies no permanentes consumen más insectos e invertebrados pequeños (IP) y vertebrados (V). Las especies exclusivas están casi totalmente conformadas por los dos tipos de dieta IP y N-IP, y solo unas pocas especies en esta categoría consumen dietas mixtas con frutas y/o semillas (IP-S y S-F), invertebrados y vegetación acuática (IP-VEG), vertebrados (V) o carroña (C) (Tabla 1). Igualmente sucede con las especies habituales, donde predominan dietas de IP y N-IP, pero hay más consumidores que incluyen frutos (IP-F, S-F) y más consumidores de vertebrados (V) que en las exclusivas (Tabla 1). Para las especies periféricas predominan dietas donde se consumen insectos e invertebrados pequeños (IP, IP-F, N-IP), así como frutas y semillas (IP-F y S-F), y aparecen varias especies consideradas con dietas de insectos e invertebrados pequeños y grandes y vertebrados pequeños (IP-IV). Hay menos especies presentes para la categoría de no permanentes, y varias de ellas, aunque consumen insectos e invertebrados pequeños (IP), sus dietas incluyen otros tipos de alimento como frutos, ocasionalmente semillas y vegetación acuática (IP-F, IP-F-S, IP-VEG). También hay varias especies consumidoras de vertebrados (V) y consumidoras de peces (P-IP y P) entre las no permanentes (Tabla 1).

Al analizar los equivalentes de especies y dietas para cada categoría de presencia (Figura 2), en todas las categorías predominan las especies equivalentes que consumen insectos e invertebrados pequeños (IP), y muchas especies en las categorías de exclusivos, habituales y periféricas que consumen néctar (N).

Hay un número similar de especies equivalentes que consumen semillas (S) para las categorías exclusivas, habituales y periféricas (consideradas aquí como especies con presencia permanente en páramos). Muchas más especies equivalentes consumen frutos (F) en las consideradas habituales y periféricas que en las exclusivas, donde este tipo de alimento es poco consumido. En todas las categorías de presencia hay consumidores de vertebrados (V), pero estos están mejor representados en las habituales y en las no permanentes, así como consumo de invertebrados más grandes y vertebrados pequeños (IV), pero hay más especies equivalentes que consumen este recurso en las periféricas. Hay pocas especies equivalentes que consumen vegetación acuática (VEG) y están

ausentes en la categoría de periféricas (Tabla 1). Las carroñeras están presentes únicamente en las exclusivas y habituales, y el consumo de peces únicamente en las no permanentes (Figura 2).

Al comparar las proporciones de dietas, a partir de los equivalentes de especies, entre todas las especies evaluadas y las permanentes (categorías exclusivas, habituales y periféricas) no hay mucha diferencia (Figura 3). Más de la mitad de las especies equivalentes están consumiendo insectos e invertebrados pequeños (IP), seguidos en mucha menor proporción por consumidores de néctar y frutos, luego vertebrados más grandes y semillas (Figura 3).

Tabla 1. Tipos de dieta, categorías de presencia (exclusivas, habituales, periféricas y no permanentes) y número de especies de aves registradas en páramos en Colombia. Grupo trófico: insectos e invertebrados pequeños (IP), insectos, invertebrados grandes y vertebrados muy pequeños (IV), vertebrados más grandes (V), carroña (C), peces (P), frutos (F), semillas (S), vegetación acuática (VEG) y néctar (N).

Categoría presencia / Dieta	Exclusivas	Habituales	Periféricas	No permanentes	Totales
N-IP	15	16	7	1	39
IP	20	25	28	7	80
IP-S	4	4	3		11
IP-F		9	9	3	21
IP-F-S			1	1	2
IP-IV			7		7
S-F	2	3	6		11
V	2	6		5	13
F-IV			1	2	3
IV-V		1			1
IP-F-IV		1			1
IV	1		1		2
FV			2		2
IP-VEG	3	3		2	8
IV-C	1				1
C	1	1			2
P-IP				2	2
P				1	1
Total especies por categoría Presencia	49	69	65	24	207
Total grupos tróficos por categoría Presencia	9	10	10	9	18

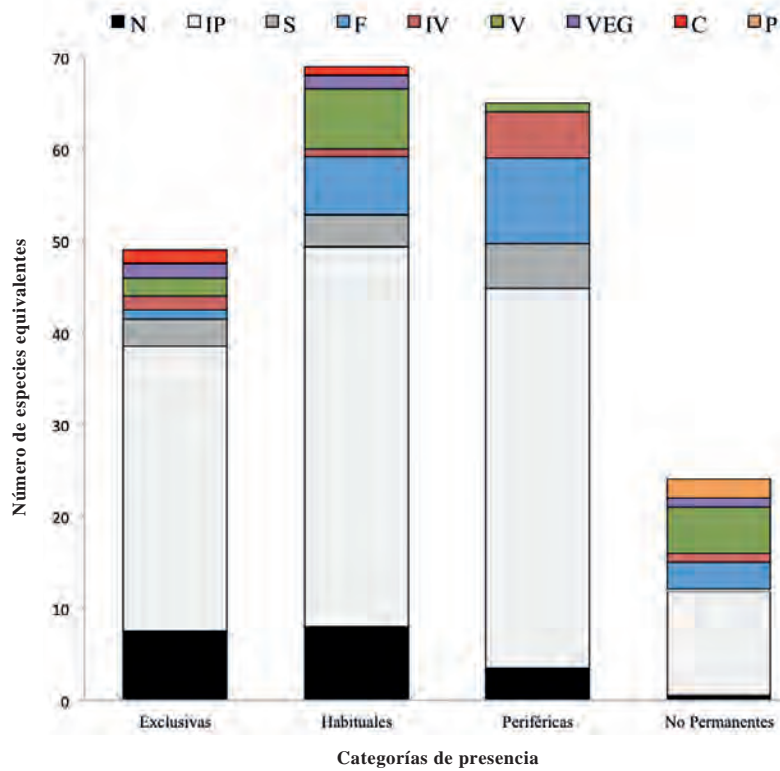


Figura 2. Número de especies equivalentes y tipos de alimentos consumidos por aves en páramos en Colombia de acuerdo a las categorías de presencia: exclusivas, habituales, periféricas y no permanentes.

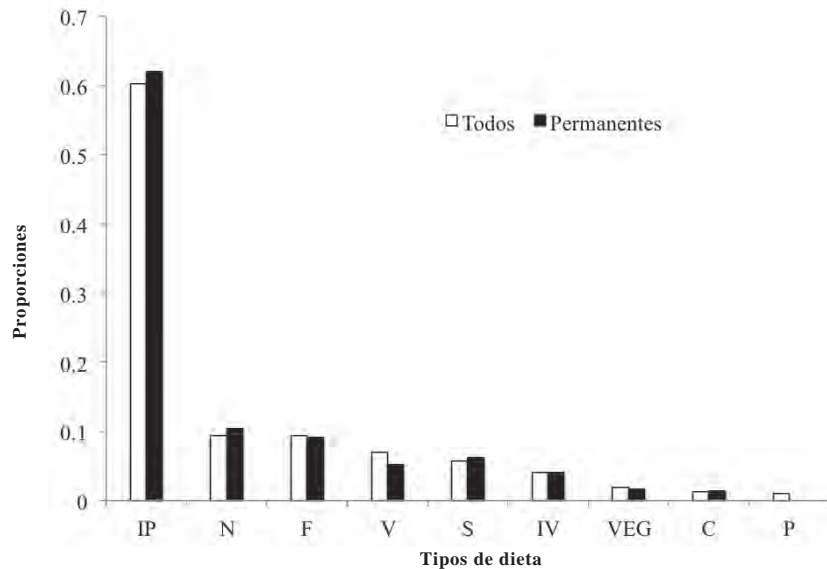


Figura 3. Proporción de las especies de aves en páramos de Colombia que consumen diferentes tipos de alimento, todas (barras blancas) y de presencia permanente (barras negras). Las proporciones están basadas en la clasificación de dietas por número de especies equivalentes (ver Material y métodos).

Solo unas pocas especies equivalentes consumen invertebrados más grandes y pequeños vertebrados, vegetación acuática, carroña, y solo una consumiría peces como dieta única (águila pescadora).

Categorías de peso de aves en páramos de Colombia

Las aves de páramo varían en peso desde muy livianas (3,4 g) hasta muy pesadas, el cóndor andino (11.300 g). Se aceptaron 15 discontinuidades (códigos de peso I-XV - Anexo 1, Figura 1 flechas negras continuas, ver Material y métodos).

Cerca de un tercio de las especies de aves de páramo (59) están entre 10,5 y 27 g (categoría V) e incluyen especies en 13 familias diferentes donde predominan Furnariidae y Thraupidae, seguidas por las especies entre 27 y 50 g (11 %- categoría VI) con 11 familias representadas (Figura 4 y Anexo 1). En las categorías de menor peso (menos de 10,5 g) están principalmente colibríes y atrapamoscas, siendo en total 43 especies de seis familias (24 % de las especies - categorías I-IV) (Tabla 2). Hay 30 especies (16 %) de nueve familias diferentes que pesan entre 50 y 130 g (categorías VII y VIII), e incluyen loros,

tororois (gralláridos), furnáridos, atrapamoscas, e incluso un búho, un guardacamino (caprimúlgo), y un halcón, entre otros. Entre las especies más pesadas están aves acuáticas (patos), águilas, búhos, y carroñeros, incluido el cóndor (Anexo 1).

Las especies de menor peso (categorías peso I-III) (28 especies) se alimentan de néctar (N) o insectos e invertebrados pequeños (IP), donde casi todas son colibríes, a excepción de un atrapamoscas (Anexo 1 y Tabla 1). Dentro de las especies pequeñas (categoría peso IV) también hay semilleros (como *Astragalinus psaltria*) que consume tanto insectos como semillas, los colibríes más grandes (N-IP), y varios atrapamoscas y cucaracheros que consumen insectos e invertebrados pequeños (IP). Las dietas se diversifican un poco a partir de los 10,5 g y hasta los 27 g de peso aunque predomina el consumo de insectos e invertebrados (IP), y muchas consumen también otro tipo de alimentos. También se diversifican las especies de aves (59) desde los 10,5 g, en la que se encuentran la mayoría de tapaculos (género *Scytalopus*), furnáridos, atrapamoscas, golondrinas, cucaracheros y muchos diferentes thráupidos, y las reinitas (familia Parulidae), entre otros (Anexo 1 y Tabla 2).

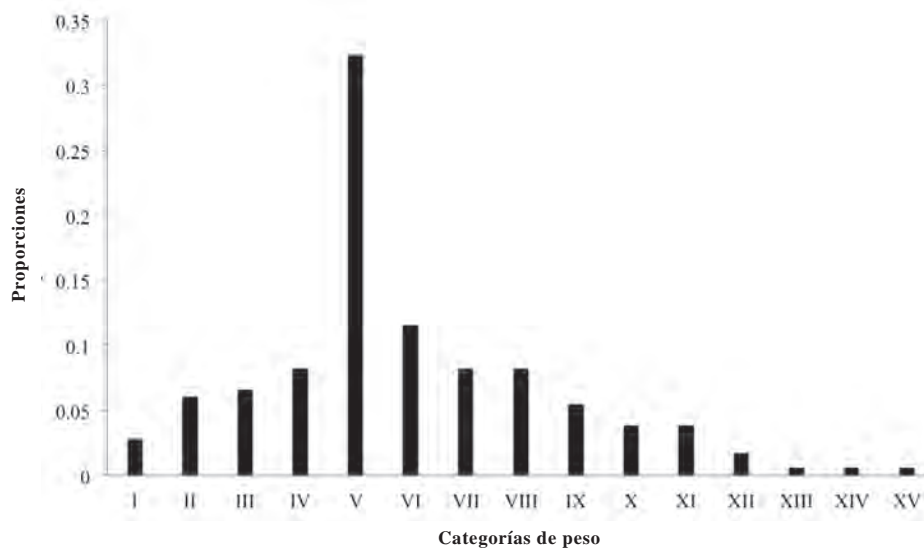


Figura 4. Proporciones de las especies de aves en páramos de Colombia identificadas a partir de discontinuidades en los promedios de peso de menor a mayor.

Tabla 2. Relación y número de especies entre los grupos de dieta y las categorías de peso para aves con presencia permanente en páramos en Colombia.

Dieta\ Categoría peso	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	Total
N-IP	5	11	11	3	8											38
IP			1	11	36	10	5	6	4							73
IP-S				1	9			1								11
IP-F					6	6	4	2								18
IP-F-S						1										1
IP-IV						3	2	1	1							7
S-F						1	3	3	1	2	1					11
V							1			2	2	2		1		8
F-IV								1								1
IV-V								1								1
IP-F-IV									1							1
IV									2							2
F-V									1	1						2
IP-VEG										2	3	1				6
IV-C											1					1
C													1		1	2
Total	5	11	12	15	59	21	15	15	10	7	7	3	1	1	1	183

A partir de los 27 g de peso y menores de 80 g (categorías peso VI y VII) se diversifican tanto las dietas (seis categorías) como las familias de aves que los consumen (16 familias), aunque no por tantas especies (36). Hay más consumidores de frutos y semillas y de invertebrados grandes y vertebrados pequeños, aunque aún dependen de insectos e invertebrados pequeños, y aparecen los primeros consumidores reales de vertebrados como dieta principal. Hay especies exclusivas y habituales de páramo, así como muchas que utilizan el subpáramo y bosque altoandino (periféricas) (Anexo 1 y Tabla 1). Desde los 80 g de peso (VIII) las dietas son las más variadas (siete categorías), donde 12 familias (15 especies) de aves son consumidores de frutos y semillas, insectos e invertebrados pequeños y grandes, muchas de ellas utilizando el subpáramo y bosques altoandinos aledaños; y aparecen algunas

especies asociadas exclusivamente a hábitos acuáticos en páramos (Anexo 1 y Tabla 1). Entre los 130 g y < 270 g (IX), las especies exclusivas están ligadas a sistemas acuáticos en páramo, las restantes principalmente a subpáramo y bosques altoandinos (Anexo 1). Luego de los 270 g hasta 900 g (X – XI) muchas especies son aves netamente acuáticas (patos y fochas), consumidores de vertebrados (rapaces diurnas y nocturnas) o dietas mixtas (*Andigena nigrirostris* y *Phalcoboenus carunculatus*), y solo unas pocas de frutos y semillas grandes (tinamú, lora y paloma) que también utilizan los bosques aledaños. En las categorías más pesadas (900 g y superiores - XII-XV) solo están rapaces (*Geranoaetus poecilochrous*, *G. melanoleucos* y *Bubo virginianus*), una focha (*Fulica ardesiaca*) y carroñeros (*Coragyps atratus* y *Vultur gryphus*) (Anexo 1 y Tabla 2).

Discusión

Riqueza de especies y presencia en los diferentes sistemas montañosos

En el análisis de la avifauna presentado aquí, se consideraron a las especies que han sido registradas en varios páramos y por lo tanto lo utilizan. Sin embargo, para los análisis biogeográficos y de afinidades taxonómicas sería necesario restringir las especies y subespecies a solo aquellas que se reproducen o se presume se reproducen en los páramos, lo cual no está bien conocido. Las especies consideradas como exclusivas de páramo y habituales, y que no son migratorias (91 especies), podrían formar esta lista inicial. Diferentes enfoques, intereses y fuentes de información han hecho que se registre diferente número de especies de aves para páramos en Colombia, como las 60 identificadas por Vuilleumier y Simberloff (1980) para páramos, en general porque su interés era principalmente de afinidades biogeográficas y por lo tanto excluyeron muchas especies que están también en otros ambientes; las 120 en Stiles (1998) o las 154 en Delgado y Rangel-Ch. (2000), esta última basada en registros en colecciones.

Se incluyó *Gallinago imperialis* en el análisis por ser una especie propia de páramo, aunque solo hay un espécimen conocido para Colombia, pero ha sido registrada en páramos de Venezuela (Vuilleumier y Simberloff 1980) y Ecuador (Krabbe *et al.* 1997) en los Andes del norte. El cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*) ha sido reintroducido en varias cordilleras, aunque algunos individuos silvestres han sido registrados recientemente o históricamente se distribuían en varios páramos del país, aunque puedan registrarse en otros tipos de ambientes a lo largo de su distribución por fuera de Colombia.

Algunas especies no se incluyeron en el listado final ni en el análisis aunque han sido registradas una o pocas veces en páramos. Algunas de estas son *Sarkidiornis melanotos*, *Porphyrio martinica*, *Penelope montagnii*, *Accipiter striatus*, *Pipraeidea melanonota* y *Haplospiza rustica*, por considerarlas como vagabundas o accidentales. Así mismo *Cathartes aura*, que ha sido registrada, tiene poblaciones residentes y migrantes del norte en Colombia, y puede llegar hasta el páramo posiblemente más utilizando térmicas

de aire, pero no permanecer en estos. Estas especies habría que evaluarlas de nuevo con más información.

De las nueve endémicas consideradas exclusivas de páramo sobresalen las de la Sierra Nevada de Santa Marta (*Troglodytes monticola* y *Oxyopogon [guerinii] cyanolaemus*), el complejo de páramos de Citará-Frontino-Paramillo (*Coeligena orina*, *Scytalopus canus* y *Diglossa gloriosissima*) y los de Perijá (*Asthenes perijana*), posiblemente por su aislamiento geográfico (insularidad) aun en el tiempo (desconexión de los otros complejos durante las glaciaciones/interglaciaciones) (van der Hammen 1998). La cordillera Central contiene dos especies (*Bolborhynchus ferrugineifrons* y *Hapalopsittaca fuertesi*), la primera exclusiva y la segunda habitual, que dependen del páramo y que tienen una distribución muy pequeña, aunque los páramos de la cordillera Central están más interconectados y continuos a lo largo de la misma (van der Hammen 1998). La cordillera Oriental es la que más extensión de páramos presenta, y por esta razón podría tener más especies endémicas que otras cordilleras (Vuilleumier 1970), sin embargo muchas de las especies consideradas exclusivas y habituales son de amplia distribución en páramos, sugiriendo que ha estado más “conectado” a lo largo del tiempo con otros complejos, o que las especies han logrado dispersarse entre cordilleras (Vuilleumier y Simberloff 1980, van der Hammen 1998). Puede haber diferencias entre poblaciones de distintos páramos y cordilleras, pero estas aún no están bien estudiadas. Falta información de las aves en muchos páramos, pero principalmente en la cordillera Occidental, los cuales tienen poca extensión y se encuentran aislados (Sarmiento *et al.* 2013), y deben haberse reducido o desaparecido en algunos periodos interglaciares, con subsecuente extinción y recolonización de especies (van der Hammen 1998).

La avifauna de los páramos es taxonómica y ecológicamente diversa (ver también Vuilleumier y Simberloff 1980). Se ha propuesto que sus afinidades son principalmente con especies de origen austral, aunque con elementos que especieron en los mismos y cuya distribución a parches se debe a aislamiento (actual y evolutivo - ciclos glaciares/interglaciares),

área, “insularidad” competencia; y variabilidad, heterogeneidad y área de hábitats presentes en diferentes páramos (Vuilleumier 1970, Vuilleumier y Simberloff 1980). Muchas de las especies de aves de páramo son compartidas entre los complejos en el norte de los Andes (Venezuela, Colombia y Ecuador) y más de la mitad de las especies se encuentran también en la Puna (Vuilleumier y Simberloff 1980).

Muchas de las especies de aves aquí identificadas han sido registradas para bosques de *Polylepis* tanto en Colombia como en otros países (Fjeldsa 1992, 2002, Fjeldsa y Kessler 1996, Herzog *et al.* 2003, Valderrama y Verhelst 2009, Meneses-Ortegón y Herrera-Martínez 2013). Sin embargo, aquí no se realizó una distinción específica a hábitats o a estos bosques, en los que se considera que son utilizados en general por especies de amplia distribución, adaptables y utilizados estacionalmente (Fjeldsa 1992, Fjeldsa y Kessler 1996). Los bosques de *Polylepis* en Colombia se encuentran muy reducidos y a parches en varios páramos de Colombia (Rangel-Ch. y Arellano 2010), pero hay poca información sobre las aves en *Polylepis* para el país (Valderrama y Verhelst 2009, Meneses-Ortegón y Herrera-Martínez 2013). Al sur de la cordillera de los Andes en Perú, Bolivia y norte de Argentina–Chile son más extensos y hay especies de aves restringidas a este tipo de bosques, como *Oreomanes fraseri* (Fjeldsa 1992, Fjeldsa y Kessler 1996, Herzog *et al.* 2003).

Grupos de dieta y categorías de peso de aves en páramos de Colombia

El número de especies que utilizan un recurso sugiere qué tan finamente puede estar dividido el mismo (Wong 1986); en este caso, una gran cantidad de especies -así como se evidencia en las especies equivalentes- consumen insectos e invertebrados pequeños, lo cual podría indicar que este recurso debería ser diverso y posiblemente abundante (al menos estacionalmente) en muchos páramos, ya que varias especies además se especializan en este tipo de alimento. Muchas de estas especialistas son además aves de bajo peso, lo cual podría favorecer su diversificación (Gaston y Blackburn 2000, Bennett y Owens 2002). En mucha menor proporción -en comparación con los consumidores de insectos e invertebrados pequeños-, hay consumo de néctar y frutos, ya que hay varias

especies de plantas en el páramo que florecen y producen néctar que es consumido por colibríes, pincha flores (género *Diglossa*), pico conos (género *Conirostrum*), y ocasionalmente por otras especies. Los frutos de especies arbustivas (incluidas ericáceas) y arbóreas son consumidos también por un gran número de especies en diferentes categorías de peso, pero posiblemente su diversidad en un momento dado (son estacionales) no es tan grande, y por lo mismo corresponde a un recurso utilizado por muchas especies de diferentes familias siempre junto con algún otro recurso (no hay especialistas frugívoros en el páramo).

Varias aves consumen vertebrados y su diversidad puede ser alta ya que hay varias especies de aves de diferentes pesos que se especializan en este, incluyendo aves medianas o tan grandes como el águila de páramo. La categoría de dieta de los invertebrados grandes y vertebrados pequeños es utilizada por unas pocas especies y es, al igual que otros recursos para aves, posiblemente más estacional o variable (para artrópodos ver Bernal 1985, Salamanca y Chamorro 1995, Sturm 1995, para un roedor ver Pérez-Torres 1994). Muy pocas especies están consumiendo vegetación acuática, pero no se sabe qué tan abundantes pueden ser; es posible que su variación sea muy grande dependiendo de las condiciones específicas de cada páramo, la presencia constante de lagunas y áreas inundadas y la productividad de los mismos. Además algunas de las especies vinculadas con sistemas acuáticos son las de mayor peso. Finalmente, hay pocas especies que consuman carroña, siendo las especies más pesadas. En el páramo la descomposición de animales muertos es lenta comparado con bosques de zonas bajas (Martínez *et al.* 2007), y un solo cadáver podría ser suficiente para alimentar por un largo periodo a varios individuos, permitiendo su permanencia al haber oferta del recurso. Solo hay una especie no permanente por ser migratoria (*Pandion haliaetus*), que consume peces; este recurso dependería de nuevo de la permanencia de lagos, lagunas y su productividad.

Las proporciones de equivalentes de número de especies de los diferentes tipos de dieta son similares a los encontrados para bosques altoandinos, aunque la proporción de frutos consumidos en estos bosques es un poco mayor (Stiles y Rosselli 1998). Al comparar con las dietas para otras comunidades de aves de bosques andinos a menor altitud, en todos se evidencia

un alto consumo de insectos, pero en algunos casos las proporciones son menores y el consumo de frutos y semillas es mayor, aunque no siempre hubo evaluación de algunas categorías de dieta categorizadas aquí o el análisis fue realizado de forma diferente (Marín-Gómez 2005, Parra-Hernández *et al.* 2009).

La frecuencia de especies por pesos (log10) está sesgado un poco a la derecha (más clases pequeñas) como es lo esperado y evidenciado en las proporciones encontradas de acuerdo a las discontinuidades de peso (Figura 4) (Gaston y Blackburn 2000). La avifauna de páramo muestra una gran cantidad de especies de tamaño pequeño y su distribución es similar a la encontrada por Stiles y Rosselli (1998) para bosques altoandinos, aunque las categorías fueron obtenidas por métodos diferentes. Las proporciones en cada categoría son un poco menores para la avifauna de páramo comparado con las del bosque altoandino, a excepción de las especies de mayor peso (ver Figura 4 en Stiles y Rosselli 1998). Las proporciones de especies pequeñas son similares (menores a 27 g) (categoría I-V este estudio) (categoría I - III en Stiles y Rosselli 1998), y la categoría entre 10,5 y 27 g (V este estudio) y entre 13-25 g (categoría III) de Stiles y Rosselli (1998) es la que contiene la mayor proporción de especies en ambos casos.

Sería necesario tener información de la abundancia de individuos en el tiempo que utilizan cada recurso, lo cual reflejaría mejor la disponibilidad del recurso que los soporta (Wong 1986). Un análisis de abundancias también tendría implicaciones en la permanencia de especies de diferentes tamaños y dietas en el páramo. Es posible que en biomasa haya mayor cantidad de especies pequeñas de aves y solo unos pocos individuos de las más pesadas utilizarían ciertos recursos en páramos, lo cual sería consistente con los tipos de recursos disponibles. Esto también incluye a las especies migratorias, muchas de las cuales utilizan recursos del páramo en ciertas épocas pero no se reproducirían allí. Es necesario estudiar más la presencia, tiempo de permanencia y dietas de especies migratorias en los páramos (Acevedo-Charry *et al.* 2013).

Hace falta más información sobre la fenología (floración y fructificación) y los recursos que producen (néctar y frutos) para muchas especies vegetales de

páramo, al igual que su relación con cambios en la presencia, abundancia y reproducción de especies animales que los consumen (fauna en general, para aves en particular ver Snow 1983, Brand-Prada 1995, Parada-Quintero *et al.* 2012, aunque ver Bonilla y Zuloaga 1995 para fenología y varios trabajos en Mora-Osejo y Sturm 1995). También sobre datos específicos de dieta de las aves en los páramos y las abundancias y dinámicas de sus presas (insectos, invertebrados y vertebrados). Algunas lagunas de páramo tienen datos de invertebrados (Gaviria 1993, 1994); sin embargo, solo se encontró información sobre vertebrados asociados a estas o sistemas acuáticos permanentes o estacionales.

Conclusiones

Las aves presentes en los páramos de Colombia son especies consideradas pertenecientes a páramo, pero también algunas utilizan otros ecosistemas (bosque altoandino y acuáticos). El número de especies consideradas de páramo cambia con el enfoque (p. e. biogeográfico o de uso) y fuentes de información, pero muchas presentan distribuciones disyuntas.

Para los páramos de Colombia han sido registradas 207 especies, donde 183 tienen presencia permanente (categorías exclusivas, habituales y periféricas); 91 tienen poblaciones en páramos y se presume que se reproducen allí (exclusivas y habituales), y 49 dependen totalmente de este ecosistema para su supervivencia. Predominan las especies de aves en las familias Thraupidae, Trochilidae, Tyrannidae y Furnariidae.

Se registran muchas más especies de páramo para la cordillera Oriental, posiblemente por ser la que posee mayor extensión de este ecosistema, seguida por la cordillera Central y Nudo de los Pastos (Nariño) en Colombia. Se encuentra un menor número de especies en la serranía de Perijá y la Sierra Nevada de Santa Marta. Hay 22 especies endémicas y 26 casi-endémicas de Colombia, lo cual implica una responsabilidad de país para asegurar que sus poblaciones perduren.

Predominan las aves pequeñas consumidoras de insectos e invertebrados pequeños, pero un poco más de la mitad consumen otros tipos de alimentos, como néctar y frutos, y en menor proporción semillas,

vertebrados y carroña. Las especies con mayor peso consumen vertebrados y carroña; varias de ellas son acuáticas por lo tanto dependen de la presencia de cuerpos de agua permanente o estacional.

Es necesario continuar evaluando algunas especies para conocer su permanencia en páramos al igual que para todas sus abundancias y uso de recursos. Hace falta más información sobre fenología de los recursos que consumen (plantas y fauna), y su relación con procesos de reproducción y muda, y su influencia en los ciclos de vida de las aves que los utilizan.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt por la invitación a participar con la presentación de trabajos sobre páramos andinos. A los evaluadores anónimos por sus sugerencias y comentarios para mejorar el escrito.

Bibliografía

- Acevedo-Charry, O., N. E. Matta-Camacho y L. I. Moncada-Álvarez. 2013. Registros nuevos o poco conocidos de aves migratorias en la Laguna Del Otún, Parque Nacional Natural Los Nevados, Risaralda, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 18: 191-198.
- Arbeláez-Cortés, E., O. H. Marín-Gómez, O. Baena-Tovar y J. C. Ospina-González. 2011. Aves, finca Estrella de Agua, páramo de Frontino, municipality of Salento, Quindío, Colombia. *CheckList* 7 (1): 64-70.
- ABO. 2000. Aves de la Sabana de Bogotá. Guía de campo. Asociación Bogotana de Ornitología (ABO) y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá. 276 pp.
- Avendaño, J. E., A. M. Cuervo, J. P. López-O., N. Gutiérrez-Pinto, A. Cortés-Diago y C. D. Cadena. 2015. A new species of tapaculo (Rhinocryptidae: *Scytalopus*) from the Serranía de Perijá of Colombia and Venezuela. *Auk* 132: 450-466.
- Bennett, P. M. y I. P. F. Owens. 2002. Evolutionary ecology of birds: life histories, mating systems, and extinction. Oxford University Press. London. 278 pp.
- Bernal C., A. 1985. Estudio comparativo de la entomofauna del pajonal paramuno y del bosque alto-andino de la región de Monserrate (Cund.). Pp. 225-260. *En: Sturm, H. y O. Rangel-Ch. (Eds.). Ecología de los páramos andinos: una visión integrada.* Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural. Biblioteca José Jerónimo Triana No. 9. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Bonilla, M. A. y G. Zuloaga. 1995. Fenología de algunas especies de plantas del páramo “El Granizo”, Monserrate (Cundinamarca-Colombia). Pp. 485-501. *En: Mora-Osejo, L. E. y H. Sturm (Eds.). Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera Oriental de Colombia.* Tomo II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 6.
- Brand-Prada, M. 1995. Interacciones entre colibríes y las ericáceas *Macleania rupestris* y *Befaria resinosa* en un páramo de Colombia. Pp: 663-677. *En: Mora-Osejo, L. E. y H. Sturm (Eds.). Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera Oriental de Colombia.* Tomo II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 6.
- Calderón-Leyton, J. J. 2002. Aves de la Laguna de La Cocha. Asociación para el Desarrollo Campesino (ADC). San Juan de Pasto, Colombia. 172 pp.
- Chaparro-Herrera, S., M. A. Echeverry-Galvis, S. Córdoba-Córdoba y A. Sua-Becerra. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana* 14 (2): 235-272.
- Córdoba-Córdoba, S., M. A. Echeverry, A. M. Umaña, I. Quintero, M. Iguera, A. Prieto, H. Mendoza, H. Villarreal y J. M. Rengifo. 2007. Informe GEMA-IAVH-00981. Informe Técnico. Caracterización de la biodiversidad de cuatro áreas del Parque Nacional Natural Chingaza, Cundinamarca, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. 187 pp.
- Cresswell, W., R. Mellamby, S. Bright, P. Catry, J. Chaves, J. Freile, A. Gabela, M. Hughes, H. Martineau, R. MacLeod, F. McPhee, N. Anderson, S. Holt, S. Barabas, C. Chapel y T. Sanchez. 1999. Birds of the Guandera Biological Reserve, Carchi province, north-east Ecuador. *Cotinga* 11: 55-63.
- Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 10 (40): 221-268.
- Delgado, A. C. y J. O. Rangel-Ch. 2000. Aves. Pp: 629-644. *En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.) Colombia Diversidad Biótica III - La región de vida paramuna de Colombia.* Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá.
- del Hoyo, J., N. J. Collar, D. A. Christie, A. Elliott, y L. D. C. Fishpool. 2014. HBW and BirdLife International - Illustrated Checklist of the Birds of the World. Barcelona, Spain and Cambridge UK: Lynx Edicions and BirdLife International. 904 pp.
- Dunning Jr, J. B. 2008. CRC Handbook of Avian Body Masses. 2nd Edition. 655 pp.

- Echeverry-Galvis, M. A., S. Córdoba-Córdoba, C. A. Peraza, M. P. Baptiste y J. A. Ahumada. 2006. Body weights of 98 species of Andean cloud-forest birds. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 126 (4): 291-298.
- Estela, F. A., D. Arbeláez, D. Fajardo, L. A. Neira y S. Restrepo. 2004. Caracterización ornitológica del páramo del duende y su zona de amortiguación. Asociación para el Estudio y Conservación de las Aves Acuáticas de Colombia (Calidris). 14 pp.
- Fjeldsa, J. 1992. Biogeographic patterns and evolution of the avifaunas of relict high-altitude woodlands of the Andes. *Steenstrupia* 18 (2): 9-62.
- Fjeldsa, J. 2002. *Polylepis* forests—vestiges of a vanishing ecosystem in the Andes. *Ecotropica* 8 (2): 111-123.
- Fjeldsa, J. y M. Kessler. 1996. Conserving the biological diversity of *Polylepis* woodlands of the Highland of Peru and Bolivia. A contribution to sustainable natural resource management in the Andes. Nordeco, Copenhagen, Denmark. 250 pp.
- Fjeldsa, J. y N. Krabbe. 1990. Birds of the High Andes. Zoological Museum, University of Copenhagen y Apollo Books, Svendborg, Dinamarca. 876 pp.
- Gaston, K. J. y T. M. Blackburn. 1995. Birds, body size and the threat of extinction. *Philosophical Transactions of the Royal Society. London B* 347: 205-212.
- Gaston, K. J. y T. M. Blackburn. 2000. Pattern and process in macroecology. Blackwell Science. Cambridge University Press. London. 377 pp.
- Gaviria, S. 1993. Crustacean plankton of a high altitude tropical lake: Laguna de Chingaza, Colombia. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 25: 906-911.
- Gaviria, S. 1994. Los copépodos (Arthropoda, Crustacea) de vida libre de las aguas continentales de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 19 (73): 361-385.
- Herzog, S. K., R. Soria-A. y E. Matthysen. 2003. Seasonal variation in avian community composition in a High-Andean *Polylepis* (Rosaceae) forest fragment. *Wilson Bulletin* 115 (4): 438-447.
- Hilty, S. L. y W. L. Brown. 1986. A Guide to the Birds of Colombia. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 836 pp.
- Hilty, S. L. y W. L. Brown. 2001. Guía de las aves de Colombia. Traducción al español por Humberto Álvarez-López. American Bird Conservancy - Sociedad Antioqueña de Ornitología-Universidad del Valle. Imprelibros S.A. Colombia. 1030 pp.
- Hilty, S. L. y J. R. Silliman. 1983. Puracé National Park, Colombia. *American Birds* 37: 247-256.
- Howell, N. G., y S. Webb. 2010. A guide to the birds of México and Northern Central America. Oxford University Press. New York. 1010 pp.
- Kattan, G. H. 1992. Rarity and vulnerability: the birds of the cordillera Central of Colombia. *Conservation Biology* 6 (1): 64-70.
- Koenen, M. T. y S. Gale-Koenen. 2000. Effects of fire on birds in páramo hábitat of northern Ecuador. *Ornitología Neotropical* 11: 155-163.
- Krabbe, N., P. Flórez, G. Suárez, J. Castaño, J. D. Arango y A. Duque. 2006. The birds of Páramo de Frontino, western Andes of Colombia. *Ornitología Colombiana* 4: 39-50.
- Krabbe, N., B. O. Poulsen, A. Frolander y O. Rodríguez-Barahona. 1997. Range extensions of cloud forest birds from the high Andes of Ecuador: new sites for rare or little-recorded species. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 117 (4): 248-256.
- Lambert, W. D. y C. S. Holling. 1998. Causes of ecosystem transformation at the end of the Pleistocene: evidence from mammal body-mass distributions. *Ecosystems* 1: 157-175.
- López-O., J. P., J. E. Avendaño, N. Gutiérrez-Pinto y A. M. Cuervo. 2014. The birds of the Serranía de Perijá: The northernmost avifauna of the Andes. *Ornitología Colombiana* 14: 62-93.
- Marín-Gómez, O. H. 2005. Avifauna del campus de la Universidad del Quindío. *Boletín SAO* 15(2): 42-60.
- Martínez, E., P. Duque y M. Wolff. 2007. Succession pattern of carrion-feeding insects in Paramo, Colombia. *Forensic Science International* 166: 182-189.
- Meneses-Ortegón, L. A. y Y. Herrera-Martínez. 2013. Estudio preliminar de la avifauna asociada a parches de *Polylepis quadrijuga* (Rosaceae) del páramo de La Rusia, Duitama (Boyacá – Colombia). *Luna Azul (Universidad de Caldas)* 36: 40-54.
- Mora-Osejo, L. E. y H. Sturm (Eds.). 1995. Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera Oriental de Colombia. Tomo I y II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 6. 715 pp.
- Norton, W. J. E. 1975. Notes on birds of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 95 (3): 109-115.
- Olivares, A. 1973. Aves de la Sierra Nevada del Cocuy, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 14 (54): 39-48.
- Parada-Quintero, M., D. Alarcón-Jiménez y L. Rosero-Lasprilla. 2012. Fenología de la floración de especies ornitófilas de estratos bajos en dos hábitats altoandinos del parque natural municipal Ranchería (Paipa-Boyacá-Colombia). *Caldasia* 34 (1): 139-154.
- Parra-Hernández, R. M., S. Losada-Prado, J. Murillo y M. A. Carvajal-Lozano. 2009. Dieta alimentaria de algunas aves de la cuenca del río Prado-Tolima. *Revista Tumbaga* 4: 97-119.

- Pérez-Torres, J. 1994. Aspectos ecológicos de una población de roedores en la cordillera Oriental colombiana. *Universitas Scientiarum* 2 (1): 87-101.
- Pfeifer, A. M., J. C. Verhelst y J. E. Botero. 2001. Estado de conservación de las aves del Parque Natural Nacional Los Nevados y su zona de amortiguación. *Boletín SAO* 12 (No22-23): 21-41.
- Pulgarín-R., P. C. y W. A. Múnera-P. 2006. New bird records from Farallones del Citará, Colombian western Cordillera. *Boletín SAO* 16 (1): 44-53.
- Rangel-Ch., J. O. 2000. Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales (ICN) e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 902 pp.
- Rangel-Ch., J. O. y H. Arellano. 2010. Bosques de *Polylepis*: un tipo de vegetación condenado a la extinción. Pp. 443-478. En: J. O. Rangel-Ch. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica X: Cambios global (natural) y climático (antrópico) en el páramo colombiano. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá.
- Remsen, J. V., Jr., J. I. Areta, C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz, and K. J. Zimmer. 2015. Versión [20 Mar 2015]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- Robbins, M. B., N. Krabbe, G. H. Rosenberg, F. Sornoza-Molina. 1994. The tree line avifauna at Cerro Mongus, Prov. Carchi, Northeastern Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 145: 209-216.
- Salamanca, P. y C. Chamarro. 1995. La edafofauna del páramo de Monserrate-Sector Hacienda Santa Bárbara (Cundinamarca-Colombia). Pp. 631-647. En: Mora-Osejo, L. E. y H. Sturm (Eds.). Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino cordillera Oriental de Colombia. Tomo I. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Sarmiento, C., C. Cadena, M. Sarmiento, J. Zapata y O. León. 2013. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: Actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 89 pp.
- Snow, D. W. 1983. The use of *Espeletia* by paramo hummingbirds in the Eastern Andes of Colombia. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 103: 89-94.
- Stiles, F. G. 1983. Birds: Introduction. Pp: 503-531. En: Janzen, D. H. (Ed.). Costa Rican Natural History. University of Chicago Press. Chicago.
- Stiles, F. G. 1998. Anexo 1.5 - Lista de aves de los páramos colombianos. Pp: 196-199. En: Chaves-S., M. E. y N. Arango-V (Eds.) Diversidad Biológica - Tomo 1. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad Colombia 1997. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH. Bogotá. IAvH, PNUMA, MMA.
- Stiles, F. G. y L. Rosselli. 1998. Inventario de las aves de un bosque altoandino: comparación de dos métodos. *Caldasia* 20 (1): 29-43.
- Stotz, D. F., J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker III y D. K. Moskovits. 1996. Neotropical birds: ecology and conservation. Univ. Chicago Press, Chicago. 478 pp.
- Strewe, R. y S. Kreft. 1999. First records of masked Mountain-Tanager (*Buthraupis wetmorei*) and black-backed Bush-Tanager (*Urothrupis stolzmanni*) (Thraupidae) for Nariño, Southwestern Colombia. *Ornitología Neotropical* 10: 111-113.
- Strewe, R. y J. Puyana-E. 2001. Lago de Cumbal: humedal importante para la conservación de las aves acuáticas. *Boletín SAO* 12 (22-23): 66-69.
- Sturm, H. 1995. Fauna. Pp. 71-87. En: Mora-Osejo, L. E. y H. Sturm (Eds.). Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino, cordillera Oriental de Colombia. Tomo II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 6.
- Suárez-Sanabria, N. y C. D. Cadena. 2014. Diversidad y estructura de la Avifauna del Valle de Lagunillas, Parque Nacional Natural El Cocuy, Colombia. *Ornitología Colombiana* 14: 48-61.
- Uribe-R., D. 1982. La laguna del Otún y sus aves. *Rupicola* 2 (12): 4.
- Valderrama, S. V. y J. C. Verhelst. 2009. Avifauna asociada a los bosques de *Polylepis* en Colombia. *Conservación Colombiana* 10: 45-68.
- van der Hammen, T. 1998. Páramos. Pp: 10-37. En: Chaves-S., M. E. y N. Arango-V (Eds.) Diversidad Biológica - Tomo 1. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad Colombia 1997. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, MMA. Bogotá, Colombia.
- Vuilleumier, F. 1970. Insular biogeography in continental regions. I. The Northern Andes of South America. *American Naturalist* 104: 373-388.
- Vuilleumier, F. y D. Ewert. 1978. The Distribution of Birds in Venezuelan Paramos. *Bulletin of American Museum of Natural History* 162 (2): 51-90.
- Vuilleumier, F. y D. Simberloff. 1980. Ecology versus History as determinants of patchy or insular distributions in High Andean Birds. Pp: 235-366. En: Hecht, M. K., W. C. Steere y B. Wallace (Eds.). Evolutionary Biology - Vol. 12. Plenum, New York.
- Wong, M. 1986. Trophic organization of understory birds in a Malaysian dipterocarp forest. *Auk* 103 (1): 100-116.

Anexo 1. Listado de las aves en páramo en Colombia, con sus categorías de presencia, distribución geográfica, observaciones, grupo de dieta y categoría de peso (ver Material y métodos). Grupos Presencia: 1 = Especies exclusivas de páramos - Exclusivas; 2 = Especies que frecuentan el páramo aunque pueden encontrarse en otros hábitats - Habituales; 3 = Especies que utilizan con frecuencia el páramo al igual que el bosque altoandino - Periféricas; 4 = Especies que utilizan ocasionalmente el páramo - No permanentes. Distribución geográfica (tomado y modificado de Stiles 1998): 1 = E = cordillera Oriental; 2 = P = Serranía de Perijá; 3 = C = cordillera Central; 4 = C' = Parte sur de la cordillera Central hacia el norte hasta Puracé; 5 = N = Páramos de Nariño y Nudo de los Pastos; 6 = O = cordillera Occidental; 7 = O' = Restringidas a la parte norte de la cordillera Occidental, región Citara - Paramillo - Frontino; 8 = S = Sierra Nevada de Santa Marta. Observaciones: MB = migratorio boreal; MA = migratorio austral; R-MB y R-MA = Presencia de Residentes locales y Migratorios; E = Endémica de Colombia o de Perijá (compartida entre Colombia y Venezuela); ? = Con distribución más amplia pero ocupa páramo regularmente en la cordillera señalada; Introd. = Introducido en varias cordilleras en Colombia. (Modificado de Stiles 1998). Grupo trófico: Insectos e invertebrados pequeños (IP), insectos, invertebrados grandes y vertebrados muy pequeños (IV), vertebrados más grandes (V), peces (P), frutos (F), semillas (S), vegetación acuática (VEG) y néctar (N). Categoría Peso: I: < 4g; II: 4 - < 6; III: 6 - < 8; IV: 8 - < 10.5; V: 10.5 - < 27; VI: 27 - < 50; VII: 50 - < 80; VIII: 80 - < 130; IX: 130 - < 270; X: 270 - < 500; XI: 500 - < 900; XII: 900 - < 1500; XIII: 1500 - < 2200; XIV: 2200 - < 3000; XV: > 3000.

Familia	Especie	Grupos de presencia								Distribución geográfica en páramos de Colombia								Observaciones	Grupo trófico	Categoría peso
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8							
Tinamidae	<i>Nothocercus julius</i>			Per.		E?	C?			O	O'				CE	S-F	XI			
Anatidae	<i>Anas (flavirostris) andium</i>	Exc.				E	C	N							CE	IP-VEG	X			
	<i>Anas acuta</i>				NPer.		C							MB	IP-VEG					
	<i>Anas georgica</i>	Exc.	Hab.			E		N							IP-VEG		XI			
	<i>Anas discors</i>		Hab.			E	C	N						MB	IP-VEG		X			
	<i>Anas cyanoptera</i>				NPer.	E		N							IP-VEG					
	<i>Oxyura (jamaicensis) ferruginea</i>	Exc.				E	C	N							IP-VEG		XI			
Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i>					NPer.		N?							P-IP					
	<i>Podiceps occipitalis</i>					NPer.		C?	N?						P-IP					
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>		Hab.	Per.		E	C	N		O'					C		XIII			
	<i>Vultur gryphus</i>	Exc.				E	P	C	N	O		S		Introd.	C		XV			
Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>					NPer.		C	N?					MB	P					
Accipitridae	<i>Spizaetus isidori</i>					NPer.		E?		N?					V					
	<i>Circus cinereus</i>		Hab.			E?		N							V		X			
	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Exc.				E	C	N		O'					V		XIV			
	<i>Geranoaetus polyosoma</i>		Hab.			E	C			O'					V		XI			

Cont. Anexo 1. Listado de las aves en páramo en Colombia, con sus categorías de presencia, distribución geográfica, observaciones, grupo de dieta y categoría de peso (ver Material y métodos).

Familia	Especie	Grupos de presencia								Distribución geográfica en páramos de Colombia								Observaciones	Grupo trófico	Categoría peso
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8							
Accipitridae	<i>Geranoaetus poecilochrous</i>	Exc.					C									R-MA	V	XII		
	<i>Buteo platypterus</i>				NPer.	E	C				O'					MB	V			
Rallidae	<i>Rallus semiplumbus</i>			Per.		E										End.	IP	VIII		
	<i>Fulica americana</i>		Hab.			E	C					N?					IP-VEG	XI		
	<i>Fulica ardesiaca</i>		Hab.									C'	N				IP-VEG	XII		
Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Exc.				E?	C										IV	IX		
Scolopacidae	<i>Gallinago gallinago</i>		Hab.			E	C							S		MB	IP	VIII		
	<i>Gallinago imperialis</i>	Exc.				E										Poco conocida	IP	IX		
	<i>Gallinago jamesoni</i>	Exc.				E	C					N		S			IP	IX		
	<i>Gallinago nobilis</i>	Exc.	Hab.			E	C					N	O			CE	IP	IX		
	<i>Actitis macularia</i>					E	C		NPer.			N				R-MB	IP	VI		
	<i>Tringa solitaria</i>		Hab.			E	C					N				R-MB	IP	VI		
Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>		Hab.	Per.		E	C										S-F	X		
	<i>Metropelia melanoptera</i>	Exc.										N					S-F	VIII		
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>		Hab.			E?								O'?			V	XI		
Strigidae	<i>Megascops albogularis</i>			Per.		E								O'			IV	IX		
	<i>Bubo virginianus</i>		Hab.				C										V	XII		
	<i>Strix albitarsis</i>					E?			NPer.					O'?			V			
	<i>Glaucidium jardinii</i>		Hab.			E								O'?			V	VII		
	<i>Asio stygius</i>					E			NPer.								V			
	<i>Asio flammeus</i>		Hab.			E						N					V	X		
Caprimulgidae	<i>Lurocalis rufiventris</i>			Per.										O'?			IP	VII		
	<i>Systellura (Caprimulgus) longirostris</i>		Hab.			E	P	C				N	O	S			IP	VI		
	<i>Uropsalis segmentata</i>	Exc.	Hab.			E		C									IP	VI		
Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>			Per.		E?		C									IP	VIII		
Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>		Hab.	Per.		E	P	C				N	O	O'	S		N-IP	III		

Cont. Anexo 1. Listado de las aves en páramo en Colombia, con sus categorías de presencia, distribución geográfica, observaciones, grupo de dieta y categoría de peso (ver Material y métodos).

Familia	Especie	Grupos de presencia								Distribución geográfica en páramos de Colombia								Observaciones	Grupo trófico	Categoría peso
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8							
Trochilidae	<i>Helianthus [amethysticollis] clarisse</i>			Per.	NPer.	E												N-IP	II	
	<i>Oreotrochilus chinborazo</i>	Exc.						N										N-IP	IV	
	<i>Opisthorrhina euryptera</i>		Hab.			E	C	N										N-IP	III	
	<i>Lesbia victoriae</i>	Exc.				E		N										N-IP	II	
	<i>Lesbia nuna</i>			Per.		E												N-IP	I	
	<i>Ramphomicon microrhynchum</i>		Hab.			E	C	N	O	O'								N-IP	I	
	<i>Ramphomicon dorsale</i>		Hab.									S				End.		N-IP	I	
	<i>Chalcostigma heteropogon</i>	Exc.			E													N-IP	III	
	<i>Chalcostigma herrani</i>	Exc.					C	N	O							CE		N-IP	III	
	<i>Oxygogon guerinii</i>	Exc.			E											End.?		N-IP	II	
	<i>Oxygogon (guerinii) stubelli</i>	Exc.					C									End.		N-IP	II	
	<i>Oxygogon (guerinii) cyanolaemus</i>	Exc.											S			End.		N-IP	II	
	<i>Metallura tyrinthina</i>		Hab.	Per.	E	P	C	N	O	O'	S							N-IP	I	
	<i>Metallura iracunda</i>		Hab.			P										End.		N-IP	I	
	<i>Metallura williami</i>	Exc.					C	N	O'									N-IP	II	
	<i>Eriocnemis vestita</i>		Hab.		E	C	C	N	O'									N-IP	II	
	<i>Eriocnemis derbyi</i>		Hab.				C	N								CE		N-IP	II	
<i>Eriocnemis cupreiventris</i>		Hab.	Per.	E	C	C									CE		N-IP	II		
<i>Eriocnemis luciani</i>		Hab.	Per.				N										N-IP	III		
<i>Eriocnemis mosquera</i>		Hab.				C	N	O'							CE		N-IP	II		
<i>Agleactis cupripennis</i>	Exc.	Hab.		E	C	C	N	O									N-IP	III		
<i>Coeligena phalerata</i>		Hab.	Per.								S				End.		N-IP	III		
<i>Coeligena orina</i>	Exc.								O'						End.		N-IP	III		
<i>Coeligena lutetiae</i>		Hab.				C	N										N-IP	III		
<i>Coeligena bonapartei</i>			Per.	E	P										CE		N-IP	III		
<i>Coeligena helianthea</i>		Hab.	Per.	E	P										CE		N-IP	III		
<i>Lafresnaya lafresnayi</i>			Per.	E	P	C	N	O	O'	S							N-IP	II		

Cont. Anexo 1. Listado de las aves en páramo en Colombia, con sus categorías de presencia, distribución geográfica, observaciones, grupo de dieta y categoría de peso (ver Material y métodos).

Familia	Especie	Grupos de presencia								Distribución geográfica en páramos de Colombia								Observaciones	Grupo trófico	Categoría peso
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8							
Trochilidae	<i>Ensifera ensifera</i>			Per.		E							N?				N-IP	V		
	<i>Pterophanes cyanopterus</i>	Exc.				E	C						N				N-IP	IV		
	<i>Boissonneaua flavescens</i>			Per.	NPer.	E?											N-IP	IV		
Trogonidae	<i>Trogon personatus</i>					E	C							O'			F-IV			
Ramphastidae	<i>Andigena hypoglauca</i>			Per.				C'	N								F-V	IX		
	<i>Andigena nigrivestris</i>			Per.		E	C									CE	F-V	X		
Picidae	<i>Picooides fumigatus</i>			Per.		E?											IP	VI		
	<i>Veniliornis nigriceps</i>		Hab.	Per.				C	N								IP	VI		
Falconidae	<i>Colaptes rivoltii</i>		Hab.	Per.		E	P	C	N	O							IP	VIII		
	<i>Campephilus pollens</i>			Per.	NPer.	E?			N								IP	IX		
	<i>Phalacrocorax carunculatus</i>	Exc.						C'	N						CE	IV-C	XI			
Psittacidae	<i>Falco sparverius</i>		Hab.			E		C									IV-V	VIII		
	<i>Falco femoralis</i>					NPer.									MB	V				
	<i>Bolborhynchus lineola</i>		Hab.			E?							O'			S-F	VII			
Grallariidae	<i>Bolborhynchus ferrugineifrons</i>	Exc.						C								End.	S-F	VII		
	<i>Hapalopsittaca amazonina</i>			Per.		E?				O?					CE	S-F	VIII			
	<i>Hapalopsittaca fueresi</i>		Hab.					C							End.	S-F	VIII			
	<i>Amazona mercenaria</i>			Per.		E		C					O'			S-F	X			
	<i>Pyrrhura calliptera</i>			Per.	NPer.	E									End.	S-F	VII			
	<i>Leptosittaca branickii</i>			Per.				C	N	O?						S-F	IX			
Rhinocryptidae	<i>Grallaria squamigera</i>		Hab.			E		C		O	O'					IP	VIII			
	<i>Grallaria nuchalis</i>			Per.				C		N?	O'					IP	VIII			
	<i>Grallaria rufula</i>		Hab.	Per.		E	P	C	N	O	O'	S				IP	VI			
	<i>Grallaria quitensis</i>	Exc.				E		C	N							IP	VII			
Rhinocryptidae	<i>Grallaria nama</i>			Per.		E?							O?			IP	V			
	<i>Grallaria lineifrons</i>			Per.						C'	N				CE	IP	V			
	<i>Acropternix orthonyx</i>			Per.		E		C								IP-IV	VIII			
	<i>Myornis senilis</i>			Per.		E		C	N	O'						IP	V			

Cont. Anexo 1. Listado de las aves en páramo en Colombia, con sus categorías de presencia, distribución geográfica, observaciones, grupo de dieta y categoría de peso (ver Material y métodos).

Familia	Especie	Grupos de presencia								Distribución geográfica en páramos de Colombia								Observaciones	Grupo trófico	Categoría peso							
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4				5	6	7	8			
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus (unicolor) latrans</i>			Per.	NPer.	E?											N?							IP	V		
	<i>Scytalopus latebricola</i>		Hab.																		S			End.	IP	V	
	<i>Scytalopus perijanus</i>			Per.						P														End.	IP	V	
	<i>Scytalopus (latebricola) spillmanni</i>		Hab.	Per.														N?	O	O'				CE	IP	V	
	<i>Scytalopus griseicollis</i>		Hab.	Per.																				End.	IP	V	
	<i>Scytalopus canus</i>		Exc.																		O'			End.	IP	V	
Furnariidae	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>			Per.																					IP-IV	VI	
	<i>Cinclodes (fuscus) albidiventris</i>		Exc.																						IP	VI	
	<i>Cinclodes excelstor</i>		Exc.																						IP	VII	
	<i>Thripadectes flammulatus</i>			Per.																					CE	IP-IV	VII
	<i>Margarornis squamiger</i>			Per.																					IP	V	
	<i>Lepthasthenura andicola</i>		Exc.																						IP	V	
	<i>Hellmayrea gularis</i>			Hab.																					IP	V	
	<i>Asthenes flammulata</i>		Exc.	Hab.																					IP	V	
	<i>Asthenes wyatti</i>		Exc.																						IP	V	
	<i>Asthenes perijana</i>		Exc.																						End.	IP	V
	<i>Asthenes fuliginosa</i>		Exc.																							IP	V
	<i>Synallaxis subpudica</i>				Per.																				End.	IP	V
	<i>Synallaxis azarae</i>			Per.																						IP	V
	<i>Synallaxis unirufa</i>			Per.	NPer.																					IP	V
Tyrannidae	<i>Phylomyias nigrocapillus</i>			Per.																					IP	IV	
	<i>Phylomyias uropygialis</i>																								IP		
	<i>Elaenia frantzii</i>			Per.																					IP	V	
	<i>Mecocerculus stictopterus</i>			Per.																					IP	IV	
	<i>Mecocerculus leucophrys</i>		Hab.	Per.																					IP	V	
	<i>Anairetes parulus</i>		Exc.																						IP	III	

Cont. Anexo 1. Listado de las aves en páramo en Colombia, con sus categorías de presencia, distribución geográfica, observaciones, grupo de dieta y categoría de peso (ver Material y métodos).

Familia	Especie	Grupos de presencia								Distribución geográfica en páramos de Colombia								Observaciones	Grupo trófico	Categoría peso		
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4				5	6
Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>	Hab.				E	P	C		N	O										IP	VI
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Hab.				E	P	C		N	O	O'									IP-F-IV	IX
Motacillidae	<i>Anthus bogotensis</i>	Exc.				E		C		N											IP-S	V
Thraupidae	<i>Sericossypha albocristata</i>			Per.		E?															F-IV	VIII
	<i>Hemispingus atropileus</i>			Per.		E		C		N	O	O'									IP-F	V
	<i>Hemispingus superciliosus</i>	Hab.		Per.		E?		C?													IP	V
	<i>Hemispingus verticalis</i>	Hab.		Per.		E		C		N		O'									IP	V
	<i>Cnemoscopus rubrirostris</i>				NPer.	E?						O'									IP-F	V
	<i>Buthraupis montana</i>	Hab.		Per.		E?				N		O'									IP-F	VIII
	<i>Buthraupis wetmorei</i>	Hab.						C	C'	N											IP-F	VII
	<i>Buthraupis eximia</i>	Hab.		Per.		E		C		N		O'									IP-F	VII
	<i>Anisognathus lachrymosus</i>	Hab.		Per.		E	P	C		N	O	O'									IP-F	VI
	<i>Anisognathus igniventris</i>	Hab.		Per.		E		C		N											IP-F	VI
	<i>Dubusia taeniata</i>			Per.		E		C		N	O	O'	S								IP-F	VI
	<i>Iridosornis rufivertex</i>			Per.		E		C	C'	N	O	O'									IP-F	V
	<i>Thraupis cyanocephala</i>			Per.		E?						O?									IP-F	VI
	<i>Tangara vassorii</i>			Per.		E?		C?		N		O'									IP-F	V
	<i>Conirostrum cinereum</i>	Hab.							C'	N											IP	IV
	<i>Conirostrum sitticolor</i>	Hab.		Per.		E	P	C		N	O	O'									IP	V
	<i>Conirostrum rufum</i>	Hab.				E							S	CE							N-IP	V
	<i>Oreomanes fraseri</i>	Exc.								N											IP	V
	<i>Diglossa gloriosissima</i>	Exc.									O	O'									N-IP	V
	<i>Diglossa lafresnayi</i>	Exc.				E		C		N	O										N-IP	V
	<i>Diglossa humeralis</i>	Exc.	Hab.			E	P	C		N	O		S								N-IP	V
	<i>Diglossa brunneiventris</i>	Exc.	Hab.					C				O'									N-IP	V
	<i>Diglossa albilatera</i>				NPer.	E		C		N?		O'									N-IP	
	<i>Diglossa caerulea</i>			Per.		E		C		N?											N-IP	V
	<i>Diglossa (Diglossopsis) cyanea</i>	Hab.				E	P	C		N	O	O'									N-IP	V

Cont. Anexo 1. Listado de las aves en páramo en Colombia, con sus categorías de presencia, distribución geográfica, observaciones, grupo de dieta y categoría de peso (ver Material y métodos).

Familia	Especie	Grupos de presencia								Distribución geográfica en páramos de Colombia								Observaciones	Grupo trófico	Categoría peso		
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4				5	6
Thraupidae	<i>Catamblyrhynchus diadema</i>			Per.		E	P	C		N	O	O'	S							IP-F	V	
	<i>Urothraupis stolzmannii</i>		Hab.	Per.				C		N										IP	V	
	<i>Haplospiza (Phrygilus) unicolor</i>	Exc.				E		C		N	O		S							IP-S	V	
	<i>Sicalis luteola</i>			Per.		E				N	O									IP-S	V	
	<i>Catamenia analis</i>	Exc.	Hab.			E		C					S							IP-S	V	
	<i>Catamenia inornata</i>		Hab.			E		C		N									IP-S	V		
	<i>Catamenia homochroa</i>	Exc.	Hab.			E	P	C		N	O	O'	S						IP-S	V		
Incertia Sedis	<i>Saltator cinctus</i>							C?											F-IV			
Emberizidae	<i>Arremon atricapillus</i>					NPer.				E?									CE	IP-F-S		
	<i>Arremon torquatus</i>			Per.		E	P	C		N	O	O'	S							IP-F-S	VI	
	<i>Zonotrichia capensis</i>		Hab.			E	P	C		N	O	O'	S							IP-S	V	
	<i>Atlapetes leucopsis</i>					NPer.														IP-F		
	<i>Atlapetes schistaceus</i>			Per.		E	P	C		N	O	O'								IP-F	VI	
	<i>Atlapetes pallidinucha</i>		Hab.			E		C		N									CE	IP-F	VI	
	<i>Atlapetes (ruffinucha) latinuchus</i>					NPer.								N?						IP-F		
Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>			Per.		E?														S-F	VI	
Parulidae	<i>Myiothlypis luteoviridis</i>			Per.		E		C			O									IP	V	
	<i>Myiothlypis basilica</i>					NPer.							S						End.	IP		
	<i>Myiothlypis nigrocristata</i>		Hab.	Per.		E	P	C		N	O	O'								IP-F	V	
	<i>Myiothlypis coronata</i>			Per.								O'								IP	V	
	<i>Myioborus flavivertex</i>					NPer.							S						End.	IP		
	<i>Myioborus ornatus</i>			Per.		E		C		N?	O'								CE	IP	V	
	<i>Myioborus melanocephalus</i>			Per.						N										IP	V	
Icteridae	<i>Amblycercus holocircus</i>			Per.		E	P	C					S							IP-IV	VI	
	<i>Sturnella magna</i>		Hab.			E		C												IP-S	VIII	
Fringillidae	<i>Sporagra spinescens</i>		Hab.			E	P	C		N	O	O'	S							CE	IP-S	V
	<i>Sporagra magellanica</i>			Per.		NPer.								N?							IP-S	V
	<i>Astragalinus psaltria</i>			Per.		NPer.				N											IP-S	IV

Sergio Córdoba-Córdoba
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt
scordoba@humboldt.org.co

Aves en páramos de Colombia: características ecológicas de acuerdo a grupos de dieta y peso corporal

Cítese como: Córdoba-Córdoba, S. 2016. Aves en páramos de Colombia: características ecológicas de acuerdo a grupos de dieta y peso corporal. *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 2 - Páramos): 77-102. DOI: 10.21068/C2016v17s02a05

Recibido: 13 de mayo de 2015
Aprobado: 13 de febrero de 2016

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)

Julián E. Ávila-Campos

Resumen

En el marco del proyecto “Insumos para la delimitación de ecosistemas estratégicos: páramos y humedales” se realizó la caracterización de la avifauna del complejo de páramos Los Picachos que hace parte de los ecosistemas de bosque altoandino y de páramo más aislados del sur de la cordillera Oriental en Colombia. La comunidad de aves de alta montaña de la serranía de Los Picachos se ha mantenido inexplorada principalmente por dificultades de orden público que hacen difícil obtener información biológica de estas áreas. El presente estudio consiguió efectuar un acercamiento al área en el municipio de San Vicente del Caguán entre los 2900 y los 3100 m s.n.m. y presenta los primeros hallazgos sobre la composición de la avifauna de alta montaña de la serranía. Se identificaron 97 especies de las cuales cuatro están incluidas bajo alguna categoría de amenaza y tres corresponden a nuevos registros para el sur de la cordillera Oriental. Así, se amplía el conocimiento de la distribución geográfica de las especies reportadas en esta parte del país.

Palabras clave. Andes orientales. Avifauna. Bosque altoandino. Complejo de páramo.

Abstract

Within the framework of the project “Inputs for the delimitation of strategic ecosystems: páramos and wetlands”, was carried out the characterization of bird life of the páramo complex “Los Picachos”. This complex makes part of the more isolated high-Andean forest and páramo ecosystems in the southern of the eastern mountain range in Colombia. The high-mountain birdlife of the “serranía de los Picachos” it has maintained unexplored mainly for public order difficulties that made hard to get information belonging to these areas. This study is the first to achieve the exploration of the area in San Vicente del Caguán municipality, located between 2900 – 3100 m a.s.l. therefore, it represents the first findings about birdlife composition of high mountain of the mountain system. 97 species were identified, of which four are included in any category of danger and three are new records for south of eastern Andes. This allows the knowledge of geographic distribution of reported species in this part of the country.

Key words. Birdlife. Eastern Andes. High Andean forest. Paramo complex.

Introducción

La serranía de Los Picachos está ubicada al sur de la cordillera Oriental de los Andes colombianos, conformando transiciones entre ecosistemas en cada una de sus vertientes. Al occidente cuenta con el valle

alto del río Magdalena y al oriente con la Amazonia, donde es posible encontrar algunos de los bosques en mejor estado de conservación, aunado a preocupantes deficiencias de información en este territorio (Morales

et al. 2007). Sin embargo, la comunidad científica y algunas instituciones gubernamentales han emitido la alerta y han reconocido la importancia de la realización de estudios en los ecosistemas andinos que propendan por el conocimiento y conservación de la biodiversidad para reducir el riesgo de pérdida que puede acarrear el desconocimiento actual y la ausencia de programas de protección de estas áreas (Terborgh 1977, IAvH 2006).

Existe un reducido número de reportes científicos asociados al sur de la cordillera Oriental en el campo de la ornitología, la mayoría muy generales, poco recientes y con ausencia de levantamientos de información primaria que hacen difícil estandarizar comparaciones, debido a las diferencias metodológicas y a la escasa especificidad de las áreas geográficas muestreadas, así como la ausencia de trabajos de campo con levantamientos de información primaria. El área visitada se ha incluido dentro de los resultados de investigaciones antiguas sobre distribución y riqueza general de las aves de Colombia y las adiciones a la fauna que se compilaron entre 1963 y 1976 (Chapman 1917, Meyer de Schauensee 1952, Nicéforo y Olivares 1964a,b, 1965, 1966, 1967, 1968).

Después del año 1976 existe un vacío de información debido a las dificultades de acceso al área, como los costos que conlleva realizar una investigación en la zona y las dificultades de acceso geográfico, o por la situación de orden público que impide tajantemente la realización de estudios robustos y frecuentes (Bohórquez 2002). Los primeros datos por observación y ejercicios de encuestas se conocieron hasta el año 1999 con la expedición realizada por BioColombia en la cuenca alta del río Pato, con una lista de 52 especies registradas y la producción de una amplia lista hipotética compuesta de 798 especies de probable ocurrencia que cubre la distribución y el amplio intervalo altitudinal de la serranía (BioColombia 1999). Este estudio ha sido el soporte oficial para la construcción de los planes de manejo del Parque Nacional Natural Cordillera de Los Picachos desde el año 2005 y con vigencia hasta el 2019, ya que hasta entonces ha sido el único con una evaluación integral sobre los componentes de biodiversidad de la serranía, aunque no abarca todo el complejo montañoso de Los Picachos (UAESPNN 2005, PNNCDTO 2014).

El estudio de avifauna de mayor importancia realizado en el área con trabajo de campo y datos del sur de la cordillera Oriental en Colombia ha sido el de Bohórquez (2002), con el apoyo del Instituto Alexander von Humboldt, en elevaciones intermedias entre los 1300 y los 2150 m s.n.m. El extenso trabajo de campo realizado en la zona permitió reportar 185 especies en un muestreo cuyos estimadores de riqueza indicaban que podían encontrarse hasta 323 especies de aves en la región a dichas altitudes (Bohórquez 2002). Adicionalmente se encuentran los registros de Salaman *et al.* (2002) que reportan 38 registros nuevos para las regiones cercanas a la cordillera de los Picachos entre los 1300 y los 2150 m s.n.m. Estos representaban hasta ahora los estudios más recientes sobre la avifauna en la cordillera de Los Picachos dejando la alta montaña inexplorada.

Los datos consignados en las plataformas eBird (www.ebird.org) y xeno-canto (www.xeno-canto.com) muestran que tampoco ha habido iniciativas de parte de investigadores independientes o aficionados que hayan recorrido el área de estudio, ni el intervalo altitudinal abarcado. El presente trabajo de campo (diciembre de 2014) permitió volver a realizar un acercamiento al área de la cordillera de Los Picachos y representa la primera información sobre la composición de la avifauna de alta montaña de la Serranía, aportando al conocimiento de la biodiversidad de los ecosistemas estratégicos en esta parte del país.

Material y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el complejo de páramo Los Picachos en el departamento de Caquetá, municipio de San Vicente del Caguán, Vereda Playón – Toscana, ubicada al sur oriente del Parque Nacional Natural Cordillera de Los Picachos (Figura 1), entre los 2900 m s.n.m. y los 3100 m s.n.m. Se establecieron tres estaciones de muestreo que se describen en la tabla 1. Este territorio no hace parte del área protegida del PNN.

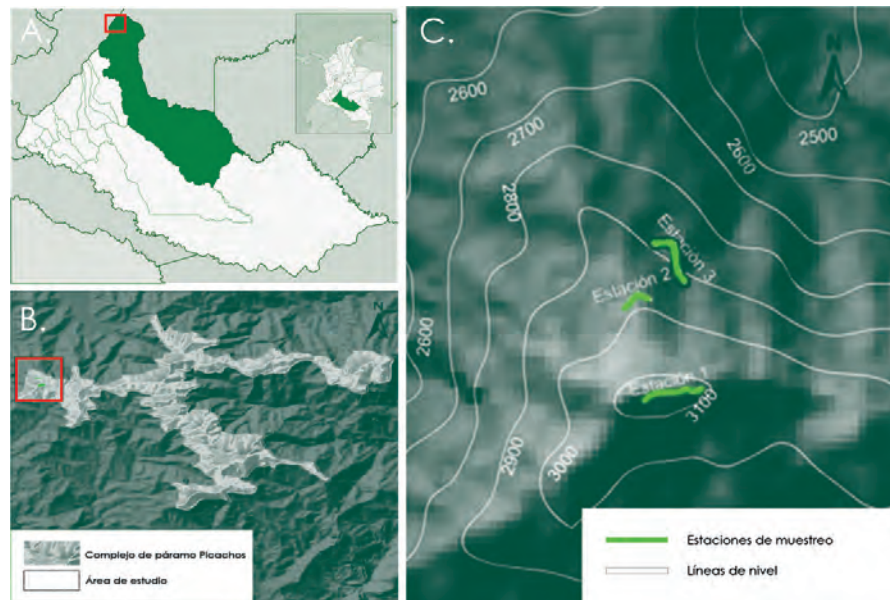


Figura 1. *Ubicación área de estudio. A) Municipio de San Vicente del Caguán, Caquetá. B) Complejo de páramo cordillera de Los Picachos. C: distribución de las estaciones.

Tabla 1. Esfuerzo de muestreo en las tres estaciones con diferencias altitudinales.

Características del muestreo	Estaciones de muestreo			Total
	E1	E2	E3	
Observación puntos de conteo (hrs/obs)	8	8	8	24
Redes de niebla (hrs/red)	22	24	24	70
Individuos capturados u observados	157	183	190	530
Especies capturadas	6	4	7	15
Registros fuera de las estaciones	-	-	-	5
Total especies registradas	38	59	60	97

Se realizó un conteo por puntos de banda fija, con un radio de observación de hasta 50 m dentro del cual se registraron todas las aves observadas durante un periodo de tiempo de 20 minutos entre las 6:00 y las 18:00 (Ralph *et al.* 1997, Bibby *et al.* 1998, Hill *et al.* 2005). Este método permite identificar una buena proporción de la comunidad de aves, su presencia y la asociación con las variables de hábitat de cada estación de muestreo. Se ubicaron tres puntos de conteo separados por 150 m en cada una de las estaciones de muestreo; en estos puntos se realizaron dos jornadas de observación, en los puntos en días distintos y orden distinto.

En cada una de las estaciones se instalaron tres redes de niebla de 12 m x 2,5 m, entre las 6:00 y las 18:00, siendo revisadas cada 15 minutos siguiendo la metodología propuesta en Villareal *et al.* (2006), completando un total de 70 horas/red. Las condiciones de terreno y del tiempo disponible para el muestreo no dieron lugar a la ubicación de réplicas eficientes para esta metodología.

Se realizaron también observaciones por los senderos que consistieron en recorridos a velocidad constante (2 km/h), abarcando niveles de elevación específicos que correspondieran con cada una de las

tres estaciones definidas anteriormente. Durante estos recorridos se efectuó el registro fotográfico. Para la identificación de especies se utilizó la guía de aves de Colombia y la de aves del norte de Suramérica (Hilty y Brown 1986, Restall *et al.* 2007); se consultó la colección de ornitología de la Universidad Nacional de Colombia y se actualizó la nomenclatura según el listado de clasificación de las aves de Suramérica (Remsen *et al.* 2015).

Resultados y discusión

Se registraron 97 especies, de las cuales 91 fueron detectadas visualmente, cinco exclusivamente por vocalizaciones y nueve capturadas con redes de niebla (Tabla 2).

La comunidad de aves dentro del área del proyecto se distribuye en 14 órdenes y 32 familias (Anexo 1). El orden Passeriformes es el que se encuentra mejor representado por número de especies (63), lo que corresponde a un 65 % del total de las especies reportadas dentro del área de estudio. Este orden es el más amplio y diverso para el Clado Aves (Machado y Peña 2000). El segundo orden más representado es Apodiformes por la riqueza de especies de colibríes que fueron registrados (10); este orden se ve favorecido en número de especies ya que su mayor diversificación se ha dado en elevaciones altas (Gutiérrez 2008). Los demás órdenes tuvieron una representación de cuatro o menos especies, incluyendo seis que solo registraron una especie.

En cuanto a la agrupación por familias, más del 50 % de las aves está en solo cinco familias y por otro lado 14 familias están representadas por una única

especie. Thraupidae es la familia con mayor número de especies (16), seguida de Tyrannidae con (12). La mayoría de las especies pertenecientes a estas dos familias son generalistas y oportunistas, capaces de aprovechar una gran variedad de recursos que son abundantes en casi cualquier ecosistema como los frutos y los insectos. Además, algunas pueden habitar desde zonas boscosas hasta áreas abiertas producto de la intervención antrópica. La familia Trochilidae ocupa el tercer lugar con diez especies, lo cual se debe a la presencia de multiplicidad de recursos florales proveedores de néctar que pueden ser utilizados por los colibríes de alta montaña debido a la variedad en formas y longitud de pico (Wolf *et al.* 1976, Gutiérrez 2008).

De las 97 especies de aves registradas, cuatro especies se encuentran bajo alguna categoría de amenaza, *Spizaetus isidori* (En Peligro: En), *Hapalopsittaca amazonina* (Vulnerable: Vu), *Andigena nigrirostris* y *Contopus cooperi* (Casi Amenazado: NT) (Rengifo *et al.* 2014, IUCN 2015, <http://www.iucnredlist.org/>). Se hallaron cuatro especies consideradas casi endémicas *Andigena nigrirostris*, *Hapalopsittaca amazonina*, *Scytalopus spillmani* y *Sporagra spinescens* y ninguna endémica (Chaparro-Herrera *et al.* 2013).

Todas las especies aquí reportadas han sido avistadas en territorio nacional, sin embargo, el registro de las especies listadas a continuación es novedoso para esta región de la cordillera.

Anisognathus lacrymosus (Figura 2). Está reportada para Colombia en Santa Marta entre los 1600-3200 (*melanogenys*) y en el intervalo de los 800-3800

Tabla 2. Características de la vegetación en cada una de las estaciones de muestreo. E: estación; NE: número de estratos; APD: altura promedio del dosel, % CD: cobertura de dosel; % CS: cobertura de sotobosque; % CER: cobertura estrato rasante. Los datos de cobertura fueron obtenidos por parte del componente de vegetación del proyecto (datos no publicados).

Estación	Coordenada	Altitud	NE	APD (m)	APS	% CD	% CS	% CER
E1	2° 37' 35,57" N - 75° 6' 7,79" O	3.100	4	5	2,5	1	82	90
E2	2° 37' 47,51" N - 75° 6' 11,29" O	3.000	4	6,6	2,8	3	76	80
E3	2° 37' 53,40" N - 75° 6' 7,19" O	2.900	5	17,5	3,2	28	14	70

m s.n.m., por el extremo norte de la cordillera Occidental (Paramillo-Frontino) y cordillera Central sur hasta el Quindío (*olivaceiceps*) vertiente oriental de la cordillera Occidental en el Valle y ambas vertientes en el Cauca y Huila sur hasta oriente y occidente de Nariño (*palpebrosus*); Serranía del Perijá (*pallididorsalis*); extremo norte de cordillera Oriental en Norte de Santander y Boyacá (Tame), Venezuela al noroccidente (serranía del Perijá, Táchira) sur por los Andes desde Ecuador hasta el Perú (norte de Cuzco) (Hilty y Brown 1986, Sibley y Monroe 1990). Los registros más al sur en la cordillera Oriental reportados en eBird corresponden a la laguna de Chisacá en el Parque Nacional Natural Sumapaz y en Guayabetal, Meta en el año 2016.

***Conirostrum sitticolor*.** Entre los 2500-3700 m s.n.m. Probablemente en las tres cordilleras sin registros del sur de la cordillera Oriental, salvo en Antioquia y Cauca, al occidente de Venezuela entre la Serranía del Perijá, Mérida y Táchira y al sur por los Andes entre Ecuador y Perú hasta Bolivia (La Paz, Cochabamba y Santa Cruz) (Hilty y Brown 1986; Sibley y Burt 1990). El registro más al sur en la cordillera Oriental que se tenía de la especie es del Parque Nacional Natural Sumapaz en el año 2012 (ww.ebird.org).

***Diglossa lafresnayii*.** Se distribuye al norte de la cordillera Oriental entre los 2000-3700 m s.n.m. al sur hasta latitud de Bogotá; por la cordillera Central desde el sureste de Antioquia hasta el Tolima; por el sur hay registros en Nariño hasta el extremo NO de Perú (Piura, Cajamarca; Hilty y Brown 1986, Sibley y Burt 1990). El registro más al sur que se tenía en la cordillera Oriental es del Parque Nacional Natural Sumapaz en el año 2015 (ww.ebird.org).

El complejo de páramo Los Picachos comprende un área interesante para el establecimiento de especies poco comunes y amenazadas como las listadas anteriormente, que poseen requerimientos de hábitat complejos. La distribución, su ubicación y el bajo grado de intervención por parte de los habitantes de la región, hacen que esta área sea un sitio clave para conservación de la mano de las comunidades de la

zona de reserva campesina Pato-Balsillas que han demostrado compromiso por preservar el territorio y su biodiversidad.

Agradecimientos

A la Fundación Biocolombia por la gerencia del proyecto y por la consecución del permiso de ingreso al área de estudio. A Diego Cabrera por los análisis de las coberturas vegetales y a Nadezhda Bonilla por la revisión y sugerencias en el texto.

Bibliografía

- Bibby, C., J. Martin y S. Marsden. 1998. Expedition field techniques Bird Surveys. Cambridge. Pp: 70-71. *En: Expedition Advisory Centre.*
- BioColombia. 1999. Caracterización biofisiográfica y económica del Parque Nacional Natural cordillera de Los Picachos. 20 pp.
- Bohórquez, C. I. 2002. La avifauna de la vertiente oriental de los Andes de Colombia. Tres evaluaciones en elevación subtropical. *Revista Academia Colombiana de Ciencias* 26 (100): 419-442.
- Chaparro-Herrera, S., M. A. Echeverry-Galvis, S. Córdoba-Córdoba y A. Sua-Becerra. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana* 14 (2): 235-272.
- Chapman, F. M. 1917. The distribution of bird life in Colombia. *Bull. American Museum of Natural History* 36: 1-169.
- Gutiérrez, A. 2008. Las interacciones ecológicas y estructura de una comunidad altoandina de colibríes y flores en la cordillera Oriental de Colombia. *Ornitología Colombiana* 7: 17-42.
- Hill, D., M. Fasham, G. Tucker, M. Shewry y P. Shaw. 2005. Handbook of biodiversity methods. Survey, evaluation and monitoring. Cambridge University Press. The Edinburgh Building, Cambridge, UK. 589 pp.
- Hilty, S. L. y W. L. A. Brown. 1986. Guide to the birds of Colombia. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 836 pp.
- Juniper, T. y M. Parr. 1998. Parrots: a guide to the parrots of the world. Pica Press. Robertsbridge, UK. 336 pp.
- Ludwig, J. A. y F. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. John Wiley & Sons. New York. 337 pp.
- Machado, M. y G. Peña. 2000. Estructura numérica de la comunidad de aves del orden Passeriformes en dos bosques con diferentes grados de intervención antrópica

- en los corregimientos de Salero y San Francisco de Icho. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Chocó, Colombia. 55 pp.
- Meyer de Schauensee, R. 1948-1952. The birds of the Republic of Colombia. *Caldasia* 5 (22-26): 251-1214.
- Morales, M., J. Otero, T. Van der Hammen, A. Torres, C. E. Cadena, C. Pedraza, N. Rodríguez, C. Franco, J. C. Betancourth, E. Olaya, E. Posada y L. Cárdenas. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 208 pp.
- Nicéforo, M. H. y A. Olivares 1964a. Adiciones a la avifauna colombiana, I (Tinamidae-Falconidae). *Boletín del Instituto La Salle* 204: 5-27.
- Nicéforo, M. H. y A. Olivares. 1964b. Adiciones a la avifauna colombiana, VI (Tyrannidae-Bombicillidae). *Acta Zoológica Colombiana*: 19-21.
- Nicéforo, M. H. y A. Olivares. 1965. Adiciones a la avifauna colombiana, II (Cracidae-Rynchopidae). *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 26: 36-58.
- Nicéforo M. H. y A. Olivares. 1966. Adiciones a la avifauna colombiana, III (Columbidae-Caprimulgidae). *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 110: 370-393.
- Nicéforo, M. H. y A. Olivares. 1967. Adiciones a la avifauna colombiana, IV (Apodidae-Picidae). *Hornero* 10: 403-435.
- Nicéforo, M. H. y A. Olivares. 1968. Adiciones a la avifauna colombiana, V (Dendrocolaptidae-Cotingidae). *Boletín del Instituto La Salle* 208: 271-291.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia Dirección Territorial Orinoquia (PNNCDTO). 2014. Plan de Manejo Parque Nacional Natural Cordillera de Los Picachos 2014-2019. 142 pp.
- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. Desante y B. Milá. 1997. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report PSW GTR-114. Albany, CA. 51 pp.
- Remsen, J. V. Jr., J. I. Areta, C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M., B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz y K. J. Zimmer. 2015. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. Version 8 Enero. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.
- Renjifo, L. M., M. F. Gómez, J. Velásquez-Tibatá, A. M. Amaya-Villarreal, G. H. Kattan, J. D. Amaya-Espinel y J. Burbano-Girón. 2014. Libro rojo de aves de Colombia. Vol. 1: Bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 466 pp.
- Restall, R., C. Rodner y M. Lentino. 2007. Birds of northern South America: an identification guide, Volume 2: plates and maps. Yale University Press. 656 pp.
- Salaman, P. G. W., F. G. Stiles, C. I. Bohórquez, M. Álvarez-R., A. M. Umaña, T. Donegan y A. Cuervo 2002. A new and noteworthy bird records from the east slope of the Andes of Colombia. *Caldasia* 24 (1): 157-189.
- Sibley, C. G. y B. L. Monroe. 1990. Distribution and taxonomy of birds of the world. New Haven, USA, Yale University Press. 1111 pp.
- Stiles, F. G. y C. I. Bohórquez. 2000. Evaluando el estado de la biodiversidad: el caso de la avifauna de la serranía de Las Quinchas, Boyacá, Colombia. *Caldasia* 22 (1): 61-92.
- Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology* 58: 1007-1019.
- Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia Dirección Territorial Amazonia Orinoquia (UAESPNN). 2005. Plan de manejo básico Parque Nacional Natural Cordillera de Los Picachos 2005 – 2009. 142 pp.
- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 236 pp.
- Wolf, L. L., F. G. Stiles y F. R. Hainsworth. 1976. Ecological organization of a tropical highland hummingbird community. *Journal of Animal Ecology* 32: 349-379.

Anexo 1. Especies reportadas en la serranía de Los Picachos. E1: Estación 1, E2: Estación 2 y E3: Estación 3. * END: endemismo; CE: casi endémico; LR: clasificación en el Libro rojo de las aves de Colombia. UICN: estado de amenaza según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, VU: Vulnerable, LC: Preocupación Menor, NI: no incluido; CITES: especies incluidas dentro de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Órden	Familia	Especie	E1	E2	E3	END	LR	UICN	CITES	
Galliformes	Cracidae	<i>Chamaepetes goudotii</i>					NI	LC	NI	
		<i>Penelope montagnii</i>			•		NI	LC	NI	
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	•		•		NI	LC	NI	
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter striatus</i>	•				NI	LC	NI	
		<i>Spizaetus isidori</i>	•				EN	EN	NI	
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	•	•	•		NI	LC	NI	
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>		•	•		NI	LC	NI	
		<i>Patagioenas subvinacea</i>			•		NI	LC	NI	
		<i>Leptotila verreauxi</i>				•		LC	LC	NI
		<i>Zenaida auriculata</i>			•			NI	LC	NI
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Coccyzus americanus</i>		•			NI	LC	NI	
Strigiformes	Strigidae	<i>Megascops choliba</i>	•	•	•		NI	LC	NI	
		<i>Asio stygius</i>	•				NI	LC	NI	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Lurocalis rufiventris</i>	•	•			NI	LC	NI	
		<i>Systellura longirostris</i>		•			NI	LC	NI	
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne rutila</i>	•	•			NI	LC	NI	
	Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>		•	•		NI	LC	II	
		<i>Colibri coruscans</i>		•	•		NI	LC	II	
		<i>Heliangelus exortis</i>	•	•	•		NI	LC	II	
		<i>Adelomyia melanogenys</i>		•	•		NI	LC	II	
		<i>Metallura tyrianthina</i>		•	•		NI	LC	II	
		<i>Eriocnemis vestita</i>	•				NI	LC	II	
		<i>Boissonneaua flavescens</i>			•		NI	LC	II	
		<i>Coeligena torquata</i>		•	•		NI	LC	II	
		<i>Lafresnaya lafresnayi</i>		•	•		NI	LC	II	
<i>Chaetocercus mulsant</i>		•			NI	LC	II			
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon personatus</i>					NI	LC	NI	

Cont. **Anexo 1.** Especies reportadas en la serranía de Los Picachos. E1: Estación 1, E2: Estación 2 y E3: Estación 3. * END: endemismo; CE: casi endémico; LR: clasificación en el Libro rojo de las aves de Colombia. UICN: estado de amenaza según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, VU: Vulnerable, LC: Preocupación Menor, NI: no incluido; CITES: especies incluidas dentro de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Órden	Familia	Especie	E1	E2	E3	END	LR	UICN	CITES	
Piciformes	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	•				NI	LC	NI	
		<i>Andigena nigrirostris</i>				CE	NT	LC	NI	
	Picidae	<i>Veniliornis fumigatus</i>			•		NI	LC	NI	
		<i>Colaptes rivolii</i>		•	•		NI	LC	NI	
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>		•	•		NI	LC	II	
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Hapalopsittaca amazonina</i>		•		CE	VU	VU	II	
		<i>Amazona mercenarius</i>		•	•		NI	LC	II	
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria rufula</i>		•			NI	LC	NI	
	Rhinocryptidae	<i>Scytalopus latrans</i>	•		•		NI	LC	NI	
		<i>Scytalopus spillmani</i>		•			CE	NI	LC	NI
	Furnariidae	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>			•	•		NI	LC	NI
		<i>Anabacerthia striaticollis</i>	•					NI	LC	NI
		<i>Margarornis squamiger</i>	•		•			NI	LC	NI
		<i>Synallaxis azarae</i>		•	•			NI	LC	NI
		<i>Synallaxis unirufa</i>	•	•	•			NI	LC	NI
		<i>Thripadectes holostictus</i>				•		NI	LC	NI
		<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>						NI	LC	NI
		Tyrannidae	<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>	•				NI	LC	NI
	<i>Elaenia frantzii</i>	•		•			NI	LC	NI	
	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	•	•	•			NI	LC	NI	
	<i>Mionectes striaticollis</i>		•	•			NI	LC	NI	
<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>			•	•		NI	LC	NI		
<i>Contopus cooperi</i>	•					NT	NT	NI		
<i>Sayornis nigricans</i>				•		NI	LC	NI		

Cont. **Anexo 1.** Especies reportadas en la serranía de Los Picachos. E1: Estación 1, E2: Estación 2 y E3: Estación 3. * END: endemismo; CE: casi endémico; LR: clasificación en el Libro rojo de las aves de Colombia. UICN: estado de amenaza según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, VU: Vulnerable, LC: Preocupación Menor, NI: no incluido; CITES: especies incluidas dentro de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Órden	Familia	Especie	E1	E2	E3	END	LR	UICN	CITES	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>		•			NI	LC	NI	
		<i>Ochthoeca diadema</i>		•	•		NI	LC	NI	
		<i>Pitangus sulphuratus</i>				•		NI	LC	NI
		<i>Tyrannus melancholicus</i>				•		NI	LC	NI
		<i>Tyrannus savana</i>						NI	LC	NI
	Cotingidae	<i>Pipreola riefferii</i>	•	•	•		NI	LC	NI	
	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>		•	•		NI	LC	NI	
	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>			•		NI	LC	NI	
	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	•		•		NI	LC	NI	
	Troglodytidae	<i>Troglodytes solstitialis</i>	•				NI	LC	NI	
		<i>Troglodytes aedon</i>		•			NI	LC	NI	
		<i>Cimycerthia unirufa</i>			•		NI	LC	NI	
		<i>Henicorhina leucophrys</i>		•	•		NI	LC	NI	
	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>					NI	LC	NI	
	Turdidae	<i>Myadestes ralloides</i>		•	•		NI	LC	NI	
		<i>Turdus fuscater</i>		•	•		NI	LC	NI	
	Thraupidae	<i>Sericossypha albocristata</i>	•	•	•		NI	LC	NI	
		<i>Cnemoscopus rubrirostris</i>		•	•		NI	LC	NI	
		<i>Buthraupis montana</i>	•	•	•		NI	LC	NI	
		<i>Cnemathraupis eximia</i>	•		•		NI	LC	NI	
<i>Chlorornis riefferii</i>		•	•	•		NI	LC	NI		
<i>Anisognathus lacrymosus</i>		•	•	•		NI	LC	NI		
<i>Anisognathus somptuosus</i>			•	•		NI	LC	NI		
<i>Iridosornis rufivertex</i>		•	•	•		NI	LC	NI		
<i>Thraupis cyanocephala</i>			•	•		NI	LC	NI		
<i>Conirostrum sitticolor</i>		•	•		NI	LC	NI			

Cont. **Anexo 1.** Especies reportadas en la serranía de Los Picachos. E1: Estación 1, E2: Estación 2 y E3: Estación 3. * END: endemismo; CE: casi endémico; LR: clasificación en el Libro rojo de las aves de Colombia. UICN: estado de amenaza según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, EN: En Peligro, NT: Casi Amenazado, VU: Vulnerable, LC: Preocupación Menor, NI: no incluido; CITES: especies incluidas dentro de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Orden	Familia	Especie	E1	E2	E3	END	LR	UICN	CITES	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa lafresnayii</i>	•	•	•		NI	LC	NI	
		<i>Diglossa humeralis</i>		•	•		NI	LC	NI	
		<i>Diglossa albilatera</i>		•	•		NI	LC	NI	
		<i>Diglossa caerulescens</i>	•	•			NI	LC	NI	
		<i>Diglossa cyanea</i>	•	•	•		NI	LC	NI	
		<i>Tangara vassorii</i>	•	•			NI	LC	NI	
	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>		•			NI	LC	NI	
		<i>Atlapetes schistaceus</i>		•	•		NI	LC	NI	
		<i>Chlorospingus flavopectus</i>		•			NI	LC	NI	
	Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>		•			NI	LC	NI	
	Parulidae	<i>Leiothlypis peregrina</i>	•				NI	LC	NI	
		<i>Setophaga ruticilla</i>		•			NI	LC	NI	
	Parulidae	<i>Setophaga fusca</i>			•		NI	LC	NI	
		<i>Myiothlypis luteoviridis</i>	•		•		NI	LC	NI	
		<i>Myioborus ornatus</i>	•	•	•		NI	LC	NI	
	Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>		•	•		NI	LC	NI	
		<i>Sturnella magna</i>		•			NI	LC	NI	
	Fringillidae	<i>Sporagra spinescens</i>	•				CE	NI	LC	NI
		<i>Astragalinus psaltria</i>	•				NI	LC	NI	
		<i>Euphonia cyanocephala</i>	•				NI	LC	NI	

Anexo 2. Registro fotográfico de algunas especies reportadas en la serranía de Los Picachos. a) *Anisognathus lacrymosus*, b) *Pipreola riefferii*, c) *Atlapetes schistaceus*, d) *Sericossypha albocristata*, e) *Diglossa sittoides* f) *Scytalopus spillmani* y g) *Andigena nigrirostris*.



Julián Eduardo Ávila-Campos
 Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá
 juevilaca@unal.edu.co

Lista de aves de alta montaña de la serranía de Los Picachos,
 San Vicente del Caguán, Caquetá (Colombia)

Cítese como: Ávila-Campos, J. E. 2016. Lista de aves de alta montaña de la serranía de Los Picachos, San Vicente del Caguán, Caquetá (Colombia). *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 2 - Páramos): 103-113. DOI: 10.21068/C2016v17s02a06

Recibido: 13 de febrero de 2015
 Aprobado: 10 de marzo de 2016

Avifauna del complejo de páramos Chilí-Barragán (Tolima, Colombia)

Birds of the Chilí-Barragán páramo complex (Tolima, Colombia)

Miguel Moreno-Palacios y Sergio Losada-Prado

Resumen

El complejo de páramos Chilí-Barragán es una de las regiones paramunas de menor extensión en la cordillera Central de Colombia, que se encuentra principalmente sobre el departamento de Tolima. Aunque existen estudios sobre la avifauna asociada a las zonas de páramo del departamento, subsisten vacíos de información sobre este y otros complejos en la región. El objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad de aves del complejo Chilí-Barragán, a través del estudio de tres de sus páramos, examinando brevemente la dinámica de la avifauna en el gradiente de elevación. Para tal fin se realizaron muestreos en los páramos de Anaime (Cajamarca), Chilí (Roncesvalles) y Las Nieves-Estambul (Ibagué) empleando métodos como registros visuales, auditivos y redes de niebla. Se diseñó un transecto altitudinal desde 3200 – 3600 m s.n.m. con intervalos de 100 m de altura entre cada estación para cada páramo. Como resultado se registraron 89 especies de aves, que representan el 88 % - 96 % de la riqueza de aves estimada para el complejo, información que coloca a esta región paramuna entre las más diversas del país. Adicionalmente, se observó una disminución en la riqueza con el ascenso en el gradiente de elevación y se halló que la avifauna en estos tres páramos presenta una composición diferente entre las franjas altitudinales 3200-3400 m s.n.m. y 3500-3600 m s.n.m.

Palabras claves. Bosque altoandino. Comunidad aves. Gradiente altitudinal.

Abstract

The Chili-Barragan complex is one of the páramo regions of lesser extent in Central cordillera of Colombia, located mainly on Tolima department. Although some studies exist on birds associated with páramo areas of the department, there are still gaps in information on this and other complexes in the region. The aim of this study was to value the bird diversity of the Chili-Barragán complex, through the study of three of its páramos, briefly examining the dynamics of birds in the elevation gradient. To achieve this goal, field surveys were carried out on the páramos of Anaime (Cajamarca), Chili (Roncesvalles) and Las Nieves-Estanbul (Ibague) using methods such as visual and aural records, and mist nets. An elevational transect was designed from 3200 – 3600 m a.s.l. at intervals of 100 m between each station for each locality. We recorded 89 species of birds, which represent the 88% – 96% of the estimated bird richness for the complex. This information underlines the idea that this complex is among the most diverse páramo regions in the country. In addition, we found a decline in species richness with increasing elevation and we found the birds in these three páramos have a different composition between 3200 – 3400 m a.s.l. and 3500 – 3600 m a.s.l.

Key words. Andean forest. Bird community. Elevational gradient.

Introducción

Según Rangel-Ch (2000), el páramo “comprende las extensas zonas que coronan las cordilleras entre el bosque andino y el límite inferior de las nieves perpetuas”, una región con características particulares de suelo, clima, biota e influencia humana. A causa de la diversidad de especies, pero sobre todo por su alto número de endemismos, estos ecosistemas son considerados en la actualidad como *hotspots* en los Andes del norte (Castaño-Uribe 2002), convirtiéndose en un reto para la conservación del patrimonio natural del país (Corpoica 2009).

La riqueza de aves es sin duda, uno de los elementos más estudiados en las zonas de páramo de Colombia. Delgado y Rangel-Ch (2000), documentaron el registro de al menos 154 especies para los páramos del país, con una tendencia a la disminución a medida que se asciende en el gradiente de elevación. En este sentido, los autores reportan la presencia de 134 especies en la franja altoandina, 117 especies en la franja subpáramo, 70 especies en la franja páramo medio y 46 especies en la franja superpáramo (Delgado y Rangel-Ch. 2000). Sin embargo, en una recopilación reciente sobre la riqueza de aves en 31 complejos de páramos colombianos, se encontraron 559 especies de aves, en una franja de elevación de 2400 - 4200 m s.n.m (IAvH 2014), datos que sobrepasan en gran medida las estimaciones previas, y que pueden atribuirse principalmente a la falta de estudios de caracterización en estos ecosistemas.

Chilí-Barragán es uno de los complejos de páramos con menor extensión de la cordillera Central (Morales *et al.* 2007), aunque su alto número de lagunas resalta su importancia como proveedor de agua para varias regiones del centro del país. A pesar de esto, es poca la información disponible sobre su estado de conservación, así como sobre su biodiversidad. Hasta hace unos años se conocía, por ejemplo, que en el sector quindiano de este complejo de páramos existían 138 especies de aves (CVC 2005), desconociéndose la avifauna de la sección tolimese de este complejo, departamento en donde se encuentra su mayor extensión.

No obstante, existe alguna literatura disponible que da cuenta de la riqueza de aves en diferentes sectores paramunos del departamento de Tolima. Reinoso *et al.* (2009) registraron un total de 113 especies de aves, como resultado del estudio de ocho páramos de la región. Mientras que a escala de cuenca hidrográfica, en la zona de páramo de la cuenca del río Totare se tiene un registro de 43 especies (Reinoso *et al.* 2008, Molina-Martínez 2014). Por otro lado, Losada-Prado *et al.* (2005) recopilaron un listado de 126 especies de aves para la parte alta de la cuenca del río Coello, donde se incluyen 101 especies registradas por López-Lanús *et al.* (2000) en la franja entre 1900-3600 m s.n.m, de la cuenca del río Toche. Entre tanto, Rodríguez (2003), en un estudio realizado en la reserva Semillas de Agua, del páramo de Anaimé, reportó 90 especies en una franja entre 3200-3800 m s.n.m. Mientras que Parra *et al.* (2007) documentaron la presencia de 63 especies de aves, entre 3000-4000 m s.n.m, sobre la cuenca del río Combeima, del municipio de Ibagué. A pesar de estos estudios, aún existen vacíos de información, especialmente en la zona del complejo Chilí-Barragán, razón por la cual se aprovecharon los datos recolectados durante la investigación denominada “Caracterización de flora, edafofauna epigea, anfibios y aves para el protocolo de delimitación del complejo de páramos Chilí-Barragán, en el departamento de Tolima” (Villa-Navarro *et al.* 2013), para evaluar la diversidad de aves de este complejo, a través del estudio de tres de sus páramos, examinando brevemente la dinámica de la avifauna en el gradiente de elevación.

Material y métodos

Área de estudio

El departamento de Tolima tiene una superficie de 23.562 km², de los cuales 315.605 ha son páramos, que representan cerca del 28 % de este ecosistema en Colombia. En el departamento, los páramos se encuentran localizados en las zonas altas de la cordillera Central y se distribuyen en una franja que recorre la región de norte a sur, en jurisdicción de 14

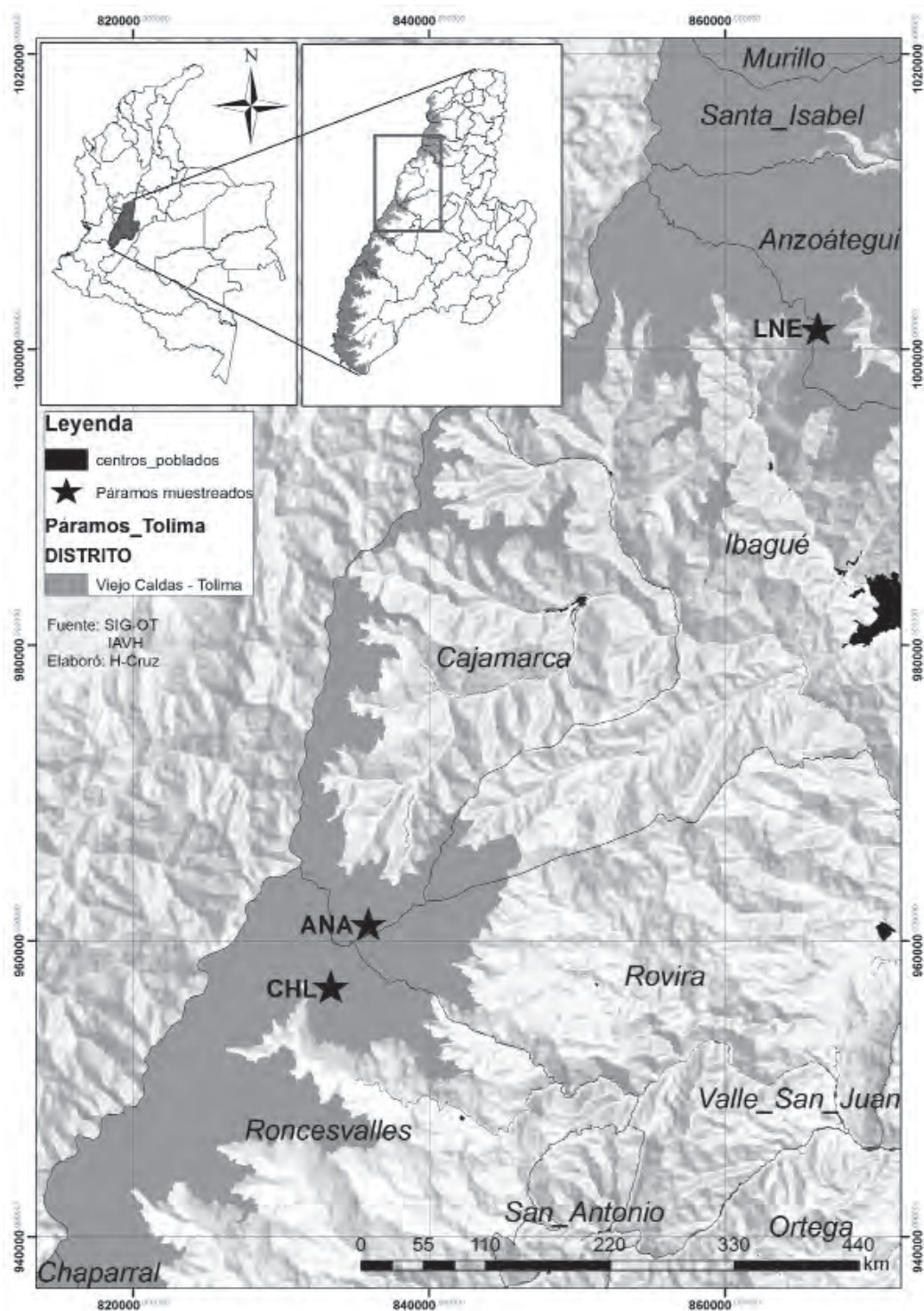


Figura 1. Localización de los páramos estudiados, dentro de las zonas de páramo del departamento del Tolima. ANA=Anaime; CHL=Chilí; LNE=Las Nieves-Estambul.

municipios (Corpoica 2009) (Figura 1). En esta franja se encuentran los páramos de Letras, Normandía, Carrizales, La Línea, Anaime, Barragán, Chili, Yerbabuena, Miraflores, Meridiano y Las Hermosas, así como los volcanes Nevado del Ruiz, Santa Isabel, Quindío, Tolima y Huila, áreas que comprenden los PNN Los Nevados, Las Hermosas y el Nevado del Huila (Corpoica 2009).

En el presente estudio se eligieron los páramos de Anaime (Cajamarca), Chilí (Roncesvalles) y Las Nieves-Estambul (Ibagué), representantes del complejo de páramos Chilí-Barragán (Morales *et al.* 2007). El páramo de Anaime se localiza en la zona centro del departamento. Presenta una superficie de 66.189,63 ha, temperatura que oscila entre 3 °C – 6 °C, y precipitación de 500 – 1400 mm anuales (Corpoica 2009). El páramo de Chilí se ubica en el municipio de Roncesvalles al sur de Tolima. Presenta una superficie de 32.770,62 ha, muestra un fuerte contraste de temperatura entre el día y la noche, de entre 6 °C – 24 °C, y precipitación entre los 1500 mm – 2000 mm anuales. El Páramo Las Nieves-Estambul se encuentra en la cuenca hidrográfica del río Combeima, municipio de Ibagué. El régimen de lluvias es bimodal y presenta una temperatura media anual de 14 °C.

Diseño de muestreo

En cada uno de los páramos se estableció un transecto en un gradiente de elevación entre 3100-3600 m s.n.m. Estos fueron diseñados utilizando la actualización cartográfica del Atlas de Páramos de Colombia (Escala 1:100.000) (Morales *et al.* 2007) e imágenes de satélite proporcionadas por el IAvH. En cada transecto se ubicaron cinco estaciones de muestreo (Anexo 1), distantes entre sí cada 100 m altitudinales. La estación más baja fue ubicada 100-200 m por debajo de la ecoclina entre el bosque alto andino y el subpáramo, a través de la identificación de elementos arbóreos o arbustivos propios del subpáramo al interior del bosque. En el páramo de Anaime, por problemas logísticos, no fue posible muestrear a 3300 m.

Métodos de campo

Los muestreos se efectuaron entre la primera y segunda semana de julio de 2013, en la época de bajas lluvias, con una duración de 10 días de muestreo efectivo, tiempo en el cual se realizó el levantamiento de la información.

Se realizaron conteos de aves en cada estación de muestreo, utilizando 14 puntos separados 100 m entre sí, con un radio de observación de 50 m por punto. Cada punto tuvo una duración de 10 min de observación, con una repetición de igual duración. Los muestreos visuales se realizaron con binoculares 10 x 40 y las diferentes especies fueron determinadas con ayuda de la guías de Hilty y Brown (1986) y Restall *et al.* (2006). Todas las especies observadas y escuchadas fueron registradas, así como el número de individuos de cada una de ellas. Sin embargo, las vocalizaciones de especies no identificadas se grabaron en dispositivos digitales SONY icd-px720 y Marantz PMD 620 y fueron analizadas en laboratorio, los cortes de las grabaciones fueron comparados con guías sonoras de aves y con los cortes disponibles en Xeno-Canto (<http://www.xeno-canto.org>).

Adicionalmente, en cada una de las cinco estaciones de muestreo se instalaron siete redes de niebla de 12 x 2 m, las cuales fueron operadas en los horarios de 06:00–17:00 h, durante un día, garantizando un esfuerzo total de 77 h-red por estación. Las aves capturadas fueron identificadas a nivel de especie, procesadas y liberadas siguiendo protocolos internacionales reconocidos (NABC 2001, Villarreal *et al.* 2004).

Las especies colectadas durante la captura con redes de niebla fueron preparadas según los estándares requeridos para la preservación de pieles de estudio de aves (Villarreal *et al.* 2004) y depositadas en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT) (Anexo 2).

La lista general de especies registradas en las localidades de muestreo siguió el orden taxonómico

de Remsen *et al.* (2015) (Anexo 3). Para cada especie se indicaron algunos aspectos como tipo de registro, endémica, casi endémica (Chaparro *et al.* 2013), migratoria (Naranjo *et al.* 2012) e introducida (Salaman *et al.* 2009). La categoría de amenaza de extinción global fue consultada en UICN (www.iucnredlist.org), mientras que la nacional siguió a Renjifo *et al.* (2002).

Análisis de datos

La representatividad del muestreo, a nivel general y por estación, se obtuvo con los estimadores no paramétricos basados en abundancia Chao1 y ACE, con el uso del programa estadístico EstimateS 9.1 (Colwell 2013). Para cada páramo se distribuyeron todas las especies en cuatro categorías de abundancia (abundante, común, poco común y escasa) (Villarreal *et al.* 2004) a través de la elaboración de los intervalos de clase, mediante la fórmula $C = (X_{\text{máx.}} - X_{\text{mín.}}) / m$, donde C = amplitud del intervalo; $m = 1 + 3.3 \log N$, donde N = No. de individuos. Se analizó la diversidad alfa (α) con el índice de diversidad de Shannon (Magurran 1988), mientras que la asociación entre el índice de Shannon y la altura, así como la significancia de esta relación se probaron a través de una regresión de Pearson. El recambio de especies entre las estaciones muestreadas se analizó por medio del índice de Jaccard. Con el fin de visualizar las agrupaciones halladas por el índice, se elaboró un dendrograma de similaridad, utilizando el algoritmo de agrupamiento UPGMA, incorporado en el programa PAST 3.0 (Hammer *et al.* 2001). Para la construcción del dendrograma se excluyeron las especies que fueron observadas sobrevolando a través de todo el gradiente (*Geranoaetus melanoleucus*, *Streptoprocne zonaris*, *Phalcoboenus carunculatus*, *Pygochelidon cyanoleuca*, *Orochelidon murina*, *Leptosittaca branickii* y *Turdus fuscater*). Dado que el índice de Jaccard trabaja únicamente con matrices de presencia/ausencia de especies, se utilizó un análisis de correspondencia rectificado (DCA), para verificar la agrupación de localidades, teniendo en cuenta las abundancias.

Resultados

Luego de un esfuerzo de muestreo de 70 h de observación (aprox. 23.3 horas/páramo) y 1078 h-red (385 h-red en Chile y Las Nieves–Estambul y 308 h-red en Anaime) se registraron 1075 individuos, distribuidos en 89 especies, 63 géneros, 24 familias y 11 órdenes de aves. Según los estimadores no paramétricos basados en abundancia ACE y Chao1, la representatividad en los páramos se encontró entre 88 % – 96 %, aunque varió entre 57 % – 98 % cuando se evaluó a escala de las estaciones dentro de cada localidad. El número de especies estimadas para el complejo de páramos Chile-Barragán es de 93–101 especies, en la franja de elevación entre 3100 – 3600 m s.n.m. El páramo con mayor riqueza de especies fue Chile (68), seguido de Anaime (52) y Las Nieves-Estambul (45). Las especies más abundantes en el páramo de Anaime fueron *Myioborus ornatus* (13%) y *Turdus fuscater* (12 %), mientras que en Chile fueron *Metallura tyrianthina* (8%) y *Anisognathus lacrymosus* (7%) y en Las Nieves–Estambul fueron *Cinnycerthia unirufa* (8 %) y *T. fuscater* (8 %). Por otro lado, entre el 69 % – 85 % de las especies se encontraron dentro de la categoría de escasa (Anexo 4).

En el complejo de páramos Chile-Barragán la diversidad de Shannon fue más alta en la estación a menor altura (3100-3200 m s.n.m.) y fue disminuyendo significativamente con el aumento en la altitud ($n = 14$, $r = -0,611$, $t = -2,678$, $P = 0,020$). Según el coeficiente de determinación r^2 el 37 % de la variación en la diversidad de la avifauna puede ser explicada por la variación en el gradiente de elevación. A escala del paisaje, el dendrograma de similaridad de composición de especies mostró que en los tres páramos, las comunidades de aves de 3500–3600 m s.n.m. son diferentes a los ensamblajes encontrados a menores alturas (3100–3400 m s.n.m.), compartiendo entre 6 % – 32 % de las especies (Figura 2). Estos resultados también son soportados por el DCA, que muestra una clara separación entre las comunidades presentes en las alturas mencionadas (Figura 3). Los tres páramos comparten entre el 34 % – 49 %

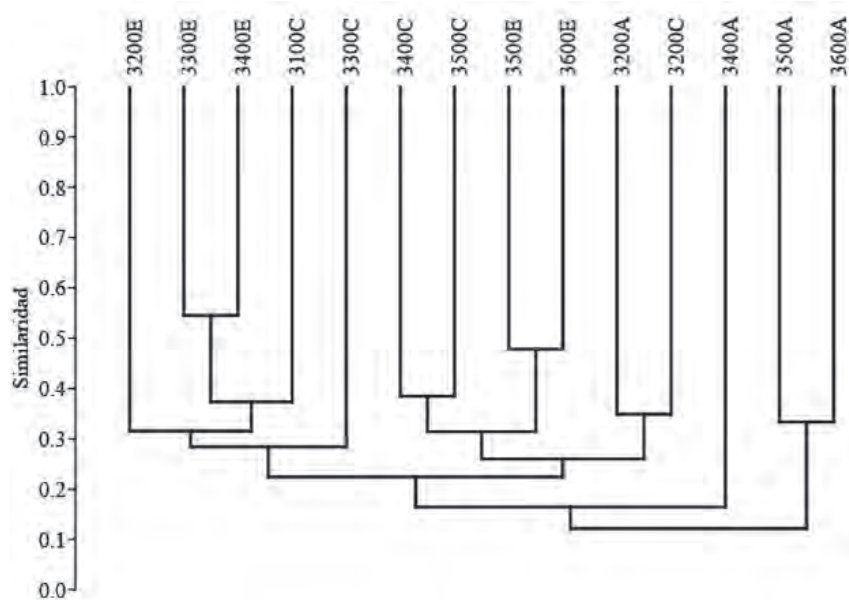


Figura 2. Dendrograma de similitud en la composición de especies entre estaciones altitudinales de los tres páramos evaluados. A=Anaime, C=Chilí, E= Las Nieves-Estambul.

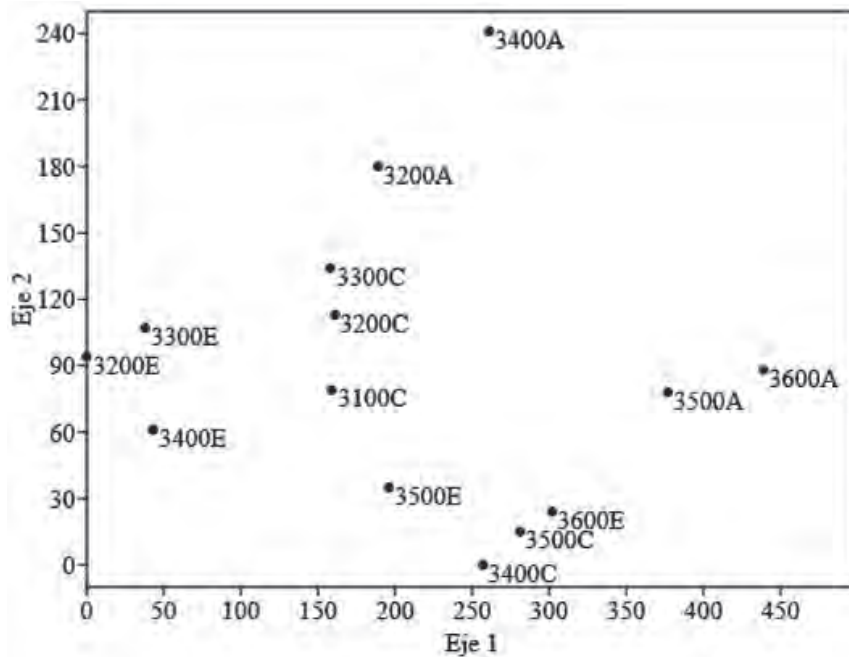


Figura 3. Analisis de Correspondencia Rectificado (DCA) para la composición de especies entre estaciones altitudinales de los tres páramos evaluados. A=Anaime, C=Chilí, E: Las Nieves-Estambul.

de las especies, siendo Chile y Anaimé, los páramos más similares, mientras que Las Nieves–Estambul, el cual se encuentra separado por cerca de 50 km, comparte más especies de aves con Chile (46 %) que con Anaimé.

Del total de especies registradas, el 17 % corresponde a especies Casi Endémicas (*Eriocnemis derbyi*, *E. mosquera*, *Heliangelus exortis*, *Gallinago nobilis*, *Cyanolitta armillata*, *Atlapetes pallidinucha*, *Sporagra spinescens*, *Syndactyla subalaris*, *Grallaricula lineifrons*, *Cacycus chrysonotus*, *Myioborus ornatus*, *Scytalopus spillmanni*, *Cinnycerthia unirufa*, *Myiotheretes fumigatus* y *Uromyias agilis*), 2 % son especies Casi Amenazadas (*E. derbyi* y *Andigena nigrirostris*), 3 % son especies Vulnerables (*G. lineifrons*, *A. hypoglauca* y *Leptosittaca branickii*) y 17 % son especies del apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora CITES (*Geranoaetus melanoleucus*, *Chalcostigma herrani*, *Coeligena coeligena*, *C. lutetiae*, *Ensifera ensifera*, *E. derbyi*, *E. mosquera*, *H. exortis*, *Lafresnaya lafresnayi*, *Metallura tyrianthina*, *M. williamsi*, *Opisthoprora euryptera*, *Ramphomicron microrhynchum*, *Phalcoboenus carunculatus* y *L. branickii*).

Discusión

Los estimadores de riqueza muestran que aunque el estudio fue desarrollado a través de metodologías rápidas, el esfuerzo efectuado permitió el registro de un número significativo de especies presentes en el complejo de páramos Chile-Barragán. No obstante, la representatividad a nivel de las estaciones demuestra que algunas de ellas requieren de un mayor esfuerzo. Efectivamente, un muestreo rápido puede perder calidad cuando diferentes variables no controlables afectan los métodos; por ejemplo, días lluviosos pudieron reducir el número de observaciones y de capturas en algunas estaciones, que al no contar con tiempo para varias réplicas, pudieron complicar el análisis de resultados a través del gradiente.

Al realizar una comparación con la literatura disponible para las zonas de páramo del país, se encontró que la riqueza de especies registrada

corresponde al 58 % de las aves reportadas para los páramos de Colombia (Delgado y Rangel-Ch 2000), al 16 % de las especies presentes en 31 complejos de páramos en una franja de elevación de 2400–4200 m s.n.m. (IAvH 2014), y al 64 % de las especies reportadas para el sector quindiano del mismo complejo Chile-Barragán (CVC 2005).

A escala regional, la riqueza encontrada representa el 79 % del número de especies reportado para ocho zonas de páramo en el departamento de Tolima (Reinoso *et al.* 2009), e incluye altos porcentajes de la riqueza de especies registradas en localidades particulares de la cordillera Central, por ejemplo: 97 % de la riqueza de Estrella de Agua (páramo de Frontino) (Arbeláez-Cortés *et al.* 2011), 98 % de Semillas de Agua (páramo de Anaimé) (Rodríguez-Pinilla 2003) y supera la riqueza de La Cueva (páramo de Ibagué) (Parra *et al.* 2007). Sin embargo, al evaluar la composición de especies, se advierte que los páramos estudiados, en conjunto, comparten tan solo el 44 % de las especies registradas por Reinoso *et al.* (2009) y Rodríguez-Pinilla (2003), lo que corresponde a 61 especies que no fueron detectadas en este estudio. No obstante, se presentan 16 registros de especies de aves que no habían sido previamente reportadas para las zonas de páramo del departamento (ver Anexo 4). Estos resultados sugieren una alta variabilidad espacial en la composición de los ensamblajes de aves en los páramos de Tolima, que si bien podría ser la consecuencia de la diferencia en los esfuerzos de muestreo, también podría indicar la existencia de condiciones ambientales particulares que modelan las comunidades locales de aves.

Aunque los datos del presente estudio pueden ser insuficientes para corroborar adecuadamente la hipótesis tradicional de que la riqueza de flora y fauna decrece con la elevación (Terborgh 1977, Rohde 1992), se encontró al menos una fuerte tendencia a la disminución en la diversidad con el ascenso en el gradiente. Esta disminución en la diversidad parece ocurrir principalmente en montañas con bosques húmedos (McCain 2009), ecosistemas característicos de la zona de estudio y de los Andes centrales en general, mientras que montañas con sistemas secos exhiben otros patrones. Las razones de esta reducción en la diversidad de aves son temas de reciente

investigación, que apuntan al efecto combinado de variables climáticas que modelan la distribución de los organismos (McCain 2009, McCain y Grytnes 2010). En este sentido, los resultados sugieren que los métodos utilizados en la caracterización pueden ser adecuados para el desarrollo de estudios enfocados en este tipo de fenómenos ecológicos, preferiblemente si se amplía la escala temporal.

La similaridad en la composición de las comunidades mostró un recambio entre 68–94 % de las especies a lo largo del gradiente. Esta fuerte variación en la composición de especies también ha sido encontrada en otros estudios con ensamblajes de aves en localidades tropicales (Martínez y Rechberger 2007). Adicionalmente, se ha documentado que ciertas especies se encuentran asociadas a hábitats específicos a través del gradiente (Suárez-Sanabria y Cadena 2014), lo que podría resultar en comunidades particulares, establecidas en coberturas y alturas determinadas. En este estudio los resultados sugieren la existencia de al menos dos ensamblajes de aves, el primero de ellos se encuentra en alturas superiores a 3400 m s.n.m, y en donde se observan aves principalmente relacionadas con las coberturas de frailejón-pajónal, herbazal y bosque enano (transición entre bosque montano alto y páramo), mientras que por debajo de 3400 m s.n.m. se registran especies asociadas primordialmente a coberturas boscosas de la zona de vida del bosque húmedo montano bajo (Bh-MB). Por otro lado, hay que tener en cuenta que ciertas especies presentan un mayor rango de tolerancia al cambio en las condiciones ambientales, de tal manera que pueden observarse a través de la totalidad o parte del gradiente evaluado, lo que puede dificultar el estudio de los patrones.

Conclusiones

El presente estudio muestra que el complejo de páramos Chilí-Barragán sustenta un número importante de especies de aves representativas de los Andes centrales y de las zonas de páramo del país. Al realizar una breve comparación se encontró que entre los 34 complejos de páramo indentificados por Morales *et al.* (2007), el 12 % de ellos presentó una riqueza igual o mayor a 149 especies de aves (Guantiva-La Rusia, El Duende, Frontino y Santa

Marta), el 26 % de los complejos mostró una riqueza entre 42–98 especies (Perijá, Santurbán, Almorzadero, Yariguíes, Iguaque-Merchán, Guerrero, Rabanal, Tota-Bijagual-Mamapacha y Citará), mientras que el 62 % de los complejos restantes, presentan menos de 25 especies, lo que equivaldría a decir que no cuentan con información adecuada. En consecuencia, el complejo Chilí-Barragán se encuentra dentro del grupo de páramos con riqueza intermedia, aunque si se filtrara la información disponible por encima 3000 m s.n.m, es posible que este complejo se halle entre las regiones de páramo con mayor diversidad de aves en Colombia.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Instituto Alexander von Humboldt en convenio con la Universidad del Tolima. Agradecemos a J. Sanabria, V. Ortíz, A. Buitrago, C. Gaitán y G. Pacheco por su colaboración en la toma de datos de campo y a H. F. Cruz por su ayuda en la elaboración del mapa. Las bases de datos e información sobre del presente estudio se encuentra disponible en el SIB (http://ipt.sibcolombia.net/iavh/resource.do?r=paramo_chilibarragan_2013).

Bibliografía

- Arbeláez-Cortés, E., O. H. Marín-Gómez, O. Baena-Tovar y J. C. Ospina-González. 2011. Aves, finca Estrella de Agua - Páramo de Frontino, municipio de Salento, Quindío, Colombia. *Check list* 7 (1): 64-70.
- Castaño-Urbe, C. 2002. Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición *hotspot* y *global climatic tensor*. Ministerio del Medio Ambiente e Ideam. Bogotá, D. C., Colombia. 387 pp.
- Chaparro-Herrera, S., M. A. Echeverry-Gálvis, S. Córdoba-Córdoba y A. Sua-Becerra. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota colombiana* 14 (2): 235-272.
- Colwell, R. K. 2013. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9.0. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>
- Corpoica. 2009. Estudio del Estado Actual (EEA) y Plan de Manejo (PM) de los páramos del departamento del Tolima. Contrato de cooperación 422/08. Cortolima-Corpoica. Espinal, 274 pp.
- Delgado, A. C. y J. O. Rangel-Ch. 2000. Aves. Pp: 629-644. *En*: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia Diversidad

- Biótica III. La región de vida paramuna. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 902 pp.
- Hammer, O., D. A. Harper y P. D. Ryan. 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4 (1): 1-9. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- Hilty, S. L y W. L. Brown. 1986. A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 836 pp.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 2014. Aves de los páramos de Colombia recopilada de información virtual e impresa. 559 registros, Aportados por: Gómez JP, En línea: http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=paramos_aves_is_2014
- López-Lanús, B., P. G. Salaman, T. P. Cowley, S. Arango-Caro y L. M. Rengifo. 2000. The threatened birds of the río Toche, Cordillera Central, Colombia. *Cotinga* 14: 17-23.
- Losada-Prado, S., A. M. Carvajal-Lozano y Y. G. Molina-Martínez. 2005. Listado de especies de aves de la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). *Biota Colombiana* 6 (1): 101-116.
- Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey. 179 pp.
- Martínez, O. y J. Rechberger. 2007. Características de la avifauna en un gradiente altitudinal de un bosque nublado andino en La Paz, Bolivia. *Revista Peruana de Biología* 14 (2): 225-236.
- McCain, C. M. 2009. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography* 18: 346-360.
- McCain, C. M. y J. A. Grytnes. 2010. Elevational gradients in species richness. *En: Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0022548
- Molina-Martínez, Y. G. 2014. Birds of the Totare River Basin, Colombia. *CheckList* 10 (2): 269-286.
- Morales, M., J. Otero, T. van der Hammen, A. Torres, C. Cadena, C. Pedraza, N. Rodríguez, C. Franco, J. C. Betancourth, E. Olaya, E. Posada y L. Cárdenas. 2007. Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 208 pp.
- NABC. 2001. The Northamerican Banders' study guide. The North American Banding Council. Point Reyes Station, California. 66 pp.
- Naranjo, L. G, J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento. 2012. Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia - Aves. Volumen 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, WWF Colombia; Bogotá, D.C., Colombia. 708 pp.
- Parra-Hernández, R. M., D. A. Carantón-Ayala, J. S. Sanabria-Mejía, L. F. Barrera-Rodríguez, A. M. Sierra-Sierra, M. C. Moreno-Palacios, W. S. Yate-Molina, W. E. Figueroa-Martínez, C. Díaz-Jaramillo, V. T. Florez-Delgado, J. K. Certuche-Cubillos, H. N. Loaiza-Hernández y B. A. Florido-Cuellar. 2007. Aves del municipio de Ibagué (Tolima), Colombia. *Biota Colombiana* 8 (2): 199-220.
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18: 200-205.
- Rangel-Ch., J. O. 2000. La región paramuna y franja aledaña en Colombia. Pp: 1-23. *En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 902 pp.
- Reinoso-Flórez, G., F. A. Villa-Navarro., J. E. García-Melo, M. A. Vejarano-Delgado y Y. G. Molina-Martínez. 2009. Caracterización de la flora y fauna de los páramos del Tolima. Informe técnico. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia 522 pp.
- Reinoso Flórez, G., F. Villa-Navarro, H. E. Esquivel, J. E. García Melo, M. A. Vejarano Delgado. 2008. Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del río Totare. Biodiversidad Regional Fase III. Informe Técnico Final. Cortolima y Universidad del Tolima (Grupo de Investigación en Zoología), Ibagué, 1231 pp.
- Remsen, J. V., Jr., J. I. Areta, C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Erman, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz, and K. J. Zimmer. 2015. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- Renjifo, L. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya-Espinel, G. H. Kattan y B. López-Lanús (Eds.). 2002. Libro rojo de las aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá D.C., Colombia. 562 pp.
- Restall, R., C. Rodner y M. Lentino. 2006. Birds of Northern South America. An Identification guide Vol. 1. Yale University Press. New Haven and London. 880 pp.
- Roda, J., A. M. Franco., M. P. Baptiste., C. Múnera y D. M. Gómez. 2003. Manual de identificación citas de aves de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Serie de manuales de identificación CITES de Colombia. Bogotá D.C., 352 pp.

- Rodríguez-Pinilla, Q. 2003. Estudio de la comunidad aviaria en la reserva natural Semillas de Agua Páramo de Los Valles, Cajamarca, Tolima. *Aleteo* 9: 1-15.
- Rohde, K. 1992. Latitudinal gradients in species diversity: the search for the primary cause. *Oikos* 65: 514-527.
- Salaman, P., T. Donegan, D. Caro. 2009. Listado de las Aves de Colombia. *Conservación Colombiana* 8: 1-89.
- Suárez-Sanabria, N. y C. D. Cadena. 2014. Diversidad y estructura de la avifauna del Valle de Lagunillas, Parque Nacional Natural El Cocuy, Colombia. *Ornitología Colombiana* 14: 48-61.
- Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology* 58: 1007-1019.
- Villa-Navarro, F. A., Reinoso-Flórez, G., Losada-Prado, S. y M. H. Bernal. 2013. Caracterización de flora, edafofauna epígea, anfibios y aves para el protocolo de delimitación del complejo de páramos Chilí-Barragán, en el departamento del Tolima. Convenio de cooperación 13-12-092-044CE. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad del Tolima. Grupo de Investigación en Zoología. Ibagué (Tolima), Colombia. 243 pp.
- Villarreal, H., M. Álvarez., S. Córdoba-Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 236 pp.

Anexo 1. Estaciones de muestreo para la evaluación de la avifauna en los páramos de Anaime (Cajamarca) (A), Chilí (Roncesvalles) (C) y Las Nieves-Estambul (Ibagué) (NE), Tolima.

Páramo	Estación	Hábitat	Coordenadas geográficas	Altitud (m s.n.m)
A	E1	Bosque	4°17'33,9"N-75°32'36,8"O	3250
A	E2	Arbustal	4°15'26,1"N-75°32'43,3"O	3401
A	E3	Arbustal y pastizal	4°15'3,5"N-75°33'07,9"O	3491
A	E4	Frailejonal-Pajonal (Herbazal)	4°14'32,6"N-75°33'23,0"O	3596
C	E1	Bosque	4°11'27,8"N-75°35'47,60"O	3113
C	E2	Bosque	4°11'27,9" N-75°35'33,0"O	3215
C	E3	Arbustal	4°11'36,4" N-75°35'27,02"O	3307
C	E4	Frailejonal-Pajonal (Herbazal)	4°11'55,0" N-75° 35'07,8"O	3406
C	E5	Frailejonal-Pajonal (Herbazal)	4°12'11,9" N-75° 34'42,4"O	3532
NE	E1	Bosque	4°36'13,2" N-75°17'42,4"O	3229
NE	E2	Bosque	4°36'16,0" N-75°17'34,5"O	3341
NE	E3	Bosque y Arbustal	4°36'18,8" N-75°17'26,2"O	3426
NE	E4	Bosque y Arbustal	4°36'25,0" N-75°17'20,6"O	3528
NE	E5	Arbustal y Frailejonal-Pajonal (Herbazal)	4°36'27,5" N-75°17'00,2"O	3617

Anexo 2. Listado de especímenes recolectados en tres páramos del complejo de páramos Chilí Barragán (Tolima). A=Anaime; C=Chilí; NE=Las Nieves-Estambul.

Páramo	Especie	Número de catálogo
A	<i>Anisognathus igniventris</i>	CZUT-OR 1271
A	<i>Cistothorus platensis</i>	CZUT-OR 1268
A	<i>Conirostrum sitticolor</i>	CZUT-OR 1269
A	<i>Heliangelus exortis</i>	CZUT-OR 1272
A	<i>Metallura williami</i>	CZUT-OR 1267
A	<i>Sporagra spinescens</i>	CZUT-OR 1266
A	<i>Uromyias agilis</i>	CZUT-OR 1270
C	<i>Anisognathus igniventris</i>	CZUT-OR 1278
C	<i>Basileuterus nigrocristatus</i>	CZUT-OR 1260
C	<i>Buthraupis eximia</i>	CZUT-OR 1277
C	<i>Buthraupis eximia</i>	CZUT-OR 1279
C	<i>Buthraupis montana</i>	CZUT-OR 1262
C	<i>Catamenia inornata</i>	CZUT-OR 1263
C	<i>Chalcostigma herrani</i>	CZUT-OR 1274
C	<i>Chalcostigma herrani</i>	CZUT-OR 1276
C	<i>Diglossa lafresnayii</i>	CZUT-OR 1281
C	<i>Eriocnemis mosquera</i>	CZUT-OR 1275
C	<i>Eriocnemis mosquera</i>	CZUT-OR 1282
C	<i>Grallaricula lineifrons</i>	CZUT-OR 1255
C	<i>Hemispingus verticalis</i>	CZUT-OR 1256
C	<i>Iridosornis rufivertex</i>	CZUT-OR 1261
C	<i>Iridosornis rufivertex</i>	CZUT-OR 1280
C	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	CZUT-OR 1265
C	<i>Metallura tyrianthina</i>	CZUT-OR 1283
C	<i>Myioborus ornatus</i>	CZUT-OR 1257
C	<i>Myiotheretes fumigatus</i>	CZUT-OR 1258
C	<i>Ochthoeca frontalis</i>	CZUT-OR 1259
C	<i>Ochthoeca frontalis</i>	CZUT-OR 1264

Cont. **Anexo 2.** Listado de especímenes recolectados en tres páramos del complejo de páramos Chilí Barragán (Tolima). A=Anaime; C=Chilí; NE=Las Nieves-Estambul.

Páramo	Especie	Número de catálogo
C	<i>Ramphomicron microrhynchum</i>	CZUT-OR 1273
NE	<i>Anisognathus igniventris</i>	CZUT-OR 1237
NE	<i>Anisognathus lacrymosus</i>	CZUT-OR 1248
NE	<i>Arremon torquatus</i>	CZUT-OR 1252
NE	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	CZUT-OR 1240
NE	<i>Basileuterus nigrocristatus</i>	CZUT-OR 1292
NE	<i>Chalcostigma herrani</i>	CZUT-OR 1288
NE	<i>Cinnycerthia unirufa</i>	CZUT-OR 1249
NE	<i>Cistothorus platensis</i>	CZUT-OR 1241
NE	<i>Cistothorus platensis</i>	CZUT-OR 1289
NE	<i>Cistothorus platensis</i>	CZUT-OR 1290
NE	<i>Diglossa cyanea</i>	CZUT-OR 1254
NE	<i>Eriocnemis derbyi</i>	CZUT-OR 1242
NE	<i>Eriocnemis mosquera</i>	CZUT-OR 1284
NE	<i>Eriocnemis mosquera</i>	CZUT-OR 1287
NE	<i>Heliangelus exortis</i>	CZUT-OR 1243
NE	<i>Heliangelus exortis</i>	CZUT-OR 1244
NE	<i>Hellmayrea gularis</i>	CZUT-OR 1253
NE	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	CZUT-OR 1246
NE	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	CZUT-OR 1247
NE	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	CZUT-OR 1291
NE	<i>Metallura tyrianthina</i>	CZUT-OR 1238
NE	<i>Metallura williami</i>	CZUT-OR 1285
NE	<i>Myioborus ornatus</i>	CZUT-OR 1251
NE	<i>Ochthoeca frontalis</i>	CZUT-OR 1239
NE	<i>Ochthoeca frontalis</i>	CZUT-OR 1245
NE	<i>Sporagra spinescens</i>	CZUT-OR 1286

Anexo 3. Listado de presencia ausencia de aves en tres páramos del complejo de páramos Chili Barragán (Tolima). A=Anaime; C=Chilí; NE=Las Nieves-Estambúl; EL=Elevación; E=Estatus; R=Residente; CE=Casi Endémica; EI=Especie de interés; CA=Categoría de amenaza. Las especies marcadas con asterisco (*) son nuevos registros para la zona de páramo en Tolima.

Especie	Páramo			EL	E	CA
	A	C	NE			
Tinamidae						
<i>Nothocercus julius*</i>	0	1	1	3100-3200	R	LC
Cracidae						
<i>Penelope montagnii</i>	0	1	1	3200-3300	R	LC
Accipitridae						
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	0	1	0	3500	R	LC
Scolopacidae						
<i>Gallinago nobilis</i>	1	0	0	3600	CE	LC
Columbidae						
<i>Patagioenas fasciata</i>	1	0	0	3200-3400	R	LC
Apodidae						
<i>Streptoprocne zonaris</i>	1	0	0	3400	R	LC
Trochilidae						
<i>Heliangelus exortis</i>	1	1	1	3100-3400	CE	LC
<i>Opisthoprora euryptera</i>	0	0	1	3200	R	LC
<i>Ramphomicron microrhynchum</i>	1	1	0	3200-3500	R	LC
<i>Chalcostigma herrani</i>	1	1	1	3400-3600	EI	LC
<i>Metallura tyrianthina</i>	1	1	1	3100-3500	R	LC
<i>Metallura williami</i>	1	1	1	3100-3600	EI	LC
<i>Eriocnemis derbyi</i>	1	1	1	3100-3600	CE	NT
<i>Eriocnemis mosquera</i>	1	1	1	3100-3600	CE	LC
<i>Coeligena coeligena*</i>	0	0	1	3200	R	LC
<i>Coeligena lutetiae</i>	1	1	1	3100-3500	EI	LC
<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	1	1	1	3100-3500	R	LC
<i>Ensifera ensifera</i>	1	0	0	3400-3500	R	LC
<i>Trogon personatus</i>	0	0	1	3400	R	LC
Ramphastidae						
<i>Andigena hypoglauca</i>	0	1	1	3100-3400	R	VU
<i>Andigena nigrirostris</i>	0	1	0	3200	R	NT
Falconidae						
<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	0	1	0	3200	EI	LC
Psittacidae						
<i>Leptosittaca branickii*</i>	1	0	1	3200	R	VU
Grallaridae						
<i>Grallaria squamigera</i>	0	1	1	3200-3400	R	LC
<i>Grallaria nuchalis*</i>	1	1	1	3200-3300	R	LC

Cont. **Anexo 3.** Listado de presencia ausencia de aves en tres páramos del complejo de páramos Chilí Barragán (Tolima). A=Anaime; C=Chilí; NE= Las Nieves-Estambúl; EL=Elevación; E=Estatus; R=Residente; CE=Casi Endémica; EI=Especie de Interés; CA=Categoría de Amenaza. Las especies marcadas con asterisco (*) son nuevos registros para la zona de páramo en Tolima.

Especie	Páramo			EL	E	CA
	A	C	NE			
Grallaridae						
<i>Grallaria rufula</i>	1	1	0	3400-3600	R	LC
<i>Grallaria quitensis</i>	1	1	1	3100-3600	R	LC
<i>Grallarica nana*</i>	0	1	0	3400	R	LC
<i>Grallarica lineifrons*</i>	0	1	0	3100	CE	VU
Rhinocryptidae						
<i>Myornis senilis</i>	1	1	1	3200-3600	R	LC
<i>Acropternis orthonyx</i>	1	1	0	3400-3500	R	LC
<i>Scytalopus latrans*</i>	1	0	0	3500-3600	R	LC
<i>Scytalopus spillmanni</i>	1	1	0	3200-3600	CE	LC
Furnariidae						
<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>	0	1	1	3400	R	LC
<i>Syndactyla subalaris</i>	0	1	0	3200	CE	LC
<i>Margarornis squamiger</i>	1	1	0	3200-3400	R	LC
<i>Leptasthenura andicola</i>	1	0	0	3500	R	LC
<i>Hellmayrea gularis</i>	0	1	1	3200-3400	R	LC
<i>Synallaxis azarae*</i>	0	1	0	3100	R	LC
<i>Synallaxis unirufa</i>	0	1	1	3400-3600	R	LC
Tyrannidae						
<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>	1	0	0	3200	R	LC
<i>Phyllomyias uropygialis*</i>	0	0	1	3500	R	LC
<i>Elaenia frantzii*</i>	1	0	0	3200	R	LC
<i>Mecocerculus stictopterus</i>	1	0	0	3400	R	LC
<i>Mecocerculus leucophrys</i>	1	1	1	3200-3600	R	LC
<i>Uromyias agilis</i>	1	1	0	3200-3400	CE	LC
<i>Pseudotriccus ruficeps</i>	0	0	1	3300	R	LC
<i>Pyrrhomyias cinnamomeus*</i>	1	1	0	3200-3400	R	LC
<i>Myiotheretes fumigatus</i>	0	1	0	3200	CE	LC
<i>Ochthoeca frontalis</i>	0	1	1	3100-3500	R	LC
<i>Ochthoeca diadema</i>	0	0	1	3200	R	LC
<i>Ochthoeca cinnamomeiventris</i>	0	1	0	3100	R	LC
<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>	1	1	0	3100-3200	R	LC
<i>Ochthoeca fumicolor</i>	1	1	1	3200-3600	R	LC
Corvidae						
<i>Cyanolyca armillata</i>	0	1	0	3200	CE	LC
Hirundinidae						
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	0	0	1	3200-3600	R	LC

Cont. **Anexo 3.** Listado de presencia ausencia de aves en tres páramos del complejo de páramos Chilí Barragán (Tolima). A=Anaime; C=Chilí; NE= Las Nieves-Estambúl; EL=Elevación; E=Estatus; R=Residente; CE=Casi Endémica; EI=Especie de Interés; CA=Categoría de Amenaza. Las especies marcadas con asterisco (*) son nuevos registros para la zona de páramo en Tolima.

Especie	Páramo			EL	E	CA
	A	C	NE			
Hirundinidae						
<i>Orochelidon murina</i>	0	1	0	3100-3200	R	LC
Troglodytidae						
<i>Troglodytes solstitialis</i>	1	1	1	3100-3600	R	LC
<i>Cistothorus platensis</i>	1	1	1	3400-3600	R	LC
<i>Cinnycerthia unirufa*</i>	0	1	1	3200-3400	CE	LC
Turdidae						
<i>Turdus fuscater</i>	1	1	1	3100-3600	R	LC
Thraupidae						
<i>Hemispingus atropileus</i>	1	1	1	3200-3400	R	LC
<i>Hemispingus superciliaris</i>	0	1	0	3300	R	LC
<i>Hemispingus frontalis*</i>	1	0	0	3200-3400	R	LC
<i>Hemispingus verticalis</i>	1	1	0	3300-3500	R	LC
<i>Chlorornis riefferii</i>	1	1	0	3300-3500	R	LC
<i>Anisognathus lacrymosus</i>	1	1	1	3100-3600	R	LC
<i>Anisognathus igniventris</i>	1	1	1	3100-3600	R	LC
<i>Dubusia taeniata*</i>	1	0	0	3500	R	LC
<i>Buthraupis montana</i>	1	1	1	3100-3600	R	LC
<i>Buthraupis eximia</i>	0	1	0	3400-3500	R	LC
<i>Iridosornis rufivertex</i>	1	1	0	3400-3500	R	LC
<i>Conirostrum sitticolor</i>	1	1	0	3300-3400	R	LC
<i>Diglossa lafresnayii</i>	1	1	0	3100-3500	R	LC
<i>Diglossa humeralis</i>	0	1	0	3100-3600	R	LC
<i>Diglossa albilatera</i>	0	1	0	3100-3500	R	LC
<i>Diglossa sittoides*</i>	1	0	0	3200	R	LC
<i>Diglossa cyanea</i>	1	1	1	3100-3400	R	LC
<i>Haplospiza rustica</i>	0	1	0	3200	R	LC
<i>Catamenia inornata</i>	1	1	0	3400	R	LC
Emberizidae						
<i>Arremon torquatus*</i>	0	1	1	3100-3500	R	LC
<i>Zonotrichia capensis</i>	1	1	1	3100-3600	R	LC
<i>Atlapetes schistaceus</i>	1	1	0	3100-3500	R	LC
<i>Atlapetes pallidinucha</i>	0	1	1	3100-3500	CE	LC
Parulidae						
<i>Basileuterus nigrocristatus</i>	0	1	1	3100-3300	R	LC
<i>Myioborus ornatus</i>	1	1	1	3100-3500	CE	LC

Cont. **Anexo 3.** Listado de presencia ausencia de aves en tres páramos del complejo de páramos Chilí Barragán (Tolima). A=Anaime; C=Chilí; NE= Las Nieves-Estambul; EL=Elevación; E=Estatus; R=Residente; CE=Casi Endémica; EI=Especie de Interés; CA=Categoría de Amenaza. Las especies marcadas con asterisco (*) son nuevos registros para la zona de páramo en Tolima.

Especie	Páramo			EL	E	CA
	A	C	NE			
Icteridae						
<i>Amblycercus holosericeus</i>	0	0	1	3600	R	LC
<i>Cacicus chrysonotus</i>	0	1	0	3300	CE	LC
Fingillidae						
<i>Sporagra spinescens</i>	1	1	1	3200-3600	CE	LC
	51	64	41			

Anexo 4. Rangos de abundancia para las especies registradas en los tres páramos del complejo de páramos Chilí-Barragán. AA=Abundancia absoluta; AR=Abundancia relativa.

Rango de abundancia	Especie	AA	AR (%)
Páramo de Anaime			
Abundante	<i>Myioborus ornatus</i>	49	13,14
	<i>Turdus fuscater</i>	43	11,53
Poco común	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	25	6,70
	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	19	5,09
	<i>Diglossa lafresnayi</i>	18	4,83
	<i>Metallura williami</i>	16	4,29
	<i>Anisognathus lacrymosus</i>	16	4,29
	<i>Cistothorus platensis</i>	15	4,02
	Escaso	<i>Myornis senilis</i>	11
<i>Patagioenas fasciata</i>		11	2,95
<i>Heliangelus exortis</i>		11	2,95
<i>Conirostrum sitticolor</i>		10	2,68
<i>Leptosittaca branickii</i>		10	2,68
<i>Sporagra spinescens</i>		9	2,41
<i>Scytalopus spillmanni</i>		8	2,14
<i>Atlapetes schistaceus</i>		8	2,14
<i>Grallaria rufula</i>		6	1,61
<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>		5	1,34
<i>Diglossa cyanea</i>		5	1,34
<i>Acropternis orthonyx</i>		5	1,34
<i>Hemispingus atropileus</i>		4	1,07
<i>Anisognathus igniventris</i>	4	1,07	
<i>Troglodytes solstitialis</i>	4	1,07	

Cont. **Anexo 4.** Rangos de abundancia para las especies registradas en los tres páramos del complejo de páramos Chile-Barragán. AA=Abundancia absoluta; AR=Abundancia relativa.

Rango de abundancia	Especie	AA	AR (%)
Páramo de Anaime			
	<i>Elaenia frantzii</i>	4	1,07
	<i>Zonotrichia capensis</i>	4	1,07
	<i>Margarornis squamiger</i>	4	1,07
	<i>Uromyias agilis</i>	4	1,07
	<i>Eriocnemis derbyi</i>	3	0,80
	<i>Scytalopus latrans</i>	3	0,80
	<i>Iridosornis rufivertex</i>	3	0,80
	<i>Leptasthenura andicola</i>	3	0,80
	<i>Hemispingus frontalis</i>	3	0,80
	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	2	0,54
	<i>Diglossa sittoides</i>	2	0,54
	<i>Ensifera ensifera</i>	2	0,54
	<i>Gallinago nobilis</i>	2	0,54
	<i>Hemispingus verticalis</i>	2	0,54
Escaso	<i>Grallaria nuchalis</i>	2	0,54
	<i>Buthraupis montana</i>	2	0,54
	<i>Coeligena lutetiae</i>	2	0,54
	<i>Ramphomicron microrhynchum</i>	2	0,54
	<i>Eriocnemis mosquera</i>	2	0,54
	<i>Chlorornis riefferii</i>	1	0,27
	<i>Streptoprocne zonaris</i>	1	0,27
	<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	1	0,27
	<i>Metallura tyrianthina</i>	1	0,27
	<i>Chalcostigma herrani</i>	1	0,27
	<i>Grallaria quitensis</i>	1	0,27
	<i>Mecocerculus stictopterus</i>	1	0,27
	<i>Catamenia inornata</i>	1	0,27
	<i>Dubusia taeniata</i>	1	0,27
	<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>	1	0,27
Páramo de Chile			
Abundante	<i>Metallura tyrianthina</i>	28	7,71
	<i>Anisognathus lacrymosus</i>	26	7,16
Común	<i>Diglossa lafresnayii</i>	21	5,79
	<i>Eriocnemis mosquera</i>	18	4,96
	<i>Myioborus ornatus</i>	18	4,96
Poco común	<i>Buthraupis montana</i>	15	4,13
	<i>Buthraupis eximia</i>	15	4,13
	<i>Turdus fuscater</i>	14	3,86
	<i>Cistothorus platensis</i>	13	3,58

Cont. **Anexo 4.** Rangos de abundancia para las especies registradas en los tres páramos del complejo de páramos Chilí-Barragán. AA=Abundancia absoluta; AR=Abundancia relativa.

Rango de abundancia	Especie	AA	AR (%)
Páramo de Chilí			
Poco común	<i>Sporagra spinescens</i>	13	3,58
	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	10	2,75
	<i>Diglossa humeralis</i>	10	2,75
Escaso	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	8	2,20
	<i>Coeligena lutetiae</i>	7	1,93
	<i>Atlapetes schistaceus</i>	7	1,93
	<i>Chalcostigma herrani</i>	6	1,65
	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	6	1,65
	<i>Troglodytes solstitialis</i>	6	1,65
	<i>Diglossa cyanea</i>	6	1,65
	<i>Heliangelus exortis</i>	5	1,38
	<i>Orochelidon murina</i>	5	1,38
	<i>Zonotrichia capensis</i>	5	1,38
	<i>Arremon torquatus</i>	5	1,38
	<i>Ochthoeca frontalis</i>	4	1,10
	<i>Iridosornis rufivertex</i>	4	1,10
	<i>Conirostrum sitticolor</i>	4	1,10
	<i>Penelope montagnii</i>	3	0,83
	<i>Ramphomicron microrhynchum</i>	3	0,83
	<i>Metallura williami</i>	3	0,83
	<i>Eriocnemis derbyi</i>	3	0,83
	<i>Andigena hypoglauca</i>	3	0,83
	<i>Grallaria rufula</i>	3	0,83
	<i>Myornis senilis</i>	3	0,83
	<i>Scytalopus spillmanni</i>	3	0,83
	<i>Hellmayrea gularis</i>	3	0,83
	<i>Synallaxis unirufa</i>	3	0,83
	<i>Chlorornis riefferii</i>	3	0,83
	<i>Anisognathus igniventris</i>	3	0,83
	<i>Diglossa albilatera</i>	3	0,83
	<i>Basileuterus nigrocristatus</i>	3	0,83
	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	2	0,55
	<i>Grallaria squamigera</i>	2	0,55
	<i>Grallaria nuchalis</i>	2	0,55
	<i>Grallaria quitensis</i>	2	0,55
	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>	2	0,55
<i>Margarornis squamiger</i>	2	0,55	
<i>Synallaxis azarae</i>	2	0,55	
<i>Myiotheretes fumigatus</i>	2	0,55	

Cont. **Anexo 4.** Rangos de abundancia para las especies registradas en los tres páramos del complejo de páramos Chilí-Barragán. AA=Abundancia absoluta; AR=Abundancia relativa.

Rango de abundancia	Especie	AA	AR (%)
Páramo de Chilí			
Escaso	<i>Cyanolyca armillata</i>	2	0,55
	<i>Cinnycerthia unirufa</i>	2	0,55
	<i>Hemispingus superciliaris</i>	2	0,55
	<i>Hemispingus verticalis</i>	2	0,55
	<i>Catamenia inornata</i>	2	0,55
	<i>Cacicus chrysonotus</i>	2	0,55
	<i>Nothocercus julius</i>	1	0,28
	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	1	0,28
	<i>Andigena nigrirostris</i>	1	0,28
	<i>Grallaricula nana</i>	1	0,28
	<i>Grallaricula lineifrons</i>	1	0,28
	<i>Acropternis orthonyx</i>	1	0,28
	<i>Syndactyla subalaris</i>	1	0,28
	<i>Uromyias agilis</i>	1	0,28
	<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	1	0,28
	<i>Ochthoeca cinnamomeiventris</i>	1	0,28
	<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>	1	0,28
	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	1	0,28
	<i>Hemispingus atropileus</i>	1	0,28
	<i>Haplospiza rustica</i>	1	0,28
Páramo Las Nieves-Estambul			
Abundante	<i>Cinnycerthia unirufa</i>	28	8,26
	<i>Turdus fuscater</i>	28	8,26
	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	25	7,37
	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	24	7,08
Común	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	20	5,90
	<i>Anisognathus igniventris</i>	19	5,60
	<i>Buthraupis montana</i>	19	5,60
	<i>Cistothorus platensis</i>	19	5,60
Poco común	<i>Arremon torquatus</i>	13	3,83
	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	13	3,83
	<i>Eriocnemis mosquera</i>	11	3,24
	<i>Grallaria quitensis</i>	10	2,95
	<i>Zonotrichia capensis</i>	9	2,65
Escaso	<i>Anisognathus lacrymosus</i>	8	2,36
	<i>Heliangelus exortis</i>	7	2,06
	<i>Metallura tyrianthina</i>	7	2,06
	<i>Ochthoeca frontalis</i>	7	2,06
	<i>Leptosittaca branickii</i>	6	1,77

Cont. **Anexo 4.** Rangos de abundancia para las especies registradas en los tres páramos del complejo de páramos Chilí-Barragán. AA=Abundancia absoluta; AR=Abundancia relativa.

Rango de abundancia	Especie	AA	AR (%)
Páramo Las Nieves-Estambul			
Escaso	<i>Myioborus ornatus</i>	6	1,77
	<i>Myornis senilis</i>	6	1,77
	<i>Andigena hypoglauca</i>	5	1,47
	<i>Sporagras pinescens</i>	5	1,47
	<i>Coeligena lutetiae</i>	3	0,88
	<i>Hellmayrea gularis</i>	3	0,88
	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	3	0,88
	<i>Opisthoprora euryptera</i>	3	0,88
	<i>Phyllomyias uropygialis</i>	3	0,88
	<i>Basileuterus nigrocristatus</i>	2	0,59
	<i>Chalcostigma herrani</i>	2	0,59
	<i>Coeligena coeligena</i>	2	0,59
	<i>Eriocnemis derbyi</i>	2	0,59
	<i>Grallaria nuchalis</i>	2	0,59
	<i>Grallaria squamigera</i>	2	0,59
	<i>Metallura williami</i>	2	0,59
	<i>Penelope montagnii</i>	2	0,59
	<i>Pseudotriccus ruficeps</i>	2	0,59
	<i>Troglodytes solstitialis</i>	2	0,59
	<i>Trogon personatus</i>	2	0,59
	<i>Amblycercus holosericeus</i>	1	0,29
	<i>Diglossa cyanea</i>	1	0,29
	<i>Hemispingus atropileus</i>	1	0,29
	<i>Nothocercus julius</i>	1	0,29
	<i>Ochthoeca diadema</i>	1	0,29
	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>	1	0,29
	<i>Synallaxis unirufa</i>	1	0,29

Miguel Moreno-Palacios
 Grupo de Investigación en Zoología
 Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima
 Grupo de Investigación Naturatu
 Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
 Universidad de Ibagué
 miguel.moreno@unibague.edu.co

Sergio Losada-Prado
 Grupo de Investigación en Zoología
 Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima
 slosada@ut.edu.co

Avifauna del complejo de páramos Chilí-Barragán
 (Tolima, Colombia)

Cítese como: Moreno-Palacios, M. y S. Losada-Prado. 2016. Avifauna del complejo de páramos Chilí-Barragán (Tolima, Colombia). *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 2 - Páramos): 114-133. DOI: 10.21068/C2016v17s02a07

Recibido: 13 de febrero de 2015
 Aprobado: 10 de marzo de 2016

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

Lizeth M. Álvarez-Salas, Ana M. Gómez-Aguirre y Wilmar A. Cano-López

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de una investigación sobre el complejo de páramos Frontino-Urrao, centrandó la atención en la percepción que de los servicios ecosistémicos del páramo tienen los actores con influencia en su uso y manejo. Se identificaron el agua, la explotación maderera y la minería como servicios críticos frecuentemente relacionados con la existencia de conflictos entre actores, generados por concepciones y acciones contrapuestas sobre la gestión, explotación, control y propiedad de los recursos naturales. La confrontación de intereses de explotación-usufructo por parte de pobladores y propietarios y de conservación por parte de instituciones estatales o grupos ambientales, tiene como sustento la oposición entre concepciones y discursos ya sea sobre una naturaleza caprichosa y abundante, o bien sobre una naturaleza efímera. Se concluye para este estudio de caso que las problemáticas socio-económicas se agravan cuando hay falta de presencia institucional estatal y de empresas gestoras de los recursos, cuando hay desarticulación entre las instituciones estatales al intervenir en la administración, control o gestión de los recursos, o cuando se presentan superposiciones de intereses económicos a diferentes niveles escalares en las veredas del complejo de páramos Frontino-Urrao.

Palabras clave. Explotación maderera. Minería. Percepciones locales. Recurso hídrico. Servicios ecosistémicos.

Abstract

This paper shows results of an investigation in Frontino-Urrao páramo. We focus on the perceptions of the páramo ecosystem services of the actors with influence in their use and management. We identified the water, logging and mining as critical services often related to the existence of conflicts between actors. These conflicts are generated by conflicting conceptions and actions on the management, exploitation, control and ownership of natural resources. The conflicting interests of exploitation-usufruct by residents and owners on the one hand, and the other one, the interest in conservation by state institutions and environmental groups and others, is supported by the opposition between conceptions and speeches either on a whimsical and abundant nature, or on ephemeral nature. We conclude that in the case study, the socio-economic problems are compounded when institutional presence is lack by state authorities and resource management companies, when lack of coordination among state institutions to intervene in the management, control resources, or when exist superposition of economic interests at different scale levels on the páramo complex.

Key words. Ecosystem services. Local perceptions. Logging. Mining. Water resources.

Introducción

El presente trabajo hace parte de los resultados de un proyecto en convenio entre la Universidad de Antioquia y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) titulado: “Caracterización socioeconómica y cultural del complejo de páramos Frontino-Urrao, en el marco de los estudios técnicos, económicos, ambientales y sociales para la identificación y delimitación de complejos de páramos a escala 1:25000”, en el cual se analizó la historia ambiental, los aspectos demográficos, las dinámicas socioeconómicas de los sistemas productivos locales, las estrategias de gestión territorial y se incluyeron recomendaciones para la gobernanza local de los páramos.

El artículo centra el análisis en las percepciones que de los servicios ecosistémicos del páramo tienen los diferentes actores sociales con influencia en el uso y manejo de los recursos naturales asociados a este ecosistema. El área de estudio se ha clasificado en dos escalas: el entorno regional y el entorno local, en el cual está ubicado el complejo de páramos Frontino-Urrao (Tabla 1).

El entorno regional comprende los municipios donde se ubica este complejo en jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá (Corpourabá) y la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia) (Tabla 2).

Tabla 1. Máximas alturas del complejo de páramos Frontino-Urrao.

Nombre	Municipio - Departamento	Latitud	Longitud	Elevación (m s.n.m.)
El Junco	Caicedo – Antioquia	6,506028	-76,057847	3441
Pená	Abriaquí – Antioquia	6,512326	-76,035681	3382
La Horqueta	Abriaquí – Antioquia	6,569488	-76,132622	3560
Cerro Plateado	Salgar – Antioquia	6,018187	-76,104687	3500
Páramo del Sol	Urrao – Caicedo – Abriaquí	6,46039	-76,115942	4080

Tabla 2. Región de estudio.

Subregión	Municipio	Corporación a la cual pertenece	Ríos y quebradas	Cuenca
Occidente	Abriaquí Cañasgordas Frontino	Corpourabá, regional Nutibara	Herradura Cañasgordas Carauta y Chaquenodá	Río Sucio
Suroeste	Urrao	Corpourabá, regional Urrao	Penderisco, río Urrao La Encarnación	Río Sucio
Occidente	Santa Fe de Antioquia	Corantioquia, regional Hevéxicos	La Pená, La Bobó	Cauca medio
Occidente	Caicedo		Anocozca La García La Cortada Asesí	Cauca medio

Este espacio ecológico se destaca por su variedad de pisos térmicos, determinados por gradientes altitudinales que oscilan entre los 500 y los 4080 m s.n.m. En Sarmiento *et al.* (2013), se registra un área total de 13921 ha en el complejo Frontino-Urrao. De acuerdo con la información suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Igac), se identifica la existencia de área de páramos en todos los municipios incluidos en el estudio. Las superficies con intervalos superiores a los 3500 m s.n.m, equivalen a 115 km². El municipio de Urrao posee la mayor extensión con 42 km², seguido de Abriaquí con 31 km², Cañasgordas 25 km², Caicedo 7 km², Frontino 5 km² y con menor área el municipio de Santa Fe de Antioquia con 1 km² (Tabla 3).

El entorno local del complejo es definido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012) como “el espacio geográfico en donde está presente el ecosistema de páramo, sus zonas de transición hacia otros ecosistemas, los territorios vinculados directamente al páramo y aquellas áreas claves para la conservación y el mantenimiento de los procesos ecológicos que sustentan su diversidad biológica y la funcionalidad para los servicios ecosistémicos”. Los grupos humanos que se asientan en el entorno local, están ubicados principalmente entre los 1700 y los 2670 m s.n.m, donde prima el bosque altoandino. En el área de páramo propiamente dicho, no se identificaron habitantes permanentes sobre los 3300 m s.n.m, sin embargo, se evidenciaron

áreas con actividades productivas permanentes, como la ganadería (RNSC Churrumblum, Urrao) y la minería (Mina el Socorro, Abriaquí).

En este sentido, el entorno local lo constituyen las 23 veredas más cercanas al complejo de páramos (Tabla 4, Figura 1) que cuentan con cuerpos de agua tributarios de las cuencas de los ríos Penderisco (Urrao), La Herradura (Abriaquí), La Bobó y La Pená (Santa Fe de Antioquia), La Anocozca, La García, La Cortada y La Asesí (Caicedo), que nacen directamente del complejo de páramos. En estas veredas se priorizaron para el trabajo de campo, las unidades que tuvieran producción agropecuaria ubicadas a mayor altitud entre los 1742 y 2670 m s.n.m y que estuvieran situadas próximas a afluentes hídricos.

El acercamiento al problema se logró por medio de la investigación antropológica e histórica (Gil 2010, Stoler 2010, Crespo y Tozzini 2011, Muzzopappa y Villalta 2011). Para su ejecución se tomaron en cuenta los lineamientos metodológicos incluidos en el protocolo socioeconómico para la caracterización de complejo de páramos planteado por el IAvH (2013). También, el Grupo Medio Ambiente y Sociedad (MASO) planteó unas estrategias metodológicas que se aplicaron en la investigación, las cuales permitieron recabar, sistematizar y analizar la información sobre las relaciones socioecológicas que se establecen en términos de los servicios ecosistémicos que los páramos prestan. En esta investigación se identificaron

Tabla 3. Extensión de los pisos térmicos de los municipios del área de influencia del complejo de páramos Frontino-Urrao.

Municipios	Latitud N	Longitud O	Total	Pisos térmicos			
				Extensión (km ²)			Páramo
				Cálido (220-600 m s.n.m.)	Medio (>1000 m s.n.m.)	Frío (>2000 m s.n.m.)	
Abriaquí	6° 38' 08"	76° 03' 31"	290	0	109	150	31
Cañasgordas	6° 45' 12"	76° 01' 54"	391	52	204	110	25
Frontino	6° 46' 33"	76° 07' 36"	1263	625	478	155	5
Santa Fe de Antioquia	6° 33' 31"	75° 49' 32"	493	168	223	101	1
Caicedo	6° 24' 26"	75° 59' 19"	221	0	67	147	7
Urrao	6° 19' 16"	76° 07' 36"	2556	823	575	1112	46

Tabla 4. Zonas rurales ubicadas en el entorno local del complejo de páramos.

Municipio	Vereda	Altitud
Urrao	Llanogrande	2207
	Santa Ana	2144
	San Joaquín	2121
	Santa Isabel	2571
	El Chuscal	2260
	El Saladito	2165
	El Paso	1700
	La Honda	1977
	La Honda - Quebrada arriba	2047
	El Salado	1742
	San Rafael	1755
	La Clara	2318
	El Maravillo	2122
Abriaquí	San José	2351
	Corcovado	2434
	San Ruperto	2422
	Monos	2506
Cañasgordas	Ínsor	2670
Santa Fe de Antioquia	Las Azules	2302
	La Milagrosa	2051
Caicedo	Asesí	2316
	La Cortada	2360
	Anocozca	2169

servicios ecosistémicos críticos caracterizados por su importancia y disminución, así como la existencia comprobada de conflictos asociados a ellos. Por otra parte se develó la existencia de servicios ecosistémicos potencialmente críticos debido al impacto ambiental que estos pueden tener en los páramos.

Material y métodos

La clasificación y análisis de los servicios ecosistémicos se basaron principalmente en algunos lineamientos del Manual de Ciencias de la Sostenibilidad (Martín-López *et al.* 2012). El reconocimiento sociocultural y análisis de las percepciones sociales fueron ejes fundamentales para el estudio de los servicios ecosistémicos en el entorno local, teniendo

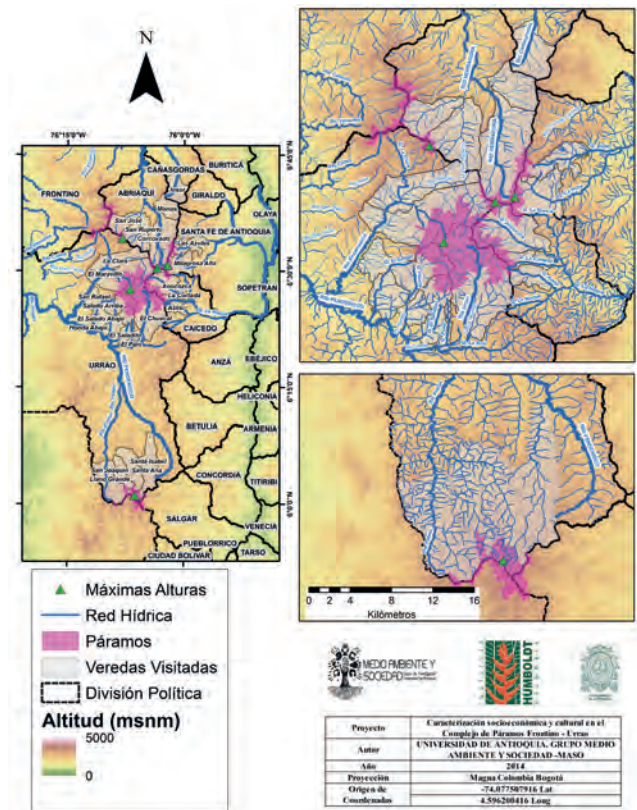


Figura 1. Área de estudio, entorno local.

en cuenta el enfoque basado en actores, el marco de valoración social y los estudios que relacionan las percepciones locales de pobladores con los servicios ecosistémicos (Hoffmann 1996, Lamarque *et al.* 2001, Laverde 2008, Agbenyega *et al.* 2009, Nieto 2014, Smith y Sullivan 2014). De esta manera, el uso, la percepción y la valoración de los actores sobre los servicios ecosistémicos fueron identificados a partir de la información obtenida en las entrevistas y la observación participante durante el trabajo de campo.

Los servicios identificados fueron clasificados en servicios de abastecimiento, regulación y culturales (Balvanera y Cotler 2009, García 2013), y siguiendo a Hein *et al.* (2006) se consideró el carácter multi-escalar de suministro y aprovechamiento de los servicios, lo que permitió revelar las diferencias entre

las perspectivas de uso y valor de los servicios por parte de los actores, según su grado de dependencia directa.

Trabajo de campo

La etnografía practicada por el equipo fue, al mismo tiempo, la herramienta de recolección de información y una base interpretativa. El trabajo de campo fue central para confrontar las fuentes documentales y la bibliografía con las prácticas socioculturales y económicas, y las concepciones sobre el páramo que tenían los actores. De esta forma, el método etnográfico permitió visibilizar y examinar factores como la percepción cultural sobre el ambiente, la economía local, la biodiversidad, el uso de la tierra y de las fuentes hídricas, las características sociales de las comunidades y los tipos de organización social que allí se generan (Hernández 1971, Agreda 2005).

Se realizaron dos visitas de campo, la primera con el propósito de hacer un reconocimiento del área de estudio en enero de 2014 en los municipios de Urrao, Frontino y Abriaquí; a partir del registro escrito y fotográfico de las primeras impresiones del lugar, se abordó a los pobladores mediante conversaciones incidentales. El trabajo de campo se desarrolló en la segunda visita durante seis semanas, en las cuales se analizaron las particularidades de los grupos humanos mediante la observación de las actividades cotidianas (Guber 2007); se recogieron discursos sobre el uso de los recursos naturales, las formas de apropiación y las estrategias de conservación, y se aplicaron entrevistas estructuradas a los dueños de las parcelas productivas.

Resultados y discusión

En la tabla 5 se incluye una síntesis de los servicios ecosistémicos identificados por los actores entrevistados. Allí se especifica el tipo de servicio, la escala de suministro y aprovechamiento, los cambios percibidos y la importancia de cada uno de los servicios.

Entre los servicios identificados se reconocen como servicios críticos aquellos considerados por los actores como esenciales o de gran importancia y que están

disminuyendo o han desaparecido (Vilardy-Quiroga y González-Novoa 2011). Estos servicios están frecuentemente relacionados con la existencia de conflictos de uso y manejo entre actores de diferentes escalas o categorías, que se benefician de un mismo servicio o de servicios relacionados a escalas ecológicas diferentes. En esta categoría se encuentran principalmente los servicios de abastecimiento del recurso hídrico y forestal (Tabla 5). Por su parte, la explotación de minerales es percibida por los actores como una amenaza para los ecosistemas de alta montaña, debido a su incremento e impacto ambiental.

Agua y bosques

Las entidades ambientales, las organizaciones sociales, los pobladores y productores locales reconocen como principal servicio ecosistémico de los páramos, el abastecimiento de agua, tanto a escala local como regional, y la importancia de la cobertura de los bosques como regulador de dicho servicio.

El encuentro de intereses dispares entre los actores en torno al uso, manejo y control de ambos servicios, es la principal fuente de conflictos relacionados con el páramo: por una parte, intereses de conservación procedentes de las entidades ambientales y académicas, y por otra, intereses de explotación, uso y comercialización por parte de pobladores y propietarios de predios ubicados en el entorno local. Los actores involucrados en el conflicto son las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (Umata), pobladores, propietarios y productores de las veredas, organizaciones sociales gestoras de los sistemas de riego, y empresas públicas gestoras del agua.

El origen de estos conflictos radica en el enfrentamiento de dos percepciones opuestas sobre la naturaleza, ampliamente discutidas en los estudios poscoloniales. Una noción donde la naturaleza es abundante, inagotable y dadora de servicios, propia de las comunidades que habitan y usufructúan estos lugares; y la concepción de una naturaleza amenazada y en agotamiento, propia de la academia y las autoridades ambientales, que legitima regulaciones y restricciones en la explotación y uso de los recursos.

Tabla 5. Servicios ecosistémicos del complejo de páramos Frontino-Urrao. a) disminuye, b) se mantiene, c) aumenta, d) fluctúa.

Tipo	Servicio	Escala		Importancia	Cambios
		Origen/ Aprovechamiento			
Abastecimiento	Recurso hídrico	Local / Local-Regional		Esencial	↓ a
	Recurso forestal maderable	Regional / Nacional		Importante	↓
	Varas	Local / Local		Necesario	↔ b
	Oxígeno - aire	Local / Global		Esencial	↔
	Tierra fértil y productiva	Local / Local		Importante	↔
	Fauna	Local / Local		Prescindible	↓
	Minerales	Local / Global		Prescindible	↑ c
	Material de playa	Local / Regional		Importante	↔
	Hidroeléctrica	Local / Regional		Importante	↔
Regulación	Bosque	Regional / Regional		Esencial	↑ d o ↓
	Clima	Local / Regional		Importante	↓ o ↑
	Biodiversidad	Regional / Regional		Importante	↔
	Barrera fitosanitaria	Local / Regional		Importante	↔
Cultural	Turismo	Local / Global		Prescindible	↑
	Estético	Local / Global		Importante	↔
	Didáctico	Local / Global		Importante	↔
	Comunicación y comercio	Regional / Regional		Necesario	↔
	Histórico	Regional / Regional		Importante	↔
	Religioso	Regional / Regional		Importante	↔

Los habitantes de las veredas incluidas en el estudio, conciben este ecosistema de páramo como un lugar donde hay gran abundancia de aguas, lo que se evidencia en lagunas, nacimientos de quebradas, cascadas y acumulación de humedad en el suelo. El abastecimiento de agua es percibido como el principal servicio de carácter crítico y esencial por ser los páramos estrellas hídricas surtidoras de aguas limpias y abundantes tanto a escala local como regional (Figura 2). Basados en esta concepción se presentan múltiples posiciones y valoraciones respecto a su uso, manejo y gestión.

El desarrollo de investigaciones asociadas al ecosistema y la introducción de discursos conservacionistas, han influido en las valoraciones del ecosistema entre la población local. El reconocimiento de la biodiversidad, la regulación climática, la conectividad ecológica, entre otros, y la modificación de la concepción sobre el papel que desempeña la comunidad en la gestión de los recursos, están incluidos en estas valoraciones. De esta manera, hay quienes conciben el páramo como parte de una naturaleza efímera que requiere protección; mientras que otros lo consideran como un ecosistema

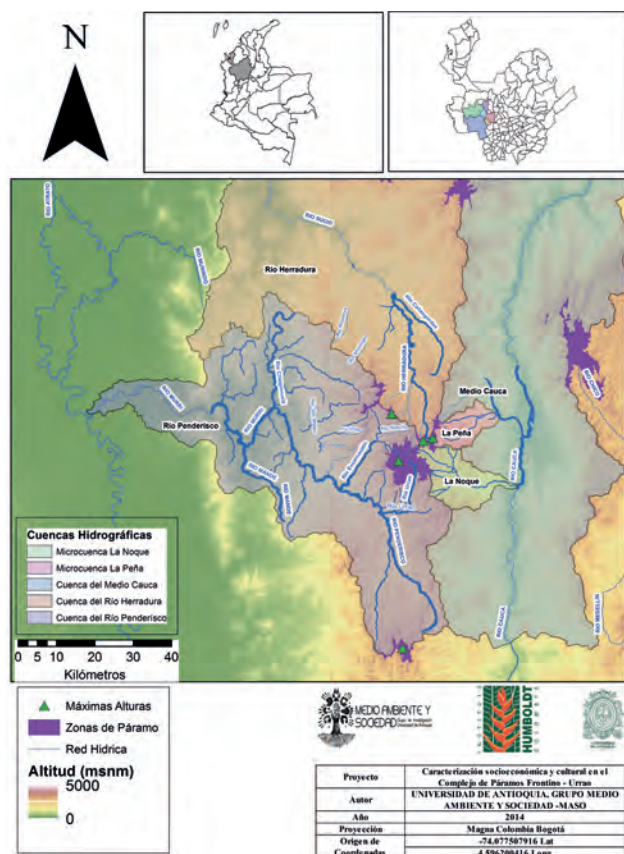


Figura 2. Principales cuencas hidrográficas del complejo de páramos Frontino-Urrao.

sin amenazas aparentes, con “selvas” intactas y vírgenes, donde no hay intervención antrópica actual debido al frío, la lejanía y el relieve escarpado y abrupto, resaltando la idea de una naturaleza “caprichosa” (Schwarz y Thompson 1990, Steg y Sievers 2000) sobre la cual el ser humano no tiene injerencia.

Frente a la problemática de la disminución del recurso hídrico, la mayoría de los pobladores señalan como causa principal la reducción de la cobertura boscosa consecuencia de la deforestación de laderas y partes altas de las cuencas. De acuerdo con los pobladores, el “desmote” de estos lugares era practicado con mayor intensidad en tiempos pasados para la venta de maderas -que hasta hace poco se practicaba sin control- y el establecimiento de potreros y cultivos, práctica que persiste actualmente aunque en menor medida. Para las autoridades ambientales en cambio,

el incremento de estas actividades es el factor responsable de la disminución de las fuentes hídricas, como consecuencia de la ampliación de la frontera agropecuaria.

Los pobladores locales reconocen los impactos negativos que sus prácticas agropecuarias generan en el ambiente: el uso indiscriminado de agroquímicos, la contaminación de fuentes hídricas, y la quema y roza para establecimiento de cultivos. Sin embargo, justifican sus prácticas al identificarlas como parte de un paquete tecnológico agrícola, que se aplica sin la instrucción ni el acompañamiento adecuado por parte de instituciones como la Umata. Así mismo, algunas prácticas -como la quema y la roza- se respaldan bajo el discurso de la tradición agrícola, pero las entidades ambientales consideran estas prácticas factores de riesgo por sus impactos negativos en el entorno, por ello imponen controles y sanciones. Empero, las acciones coercitivas y no concertadas de estas instituciones, hace que los productores se rehúsen a cambiar sus prácticas.

El PGAR 2012-2024 (Corpourabá 2012) resalta que las actividades de desarrollo económico que tienen mayor impacto ambiental en el municipio de Urrao -mayor productor agropecuario del entorno regional- son la agricultura convencional y la ganadería. Al respecto una funcionaria de Corpourabá asegura que:

“Las actividades productivas agropecuarias en Urrao no tienen control, y aunque la corporación no es la encargada de este proceso sino la Umata, la entidad está atendiendo las consecuencias de estas prácticas en los sistemas de producción, debido a la falta de control y de planeación agropecuaria en el municipio, pues no existe un ordenamiento agrícola” (Urrao, 14 de junio de 2014).

En este sentido, cabe resaltar la falta de articulación existente entre las instituciones mencionadas. Esta desarticulación refleja diferencias entre los intereses políticos y económicos de las entidades con jurisdicción en páramo, que se traducen en iniciativas contradictorias en el manejo y gestión del territorio y los recursos, e impactos desfavorables sobre éstos.

Como respuesta a la problemática, las corporaciones autónomas han impulsado la recuperación de cuencas y la reforestación de zonas degradadas. No obstante, en los programas de reforestación se han usado especies que no son indicadas para tal fin. En la vereda El Chuscal (Urrao) por ejemplo, los pobladores comentan que anteriormente se implementó un programa de reforestación que no tuvo resultados satisfactorios, porque las especies sembradas (*Acacia* sp.) no eran apropiadas para las condiciones climáticas del lugar. Para programas de reforestación, los habitantes proponen, por el contrario, la necesidad de propagar especies nativas con semillas locales, pues éstas son idóneas para proteger el recurso hídrico, en lugar de especies introducidas que tienen impacto en la acidez de la tierra y en la propagación de plagas y enfermedades. Esta misma iniciativa fue recurrente en zonas donde se implementaron reforestaciones comerciales con monocultivos de pino pátula, eucalipto y ciprés. Así lo plantea un interlocutor:

“Lo más importante del páramo es su abundancia de aguas, el agua es vida, entonces el morro es vida para nosotros y para el pueblo. Se usa el agua para el acueducto que la sacan de las cañadas, por eso es importante saber qué se siembra. El agua de la quebrada nunca se secaba y desde que sembraron el pino se seca en verano. Los otros árboles siempre tienen hojas y humedad debajo, el pino no, tiene unas hojas secas y reseca la tierra. Abajo del pino es café y anaranjado, mientras que debajo de las otras cosas no. El pino jala el agua de la tierra porque se la chupa. Solo debería ser sembrado en los linderos y no en las cabeceras. Le digo eso porque he notado muy poca el agua y eso me da mucha tristeza. El agua se merma, pero Corpourabá dice que eso no tiene nada que ver, yo digo que sí, ellos deben saber que existen árboles que producen agua como el quiebrabarrigo [*Trichanthera gigantea*] que es maleza porque retoña mucho y son árboles que mantiene la tierra fresca” (interlocutor vereda El Saladito, Urrao, 7 de junio de 2014).

Cabe resaltar que en muchas ocasiones los pobladores y productores son quienes se han encargado de la protección del recurso. Respecto a la disminución de los caudales, por ejemplo, una estrategia para mitigar y mejorar el aprovechamiento del agua en

Urrao, ha sido la implementación de sistemas de riego comunitarios. Las asociaciones de sistemas de riego cumplen un papel activo en la gestión del recurso hídrico proveniente del Páramo del Sol, estableciendo una estrecha relación con los productores locales. Sin embargo, los pobladores plantean que las comunidades no reciben ningún tipo de apoyo, reconocimiento o regalía, aunque “son quienes cuidan el río que da el agua para todos: acueductos del pueblo, los domésticos, la hidroeléctrica y los sistemas de riego” (interlocutor vereda El Chuscal, Urrao, 6 de junio de 2014).

Esta situación se agrava en las veredas más cercanas a las fuentes de agua abastecedoras de los acueductos municipales, por dos razones: 1) cuando no existe la intervención consistente de una entidad estatal en términos de desarrollo rural (educación, salud, servicios públicos, vías de acceso), inversión social a través de proyectos productivos de reforestación, pago de incentivos o retribución por el cuidado que los pobladores hacen del recurso; y 2) cuando son los habitantes del área urbana quienes gozan del servicio de abastecimiento del agua que proviene de estas veredas, y solo las empresas gestoras obtienen ganancias para el crecimiento de su capital. Así lo plantea un interlocutor de la vereda Las Azules:

“Aquí usted tumba y ahí mismo le caen. Por ejemplo, Las Azules aporta el 50 % del acueducto por la quebrada La Bobó (...) y nosotros allá no tenemos un acueducto veredal, el que hay es una cosa de 70 años con tubo galvanizado y las partes rotas que se han unido con linternas. ¡Es una belleza de acueducto! (...) Mire que todos los acueductos de Antioquia [Santa Fe] nacen en la zona de Las Azules y son 2500 millones de pesos mensuales que le entran a esa gente [Empresa Aguas de Occidente] y no retribuyen ni siquiera esto” (Santa Fe de Antioquia, 18 de julio de 2014).

En este punto se presenta una nueva contradicción entre los discursos de las entidades y los pobladores. Mientras algunos perciben que son estas autoridades las que ejercen el control sobre el uso de los recursos, otros en cambio conciben que realmente los propietarios y los pobladores de las veredas son quienes realizan una protección efectiva de los

recursos, y no las entidades. Esto genera una relación de conflicto, pues los actores e instituciones estatales no reconocen ni retribuyen dicha labor ecológica. Los habitantes locales perciben que si bien son ellos quienes directamente cuidan los recursos, son las entidades estatales y compañías las que reciben todo el beneficio económico.

Los acueductos y sistemas de riego son prioritarios para las comunidades debido a sus actividades productivas, y por tanto los obstáculos que se presentan en su implementación o mantenimiento, se traducen en relaciones ambiguas o de conflicto con las entidades competentes. En las veredas más distantes de los centros urbanos, las fincas se abastecen generalmente de nacimientos acuíferos presentes en ellas o cercanos a la propiedad. Esta situación da lugar a relaciones problemáticas entre los pobladores –quienes conciben el agua como parte de su propiedad- y las entidades ambientales que exigen o pretenden exigir el pago por el servicio que presta la cuenca, la legalización de concesiones para el uso doméstico/comercial o la imposición de restricciones para el uso del agua. Iniciativas que entran en conflicto con la concepción de los pobladores sobre la propiedad del agua:

“Eso lo cobran porque eso es una ley del Estado, que porque las aguas son del Estado... y les alega mucha gente: las aguas las dejó Dios pa’ que todo mundo las disfrute, las aguas no son del Estado tampoco (...) el agua es vida para todo mundo (...) eso no se le puede negar a nadie” (interlocutor vereda Las Azules, Santa Fe de Antioquia, 18 de julio de 2014).

En suma, los pobladores se perciben como actores vulnerables en la disyuntiva entre el aprovechamiento de los recursos -que permite su sustento económico pero que implica impactos ambientales- y la gestión y control de los recursos que hacen las entidades ambientales encaminadas hacia la conservación.

Explotación forestal

La explotación forestal como actividad económica es diferencial de acuerdo con la cercanía a los recursos, accesibilidad y posibilidad de comercialización. Esta actividad ocasiona impactos ambientales a nivel local y regional, tales como: disminución

de fuentes hídricas, erosión del suelo, pérdida de especies de fauna y flora, irrupción de corredores biológicos, entre otras. Frente a esta problemática, las políticas de las CARs para el control de la explotación y movilización de especies forestales, son estrategias que intentan disminuir y evitar estas prácticas económicas. En este sentido, el conflicto se presenta cuando los madereros o propietarios pretenden continuar con dicha explotación, mientras las autoridades ambientales buscan por medio de controles, registros, decomisos y sanciones, evitar el deterioro ambiental de los bosques debido a la tala.

Para contrarrestar este fenómeno, las CARs han desarrollado planes de reforestación que para el año 2012 habían cubierto 456,4 ha para la regional de Corpourabá, y 707,95 ha en la regional de Corantioquia (Contraloría Auxiliar de Proyectos Especiales, Contraloría General de Antioquia 2013). Sin embargo, las acciones relacionadas con procesos de reforestación no han sido suficientes para disminuir la tasa de deforestación en el territorio. El deterioro acelerado de los bosques se atribuye además al avance de la minería ilegal, el cambio en los usos del suelo, la ampliación de la frontera agrícola y ganadera, los incendios forestales, y la escasa inversión en programas de reforestación (*op. cit.*).

En Abriaquí, Caicedo y Santa Fe de Antioquia no se registra actualmente un alto índice de explotación y comercialización de maderas provenientes del bosque. Los pobladores coinciden en afirmar que esto se debe a la poca accesibilidad y a los sobrecostos que implicaría la extracción y transporte de productos maderables en la zona. La mayor presión de tala de madera nativa se presenta en veredas de Urrao y Cañasgordas, mientras la explotación de maderas plantadas se encuentra en las veredas de Urrao, Caicedo y Abriaquí, presentándose en Urrao la mayor actividad extractiva.

En el municipio de Urrao, la tala de maderas es una práctica tradicional de la cual diversos pobladores rurales han derivado históricamente su sustento económico. Allí, existe todo un gremio relacionado con este tipo de explotación. Las comunidades y autoridades ambientales reconocen que junto con los conflictos por el agua, la explotación maderera

constituye el principal problema ambiental del municipio. Incluso, los mismos madereros aceptan que ésta es una actividad con fuertes impactos tanto en el bosque como en las aguas. De acuerdo con un propietario, especies como el laurel (*Ocotea* sp.) comino (*Aniba perutilis*), quimulá (*Gordonia* sp.), caimito (*Pouteira* sp.), cadillo (*Sloanea brevispina*), chaquiro (*Podocarpus oleifolius*) y barcino (*Callopyllum lucidum*) (denominadas “maderas finas”), han sufrido procesos de explotación durante décadas (Urrao, 7 de junio de 2014). Actualmente, la problemática se ha agudizado por el aumento de la demanda de maderas procedentes de Urrao, en las minas de oro localizadas en el municipio de Marmato (Caldas). Los pobladores argumentan que el uso de “maderas finas” o nativas es preferente a la madera de plantaciones, para la construcción de las estructuras que soportan los túneles en la extracción aurífera, por su durabilidad y rigidez.

Ante este panorama, Corpourabá ha establecido vedas de corte para árboles como el comino, el chaquiro y almanegra (*Magnolia urraoensis*) y veda parcial para el roble (*Quercus humboldtii*). Asimismo, ha implementado estrategias de fomento de plantaciones para la protección y el aprovechamiento de bosques, impulsadas por la Reforestadora Integral de Antioquia (RIA) (Corpourabá 2012). Igualmente, el Ministerio de Agricultura hace más de 15 años adelantó proyectos de fomento de explotación forestal mediante la estrategia denominada Certificado de Incentivo Forestal (CIF) para la plantación comercial de pinos en veredas de Urrao –que actualmente se encuentran realizado las primeras “entresacas” (interlocutor vereda El Saladito, Urrao, 9 de junio de 2014).

Sin embargo, las estrategias de gestión del recurso forestal a partir de plantaciones productivas han generado conflictos con las poblaciones locales y los productores dedicados a la explotación maderera. De acuerdo con una funcionaria de Corpourabá, el programa del Ministerio de Agricultura generó problemas ecológicos debido a los intereses económicos de por medio: “hubo gente que tumbó rastrojos para sembrar, únicamente con la intención de acceder a recursos del Estado por la reforestación de terrenos”; se han presentado casos en los que se saca madera del programa de Corpourabá pero con la guía

de movilización otorgada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), que –según la funcionaria– “son permisos débiles que se otorgan sin ningún control a la explotación maderera y sin exigir planes de manejo ambiental”. Así mismo, algunos madereros con licencia ambiental y Salvoconducto Único Nacional (SUN) “meten una parte de bosque plantado, pero “camuflan” otra parte de árboles nativos” (Urrao, 14 de junio de 2014).

Para evitar los procesos de comercialización y explotación ilegal de madera, las autoridades ambientales han implementado estrategias de control, mediante la emisión de licencias, salvoconductos y guías de movilización. Empero, los madereros perciben que con estos controles Corpourabá solo “quiere apretar a los campesinos”. Por su parte, Corpourabá señala cierta reticencia en el gremio maderero para acceder a la legalidad, a pesar de ofrecerles las oportunidades para obtener licencias e insertarse en proyectos. Los madereros se sienten desprotegidos y atacados por las autoridades –que los escuchan muchas veces– pero no intervienen en la solución efectiva de sus problemáticas sociales y económicas, mediante programas de reconversión de la actividad hacia otras prácticas económicas menos lesivas para el ambiente. Precisamente, la Asociación de Usuarios del Bosque de Urrao (Adebur), busca soluciones a estas problemáticas a través de gestión de licencias y fomento de proyectos para insertar a madereros en otras actividades económicas, pero sienten que no reciben el apoyo de ninguna entidad.

Minería

Históricamente el entorno regional se ha caracterizado por la explotación de minerales desde la época de la Colonia española (1550-1810), cuyo objetivo fue obtener provecho económico de los territorios conquistados, a partir del trabajo indígena y esclavo mediante el modelo de la encomienda y el latifundio (Arango 1925, Piazzini 2009, Pardo 2010). Sin embargo, por la complejidad del fenómeno minero y la economía extractivista, solo en la actualidad las compañías mineras han sido reconocidas como un actor potencial en el uso y gestión de los servicios del páramo, debido a los impactos ambientales y socio-

culturales de la actividad. Algunos de los títulos legales y solicitudes mineras en la zona de influencia del complejo de páramos Frontino-Urrao se ilustran en el Figura 3.

En esta problemática están involucrados actores como Corpourabá y Corantioquia, las administraciones municipales, empresas gestoras del agua, pobladores locales de los municipios, organizaciones sociales como el Grupo NO a la minería y Mesas Ambientales, actores mineros informales, compañías como la Continental Gold, y grupos armados. Este conflicto se genera principalmente por intereses encontrados de conservación y explotación del recurso minero, y en el manejo y uso de las fuentes hídricas en el proceso. La problemática se ve agravada por la inconformidad y oposición de los pobladores frente a las actividades de exploración y explotación y los impactos de la minería sobre los ecosistemas de alta montaña, en caso de adjudicarse el gran número de títulos solicitados en los municipios y su superposición con zonas protegidas como la Reserva Forestal del Pacífico (Ley Segunda de 1959) (Rodríguez y Gómez 2012)

En este sentido, los pobladores expresan gran preocupación por las potenciales consecuencias ambientales y sociales producto de la instauración e incremento de la actividad extractiva en el entorno regional. “Aquí la gente está muy pendiente de no dejarlos entrar [a los mineros] porque saben que la entrada de ellos significa problemas ecológicos grandes. Sabemos que si explotan, las riquezas solo son para quienes vienen a explotar y no para nosotros que solo nos queda la contaminación” (interlocutor vereda Corcovado, Abriaquí, 18 de junio de 2014).

En Urrao, los pobladores reconocen que este es un municipio rico en recursos minerales, pero tienen ciertas preocupaciones frente al futuro de proyectos mineros a gran escala. Han escuchado hablar de prospecciones mineras en “el morro” (Páramo del Sol) por parte de “unos gringos”. Se trata de una preocupación real, pues las solicitudes y las licencias para la explotación minera en Urrao están en curso, encontrándose en el municipio 38 títulos y solicitudes mineras. Ante esta situación, organizaciones como los Grupos NO a la Minería

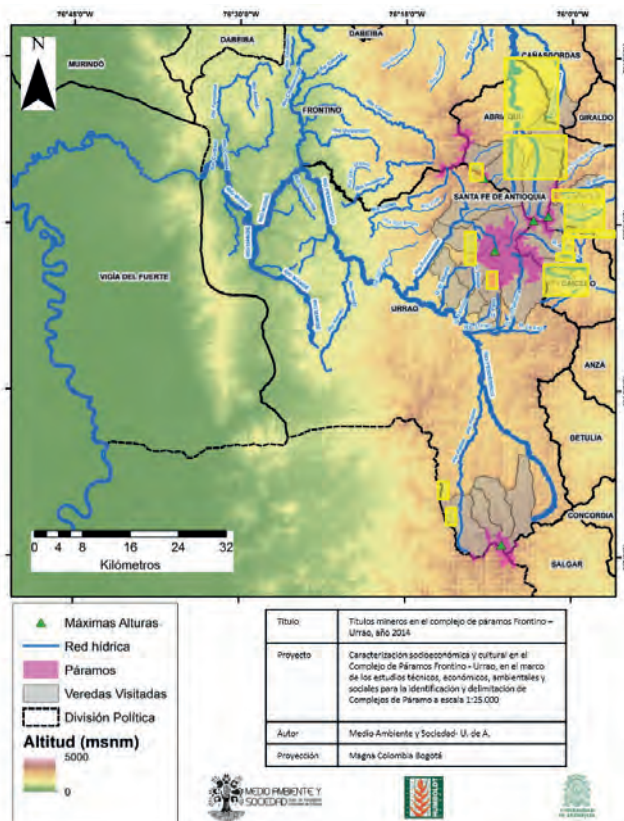


Figura 3. Solicitudes y Títulos mineros en el complejo de páramos Frontino-Urrao.

en Urrao y Caicedo, vienen gestionando proyectos, y estableciendo relaciones con otras organizaciones con el fin de evitar procesos de explotación minera en estos municipios. El movimiento busca generar conciencia en los pobladores frente a los impactos socio-culturales y ambientales de esta actividad. En Caicedo ha tenido lugar una fuerte movilización en contra de minería legal o ilegal. Al respecto comenta un interlocutor:

“Esta práctica tiene muchos impactos ambientales, acaba con la tierra, vierte químicos a las aguas, entonces la gente no quiere esos impactos en su territorio. Además, los problemas sociales que la minería trae: la violencia y la prostitución, como en Buriticá, por ejemplo, o migración de gringos o gente de otras partes de Antioquia. La gente no quiere la violencia en el municipio. Caicedo es el municipio

que ocupa el primer lugar en no-violencia (...) y es política del municipio fomentar esta idea de Caicedo no-violento” (interlocutor vereda La Anocozca, Caicedo, 25 de junio de 2014).

Como muestra esta intervención, la potencial relación de conflicto con actores mineros es provocada no solo por el impacto ambiental que los pobladores prevén, sino también por el impacto económico (incremento de costos de vida, alza de precios) y social (incursión gente foránea, descomposición social: delincuencia, violencia, prostitución, drogadicción y alcoholismo). Estas percepciones se basan en el conocimiento que tienen los pobladores sobre los impactos de la actividad minera en Buriticá.

El despliegue de operativos militares contra la minería en Buriticá, implicó que el fenómeno minero se expandiera en el entorno regional. Hoy se identifican entables rudimentarios en Abriaquí, Giraldo, Anzá, Sabanalarga, Sopetrán, Caicedo, Cañasgordas y Santa Fe de Antioquia. En estos entables se hace la separación del material de mina (plomo, plata, platino y oro) a través de un proceso mecánico y químico con cianuro y mercurio. Durante el 2014 en estas zonas se ha observado un incremento gradual del control y regulación de aspectos ambientales, permisos de explotación y comercialización. Sin embargo, en las zonas más alejadas como las veredas de La Milagrosa, San Carlos y Las Azules de Santa Fe de Antioquia; la Anocozca de Caicedo, y San Ruperto y Corcovado en Abriaquí, se registran entables o exploraciones ilegales sobre las que parece no existir control.

Si bien, Santa Fe de Antioquia y los municipios del entorno regional, han tenido una historia de minería colonial, su base económica actual es la agricultura, la ganadería y el turismo. Con la expulsión de los mineros ilegales de Buriticá entre diciembre de 2013 y enero de 2014, muchos de estos mineros se instalaron en algunas zonas rurales y casco urbano de Santa Fe de Antioquia. Por esta razón, existe un choque entre los sistemas de tipo productivo y extractivo. La economía extractiva se presenta como una opción más rentable que la producción agrícola y cafetera –principal actividad santafereña. Existe el temor entre algunos pobladores del municipio que los campesinos reconozcan en la minería una mejor

alternativa, y que la visión de tener dinero rápido, promueva en el municipio el cambio de la economía hacia la explotación minera.

Cabe resaltar que en algunas veredas -que se encuentran distantes de cascos urbanos y donde es evidente la ausencia del Estado- algunos pobladores ven en la minería una oportunidad para solventar necesidades apremiantes como la construcción de vías de acceso. En la siguiente intervención se observa cómo una empresa minera podría eventualmente suplir las carencias de las veredas, lo que ilustra la aceptación que tiene el negocio minero en secciones de la población más vulnerable:

“Pero vea, si aquí resultara una mina buena nos meterían una carretera y no debería de ser así, porque hay recursos para apertura de vías, el gobierno tiene proyectos en vías terciarias... hay que explotar las minas entonces, por medio de las minas metemos la carretera” (interlocutor vereda Las Azules, Santa Fe de Antioquia, 18 de julio de 2014).

La presencia de estos actores mineros ha generado además una relación de ambigüedad o de conflicto con las autoridades competentes a nivel municipal y regional -la administración y las corporaciones autónomas- en las cuales se percibe desconocimiento y apatía frente a la problemática. Esto es interpretado muchas veces por la población como negligencia, o participación conjunta en intereses económicos de por medio. Los pobladores plantean así su percepción del problema: “Contra el fenómeno [de la minería] no se puede hacer nada porque la ley favorece a estas empresas, eso es facultad de los ministerios, y no de los departamentos y los municipios” (interlocutor vereda Corcovado, Abriaquí, 18 de junio de 2014).

Lo que se observa comúnmente es una superposición de intereses contradictorios de conservación y explotación, según las escalas geográficas y político-administrativas. De acuerdo con un funcionario de Corpourabá, hay evidencia de minas que no son sancionadas por la Secretaria de Minas, aunque la CAR es testigo de que su licencia ha caducado (Cañasgordas, 25 de junio de 2014). Esta contradicción se observa también en los municipios donde existe el interés de mantenerse dentro del

marco de la Ley Segunda, y desarrollar proyectos para declarar las aguas como patrimonio, pero que no reciben respuestas favorables por parte de las oficinas jurídicas de la Gobernación de Antioquia (Concejal municipio de Urrao, 1 de junio de 2014). Finalmente, esta problemática se ve agudizada por la articulación entre la actividad minera y la presencia de diferentes grupos armados, lo que genera una compleja red de actores en relación con la gestión del territorio y sus recursos.

Conclusiones

Los servicios ecosistémicos críticos involucrados en los conflictos en torno al uso y manejo del complejo de páramos Frontino-Urrao están asociados principalmente al recurso hídrico y forestal. La minería se percibe como un servicio potencialmente crítico debido a su incremento en el entorno regional, y su posible impacto ambiental que representa una amenaza para los ecosistemas de alta montaña.

Los conflictos por el agua y los bosques se establecen entre pobladores y propietarios de predios y las entidades ambientales estatales, y se originan por la confrontación de sus intereses particulares de producción-explotación y conservación, respectivamente. Esta relación de conflicto se incrementa por la ausencia de alternativas que permitan cambiar prácticas tradicionales de producción que tienen un fuerte impacto ambiental. Así mismo, los pobladores se presentan como actores vulnerables ante la gestión de los recursos debido a la ausencia estatal en estas zonas de alta montaña, pues carecen de infraestructura, vías de acceso y servicios básicos que mejoren sus condiciones de vida. Los pobladores de las veredas, a pesar de estar asentados en las zonas que prestan los servicios ambientales, no reciben incentivos o pagos por su conservación. Finalmente, se evidencia que los conflictos en la gestión de los recursos se deben a la falta de presencia y/o articulación entre diferentes actores estatales, y la superposición de intereses económicos y políticos diferenciales de acuerdo con cada escala geográfica y las autoridades competentes.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda financiera del Proyecto de Sostenibilidad de Grupos de Investigación 2013-2014 de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia. A la profesora Alexandra Urán Carmona. Agradecemos por el apoyo logístico a las corporaciones autónomas Corpourabá y Corantioquia y especialmente a Jorge Ramón Escobar. Elevan su más sincero reconocimiento a la población rural ubicada en el área de influencia del complejo de páramos Frontino-Urrao en Antioquia.

Bibliografía

- Agreda, E. 2005. Métodos de investigación etnográfica en minorías étnicas. *Revista Institucional Tiempo Nuevos* 10 (15): 75-87.
- Agbenyega, O., P. J. Burgess, M. Cook, J. Morris. 2009. Application of an ecosystem function framework to perceptions of community woodlands. *Land Use Policy* 26: 551-557.
- Arango, A. J. 1925. Geografía de Urrao. Pp. 11-18. *En*: Celis, J. Antonio José Urrego. Autor del himno y padre de la geografía urraeña, Urrao, Antioquia.
- Balvanera, P. y Cotler, H. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. Pp. 185-245. *En*: Capital natural de México, vol.: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México.
- Contraloría auxiliar de proyectos especiales, contraloría general de Antioquia. 2013. Informe de auditoría especial sobre el estado de la reforestación en Antioquia-Departamento de Antioquia Vigencia 2012. Medellín. 53 pp.
- Corpourabá. 2012. Plan de Gestión Ambiental Regional 2012-2024. Apartadó (Antioquia, Colombia). 295 pp.
- Crespo, C. y M. Tozzini. 2011. De pasados presentes: hacia una etnografía de archivos. *Revista Colombiana de Antropología* 47 (1): 69-90.
- García, H. 2013. Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el páramo de Santurbán. Fedesarrollo, Bogotá, Colombia. 81 pp.
- Gil, J. 2010. Etnografía, archivos y expertos. Apuntes para un estudio antropológico del pasado. *Revista Colombiana de Antropología* 46 (2): 249-278.
- Guber, R. 2007. La etnografía. Método, campo y reflexividad. Enciclopedia Latinoamericana Sociocultural y de Comunicación. Grupo Editorial Norma. Bogotá. 146 pp.
- Hanneman, R. A. 2001. Introduction to social network methods. Department of Sociology. University of California. Riverside. 149 pp.

- Hein, L., K. Van Koppen, R. S. de Groot y E. C. Van Ierland. 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics* 57 (2): 209-228.
- Hernández, E. 1971. Exploración etnobotánica y su metodología. Colegio de Posgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 69 pp.
- Hoffmann, R. 1996. Problemas y perspectivas de la valoración de recursos y procesos naturales: análisis del costo-beneficio en áreas rurales del tercer mundo. *Economía informa* 253: 29-44.
- Lamarque, P., U. Tappeiner, C. Turner, M. Steinbacher, R. D. Bardgett, U. Szukics, M. Schermer, S. Lavorel. 2011. Stakeholder perceptions of grassland ecosystem services in relation to knowledge on soil fertility and biodiversity. *Regional Environmental Change* 11 (4): 791-804.
- Laverde, C. 2008. Servicios ecosistémicos que provee el páramo de la cuenca alta del río Teusacá: Percepción de los actores campesinos y su relación con los planes ambientales en la vereda Verjón Alto, Bogotá D.C. Universidad Pontificia Javeriana, Bogotá. 107 pp.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. Términos de referencia para la elaboración de estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales para la identificación y delimitación de complejo de páramos a escala 1: 25000, Bogotá. 20 pp.
- Muzzopappa, E. y C. Villalta. 2011. Los documentos como campo. Reflexiones teórico-metodológicas sobre un enfoque etnográfico de archivos y documentos estatales. *Revista Colombiana de Antropología* 47(1): 13-42.
- Nieto, M. 2014. Análisis de servicios ecosistémicos, provisión y regulación hídrica. Documento borrador. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 60 pp.
- Pardo, B. 2010. La ciudad de Antioquia y la Villa de Santa Fe: orígenes del pueblo antioqueño. Fondo Editorial Universidad Eafit, Medellín, Colombia. 145 pp.
- Piazzini, C. E. 2009. Planeación y procesos espaciales: configuración territorial del municipio de Frontino en el noroccidente de Antioquia, (Colombia). *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia* 23 (40): 186-228.
- Rodríguez, G. A. y A. Gómez. 2012. Las sustracciones de las reservas de la Ley 2 de 1959. Una mirada desde la actividad minera. Pp. 233-262. *En: Toro-Pérez, C., J. Fierro-Morales, S. Coronado-Delgado y T. Roa-Avenidaño (Ed.). Minería, territorio y conflicto en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Censat agua viva, Bogotá.*
- Sarmiento-Pinzón, C. E., C. E. Cadena-Vargas, M. V. Sarmiento-Giraldo y J. A. Zapata Jiménez. 2013. Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de paramo a escala 1:100000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 46 pp.
- Smith, H y C. Sullivan. 2014. Ecosystem services within agricultural landscapes-Farmer's perception. *Ecological Economics* 98: 72-80
- Schwarz, M. y M. Thompson. 1990. Divided we stand: redefining politics, technology and social choice. University of Pennsylvania Press. Philadelphia. 176 pp.
- Steg, L. e I. Sievers. 2000. Cultural theory and individual perceptions of environmental risks. *Environment and Behavior* 32 (2): 250-269.
- Stoler, A. 2010. Archivos coloniales y el arte de gobernar. *Revista Colombiana de Antropología* 46 (2): 465-496.
- Vilardy-Quiroga, S. P. y J. A. González-Novoa. 2011. Repensando la Ciénaga: nuevas miradas y estrategias para la sostenibilidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Universidad del Magdalena, Universidad Autónoma de Madrid. Santa Marta, Colombia. 231 pp.

Lizeth M. Álvarez-Salas

Grupo de Investigación Medio Ambiente y Sociedad (MASO), Universidad de Antioquia.
lizethalvarezsalas@gmail.com

Ana M. Gómez-Aguirre

Grupo de Investigación Medio Ambiente y Sociedad (MASO), Universidad de Antioquia.
anamargoa@gmail.com

Wilmar A. Cano-López

Grupo de Investigación Medio Ambiente y Sociedad (MASO), Universidad de Antioquia.
wilmar.cano@udea.edu.co

Percepciones de los servicios ecosistémicos en el complejo de páramos Frontino-Urrao, departamento de Antioquia, Colombia

Citación del artículo. Álvarez-Salas, L. M., A. M. Gómez-Aguirre y W. A. Cano-López. 2016. Percepciones de los servicios ecosistémicos en el complejo de páramos Frontino-Urrao, departamento de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana* 17 (Suplemento 2 - Páramos): 134-147. DOI: 10.21068/C2016v17s02a08

Recibido: 15 de mayo de 2015
Aprobado: 27 de mayo 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 Título, 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