

ACI Avances en Ciencias e Ingenierías es una revista científica con revisión por pares (*peer-reviewed*), de acceso abierto (*open access*), e indexada que publica trabajos en ciencias exactas, físicas, biológicas, ambientales, ingenierías, e investigaciones en el interfaz de estas disciplinas desarrollados por científicos de cualquier institución o país.

ACI Avances en Ciencias e Ingenierías es publicada por USFQ PRESS, departamento editorial de la Universidad San Francisco de Quito USFQ y es parte de las siguientes bases, catálogos e índices: DOAJ, Latindex, Redalyc, REDIB.

Editor General: Diego F. Cisneros-Heredia, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador
Asistente editorial: Mateo Flores
Corrección de estilo y ortotipográfica: Mateo Flores, Diego F. Cisneros-Heredia

Consejo Editorial

Andrea Arias, DuPont Pioneer, Johnston, Estados Unidos
Bette Loiselle, University of Florida, Estados Unidos
Carlos Ventura, The University of British Columbia, Canadá
César Costa, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
Cesar Zambrano Semblantes, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador
John Blake, University of Florida, Estados Unidos
Lionel Trojman, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador
Luis Rincón, Universidad de Los Andes, Venezuela
Mauricio Rivera-Correa, Universidad de Antioquia, Colombia
Nikolay Aguirre, Universidad Nacional de Loja, Ecuador
Robert Cazar, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador
Ruth Mariela Alvarez, Universidad de Carabobo, Venezuela
Salvador Godoy, Instituto Politécnico Nacional, México
Santiago Ron, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
Stephen J. Walsh, The University of North Carolina at Chapel Hill, Estados Unidos

Producción editorial: Valentina Bravo, Mateo Flores, Diego F. Cisneros-Heredia
Diseño general y de portada: Krushenka Bayas
Webmaster y manejo de OJS: Jaime Páez

Impresión: Ediecuatorial, Ecuador



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons «Atribución-NoComercial- 4.0 Internacional».

El uso de nombres descriptivos generales, nombres comerciales, marcas registradas, etc. en esta publicación no implica, incluso en ausencia de una declaración específica, que estos nombres están exentos de las leyes y reglamentos de protección pertinentes y, por tanto, libres para su uso general.

La información presentada en esta revista es de entera responsabilidad de sus autores. USFQ PRESS presume que la información es verdadera y exacta a la fecha de publicación. Ni la Editorial, ni los editores, ni los autores dan una garantía, expresa o implícita, con respecto a los materiales contenidos en esta obra ni de los errores u omisiones que se hayan podido realizar.

USFQ PRESS / Revista Avances en Ciencias e Ingenierías

Att. Diego F. Cisneros-Heredia, editor
Universidad San Francisco de Quito USFQ
Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá
Quito 170901, Ecuador.
Correo electrónico: avances@usfq.edu.ec

SECCIÓN B: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

Peces de la Laguna Cormorán, Parque Nacional Sangay, Ecuador Fernando Anaguano-Yancha	1
Nuevo registro de <i>Promops centralis</i> (Chiroptera: Molossidae) en el suroriente del Ecuador Javier Fernández de Córdova, Carlos Niveló-Villavicencio, Pedro X. Astudillo	12
La comunidad de serpientes del Distrito Metropolitano Quito (DMQ), provincia de Pichincha, Ecuador, con comentarios sobre su biogeografía Jorge H. Valencia	16
Ecología de polinización de <i>Axinaea meriania</i> en una región de los altos Andes de Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras Juan M. Aguilar, Boris Tinoco	53
Preliminary assessment of the degree of genetic diversity of Ecuadorean <i>Ilex guayusa</i> using inter simple sequence repeat (ISSR) markers Andrés Torres, Juan Mosquera, Viviana Jaramillo, Venancio Arahana, María de Lourdes Torres	57
Composición y estructura de quirópteros de una localidad piemontana de la cordillera nororiental de Ecuador Patricio R. Mena, Rubén Cueva	65
First information concerning nestling diet in the Bare-necked Fruiterow <i>Gymnoderus foetidus</i> Tim Marlow	80

SECCIÓN C: INGENIERÍAS

Publicación de contaminantes atmosféricos de la estación de monitoreo de la ciudad de Cuenca, utilizando servicios estándares OGC Chester A. Sellers	84
Efecto Fin de Semana en la calidad del aire de la ciudad de Cuenca, Ecuador René Parra	97
Evaluación del ruido en Cuenca a 2015 Julia Martínez	104

Peces de la Laguna Cormorán, Parque Nacional Sangay, Ecuador

Fernando Anaguano-Yancha

Fundación Naturaleza Kakaram, Santa Rosa 158 BL B Dep 2, Casilla Postal 17-07-9920, Quito, Ecuador
Universidad Central del Ecuador, Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, Facultad de Ciencias Médicas, Yaguachi y
Numa Pompilio Llona, Quito, Ecuador.

* *Corresponding autor / Autor para correspondencia, e-mail: fernando_anaguano@hotmail.com*

Editado por/Edited by: Diego F. Cisneros-Heredia, Ph.D.(c)
Recibido/Received: 2016-04-15. **Aceptado/Accepted:** 2017-02-04.
Publicado en línea/Published online: 2017-04-19.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.294>
Zoobank: <http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub>

Fishes of Cormoran Lagoon, Sangay National Park, Ecuador**Abstract**

I conducted a fish inventory at the Cormoran Lagoon, in the ichthyogeographic area Upano–Zamora, during October 2011 (dry season), February 2012 (transition period), and May 2012 (rainy season). Fish were sampled using four trammels (20 m length, 1.5 m height), 40 fishing lines, and a hand net. A total of 599 individuals of 16 species and six families were captured. The order Characiformes was the most abundant and diverse, and *Lebiasina elongata* (Lebiasinidae) and *Astyanax fasciatus* (Characidae) were the most abundant species. Species abundance gradually decreased as the rainy season arrived. Elevational ranges of the genus *Chaetostoma* (*Chaetostoma microps*) and of the family Heptapteridae (*Rhamdia quelen*) are increased to 1783 m in Ecuador. Fish diversity at Cormoran Lagoon still needs more studies. It is necessary to carry out taxonomic, ecological, and biogeographic studies that contribute to the knowledge of fish diversity in this tropical aquatic ecosystem. It is possible that some species are endemic, especially in the genera *Astroblepus* and *Bryconamericus*.

Keywords: Abundance, Actinopterygii, diversity, species richness, Upano–Zamora.

Resumen

Se realizó un inventario de peces en la laguna Cormorán, en la zona ictiogeográfica Upano–Zamora, durante octubre 2011 (época de seca), febrero 2012 (época de transición) y mayo 2012 (época de lluvias). Los peces fueron muestreados usando cuatro trasmallos (20 m de largo, 1,5 m de alto), 40 anzuelos y una red de mano. Un total de 599 individuos de 16 especies y seis familias fueron capturados. El orden Characiformes fue el más abundante y diverso, y *Lebiasina elongata* (Lebiasinidae) y *Astyanax fasciatus* (Characidae) fueron las especies más abundantes. La abundancia de especies disminuyó paulatinamente conforme llegaba la época de lluvias. Se extienden los rangos altitudinales del género *Chaetostoma* (*Chaetostoma microps*) y de la familia Heptapteridae (*Rhamdia quelen*) hasta 1783 m en Ecuador. La ictiofauna de la laguna Cormorán todavía necesita mayores de estudios. Es necesario realizar estudios taxómicos, ecológicos y biogeográficos que contribuyan al conocimiento de la diversidad de peces de este ecosistema acuático tropical. Es posible que algunas especies encontradas en este estudio sean endémicas, especialmente en los géneros *Astroblepus* y *Bryconamericus*.

Palabras claves: Abundancia, Actinopterygii, diversidad, riqueza de especies, Upano–Zamora.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la ictiofauna dulceacuícola en Ecuador se han incrementado en los últimos años, pese a ello, todavía existen considerables vacíos de información. A nivel sistemático hay

varios géneros que solo han sido parcialmente revisados, especies conocidas solo por sus holotipos o con rangos de distribución pobremente documentada [1,2]. La mayor parte de estudios ictiológicos ecuatorianos provienen

Anaguano-Yancha, F. (2017). Peces de la Laguna Cormorán, Parque Nacional Sangay, Ecuador.
ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 9(15), 1–11

de pocas cuencas tradicionalmente estudiadas; i.e., las cuencas de los ríos Guayas, Esmeraldas, Napo y Pastaza. Existe un vacío en el conocimiento sobre los peces de las cuencas de ríos como Santiago, Morona, Upano y Zamora [3].

En la actualidad se ha registrado 944 especies de peces dulceacuícolas en Ecuador, destacándose la mayor diversidad de especies en la región Amazónica [4,5]. No obstante, esta cifra continúa incrementándose con el descubrimiento de especies nuevas y reportes de nuevos registros para Ecuador [6-13]. Barriga [4] agrupa a los 31 sistemas hidrográficos presentes en Ecuador en 11 zonas ictiohidrográficas, de acuerdo a la similitud y composición de sus comunidades de peces.

Estas zonas ictiohidrográficas son el producto de varios factores evolutivos, orográficos, hidrográficos, físico-químicos, altitud y salinidad. En la región Amazónica se encuentran las zonas ictiogeográficas: Alto Napo, Alto Pastaza, Napo–Pastaza, Upano–Zamora y Morona–Santiago. Para la zona ictiogeográfica Upano–Zamora se estima la presencia de 40 especies de peces [4]. De este número, solo el 5% ha sido registrado en el complejo lacustre Sardinayacu [14]. En el presente estudio se contribuye al conocimiento de la ictiofauna de la laguna Cormorán, una de las lagunas menos exploradas y estudiadas del Ecuador y que forma parte del complejo lacustre Sardinayacu.

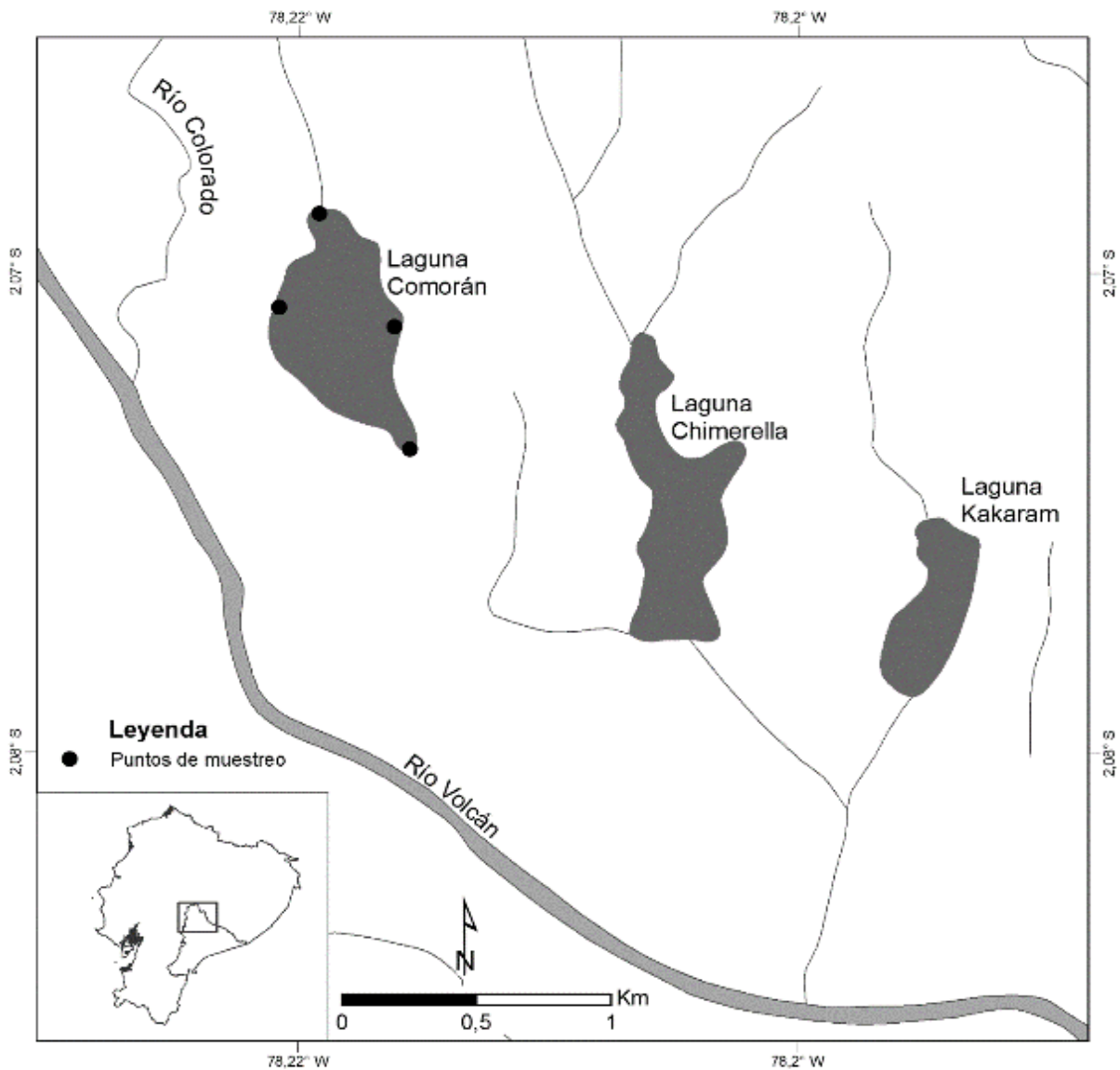


Figura 1. Localización de la laguna Cormorán, Complejo Lacustre Sardinayacu, Parque Nacional Sangay, Ecuador.

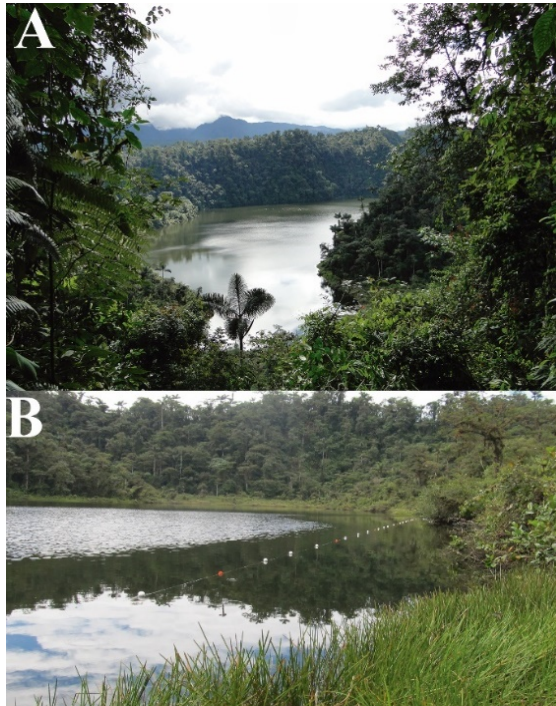


Figura 2. Laguna Cormorán, Complejo Lacustre Sardinayacu, Parque Nacional Sangay, Ecuador. (A) Vista panorámica; (B) vegetación emergente y sumergida. Fotografías: J. Brito (A) y F. Anaguano-Yancha (B).

MATERIALES Y MÉTODOS

La laguna Cormorán (-2.06981° , -78.2148° , 1783 m, Fig. 1–2) es una de las cinco lagunas que conforman el complejo lacustre Sardinayacu y está ubicada dentro del Parque Nacional Sangay. Tiene 875 m de largo, 425 m de ancho, una profundidad máxima de 25 m y sustrato limoso. La temperatura promedio de la zona limnética es de $21,4^{\circ}\text{C}$, y el pH varía de 6,3 a 8,1; mientras que en la zona litoral, la temperatura es de $20,4^{\circ}\text{C}$ y el pH de 6,5 a 8,3 [3]. La vegetación de la zona litoral corresponde a la formación vegetal de Herbazal Lacustre Montano Bajo de la Cordillera Oriental de los Andes y está constituida principalmente por especies de Cyperaceae y Onagraceae sumergidas en el agua, y Araceae y Poaceae que forman un cinturón entre el espejo de agua y el bosque (Fig. 2) [3, 14, 17–18]. Este sistema lentic es de formación relativamente temprana y se formó por la acción de un gran deslizamiento de lodo de las laderas del volcán Sangay que bloqueó la salida de agua de una gran cantidad de pequeños valles circundantes

[15–16]. La laguna se conecta con un afluente de tipo terciario del río Upano, es parte de la zona ictiogeográfica Upano-Zamora [4], y se ubica en el piso zoogeográfico Subtropical Oriental [5]. (Fig. 2)

La fase de campo de esta investigación se realizó en octubre 2011 (época seca), febrero 2012 (época de transición) y mayo 2012 (época de lluvias). Se estableció cuatro puntos de muestreo permanentes zonificados [19]. Para la captura de peces en la zona limnética y litoral se empleó: cuatro trasmallos de 20 m de largo por 1.5 m de alto, con ojo de malla de 0.025 m, los cuales permanecieron activos de 18h00 a 06h00, sumando un total de 216 horas efectivas de muestreo por punto; y 40 anzuelos N° 12 distribuidos de manera equitativa en cada punto de muestreo permaneciendo activos de 11h00 a 13h00 con un total de 36 horas efectivas de muestreo para cada punto. Los márgenes de cada punto fueron muestreados mediante el empleo de una red de mano con ojo de malla de 5 mm, con la cual se realizó faenas de pesca de una hora dentro de un tramo de 100 m dando un total de 18 horas efectivas de muestreo por cada tramo.

Los peces capturados fueron registrados y fotografiados *in situ* para evitar la pérdida de su coloración natural al entrar en contacto con preservantes. Se realizó eutanasia a todos los especímenes usando solución analgésica de benzocaína de acuerdo con las directrices de la Asociación Americana de Medicina Veterinaria AVMA [20]. El manejo de especímenes se realizó siguiendo los protocolos establecidos por Maldonado-Ocampo et al. [21]. Los individuos fueron conservados en alcohol al 75% y depositados en la División de Peces del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad (DP-MECN). La identificación se realizó mediante la guía de campo de Rivadeneira et al. [22] junto con claves y revisiones taxonómicas disponibles para peces de la región Neotropical [1, 7, 11, 21, 23–28]

El análisis sobre la distribución espacial de los peces se basó en los criterios propuestos por Schindler y Scheuerell [29]. El listado de especies sigue el sistema de clasificación propuesto Eschmeyer y Fog [30].

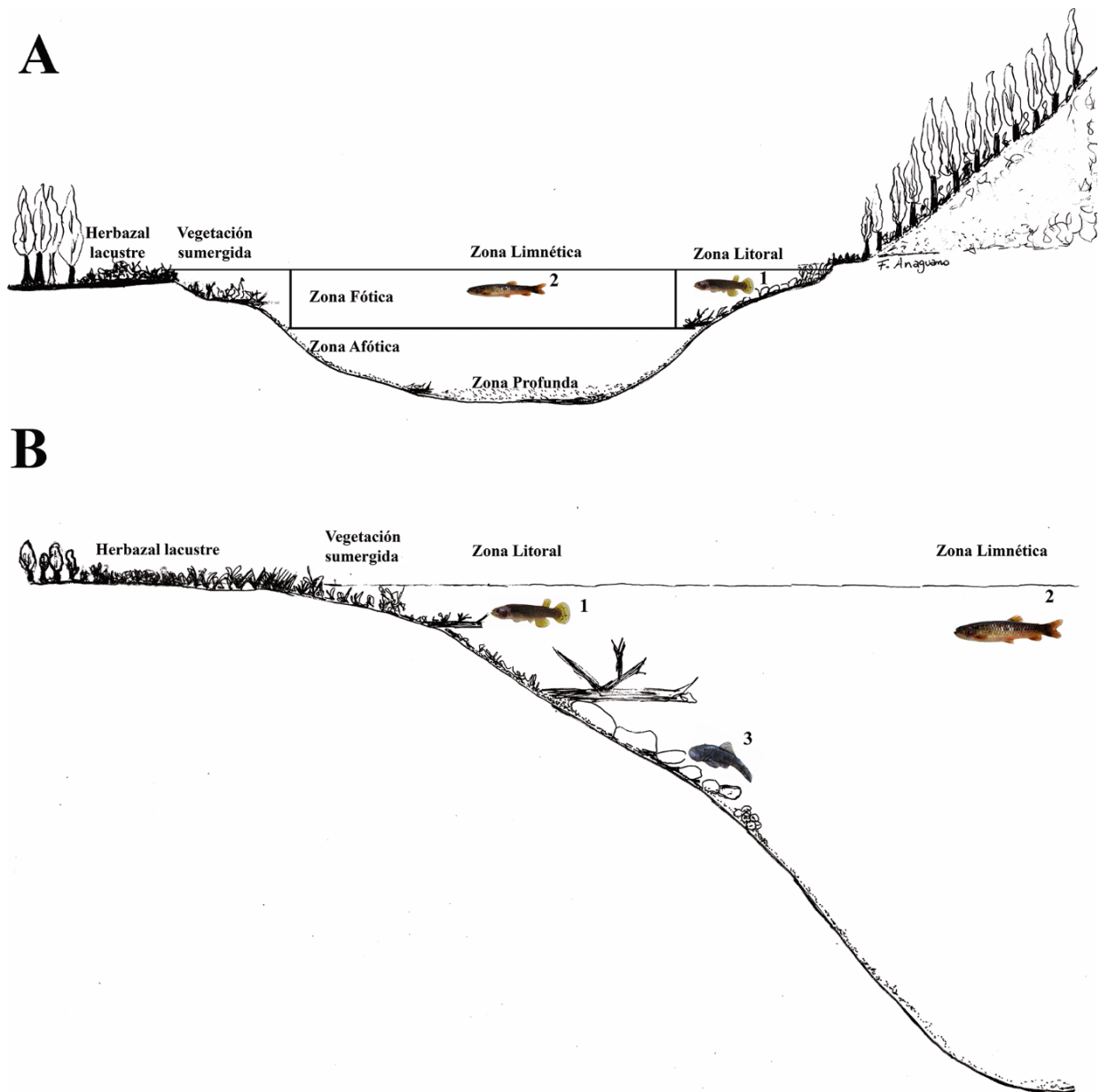


Figura 3. Distribución espacial de los peces en la laguna Cormorán, Complejo Lacustre Sardinayacu, Parque Nacional Sangay, Ecuador. Distribución horizontal (A): Individuos juveniles y adultos de *Lebiasina elongata*, *Astyanax fasciatus* y *Astyanax* sp., *Astyanax bimaculatus*, *Bryconamericus* sp., *Ceratobranchia elitor*, *Hemybrycon* sp., *Knodus septentrionalis*, *Moenkhausia* sp., *Creagrutus muelleri*, *Rhamdia quelen*, *Chaetostoma microps*, *Astroblepus* spp. y *Anablepsoides urophthalmus*. (1) Individuos adultos de *Lebiasina elongata*, *Astyanax fasciatus* y *Astyanax* sp. (2); Distribución Vertical (B): Especies superficiales (1 y 2) *Lebiasina elongata*, *Astyanax fasciatus* y *Astyanax* sp., *Astyanax bimaculatus*, *Bryconamericus* sp., *Ceratobranchia elitor*, *Hemybrycon* sp., *Knodus septentrionalis*, *Moenkhausia* sp., *Creagrutus muelleri*. y *Anablepsoides urophthalmus*, especies bentónicas (3) *Rhamdia quelen*, *Chaetostoma microps* y *Astroblepus* spp. Ilustraciones: F. Anaguano-Yancha.

RESULTADOS

En la laguna Cormorán se encontró un total de 16 especies distribuidas en seis familias y tres órdenes (Tabla 1). Las especies identificadas en este estudio representan el 40% de las especies estimadas para la zona ictiogeográfica Upano–Zamora, el 25% para el Piso Subtropical Oriental, y el 1,7% de las especies registradas para Ecuador continental. La ictiofauna

registrada en la laguna Cormorán desde el punto de vista biogeográfico es característica de ríos montanos y piemontanos. Los Characiformes presentaron la diversidad más alta con el 69% del total de especies, seguido de Siluriformes 25%, y Cyprinodontiformes (6%). La familia Characidae presentó la mayor riqueza de especies con un 63%, seguida por Astroblepidae con el 13%. Loricariidae, Lebiasinidae, Heptapteridae y Rivulidae

presentan una baja riqueza de especies, contribuyendo juntas con el 24% del total. El orden Characiformes con el 83% del total de individuos fue el más abundante seguido por Cyprinodontiformes con el 10% y Siluriformes con el 7%. En cuanto a familias, Characidae con el 48% del total fue la más abundante, seguida por Lebiasinidae (35%), Rivulidae (10%), Heptapteridae (5%), en tanto Loricariidae y Astroblepidae aportaron con el 1%.

La diferencia de abundancia y riqueza en la zona litoral como en la zona limnética no fue notable entre épocas. Sin embargo, las capturas de individuos y el registro de especies fueron disminuyendo paulatinamente conforme llegó la época de lluvias. Las especies más abundantes en la zona litoral fueron: *Anablepsoides uruphthalmus*, *Astyanax maximus*, *Rhamdia quelen*, *Ceratobranchia elitor*, *Lebiasina elongata*, y *Astyanax bimaculatus*. En la zona limnética las más abundantes fueron *L. elongata* y *Astyanax fasciatus* (Tabla 1). La distribución espacial de las especies presenta una diferencia muy marcada. En la zona litoral se encuentran larvas, juveniles y adultos de todas las especies. Sin embargo, se pueden notar patrones de distribución ya que *Chaetostoma microps* y las especies del género *Astroblepus* únicamente habitan cerca al afluente y efluente donde el sustrato está constituido por grava y piedra. En la zona limnética únicamente se registraron adultos de *L. elongata*, *A. fasciatus* y *Astyanax* sp. Las especies de los géneros *Astyanax*, *Bryconamericus*, *Ceratobranchia*, *Creagrutus*, *Hemibrycon*, *Knodus*, *Moenkhausia* y *Anablepsoides* habitan exclusivamente en aguas superficiales, mientras *C. microps*, *R. quelen* y especies del género *Astroblepus* son bentónicas (Fig. 3). En la época de aguas altas, mayo 2012, se registró hembras de *C. muelleri*, *L. elongata*, *C. microps* y *A. urophthalmus* con presencia de huevos (Fig. 4), sin embargo, no se estableció la etapa de maduración en la que se encontraban.

DISCUSIÓN

La prevalencia de Characiformes en la laguna Cormorán se contrapone a los típicos patrones de diversidad y composición en comunidades de peces a más de 1100 m de altitud, donde hay una dominancia de Siluriformes [31, 32]. En las cuencas del Pastaza y Napo, en localidades a más de 1500 m de altitud, tan solo se han

registrado siete especies—la mayoría del género *Astroblepus* [17, 33]. Rivadeneira et al. [22] reportaron que la distribución altitudinal de la familia Characidae en la cuenta del Alto Pastaza está restringida hasta los 1800 m. Sin embargo, es posible que el límite de distribución de la familia Characidae dentro de la zona ictiogeográfica Upano–Zamora se encuentre a 2000 m. Esta familia está representada por 10 especies a 1783 m en la laguna Cormorán, pertenecientes a siete géneros, y es posible que especies de esta familia también hayan colonizado las restantes lagunas del complejo lacustre Sardinayacu.

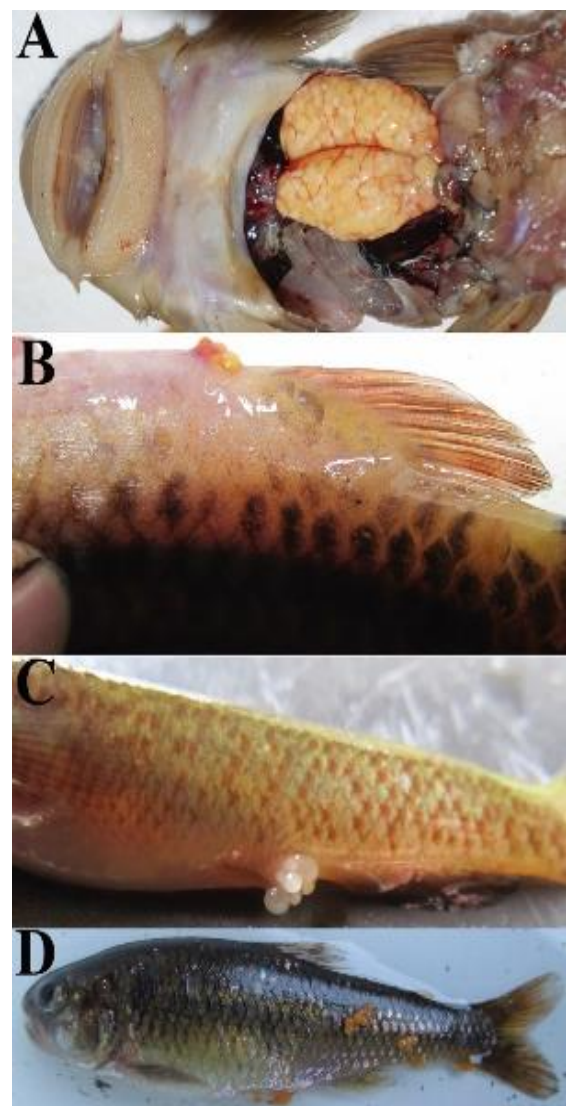


Figura 4. Especies registradas con presencia de huevos en la laguna Cormorán, Complejo Lacustre Sardinayacu, Parque Nacional Sangay, Ecuador, en mayo 2012: *Chaetostoma microps* (A), *Lebiasina elongata* (B), *Anablepsoides urophthalmus* (C), y *Creagrutus muelleri* (D). Fotografías: F. Anaguano-Yancha.

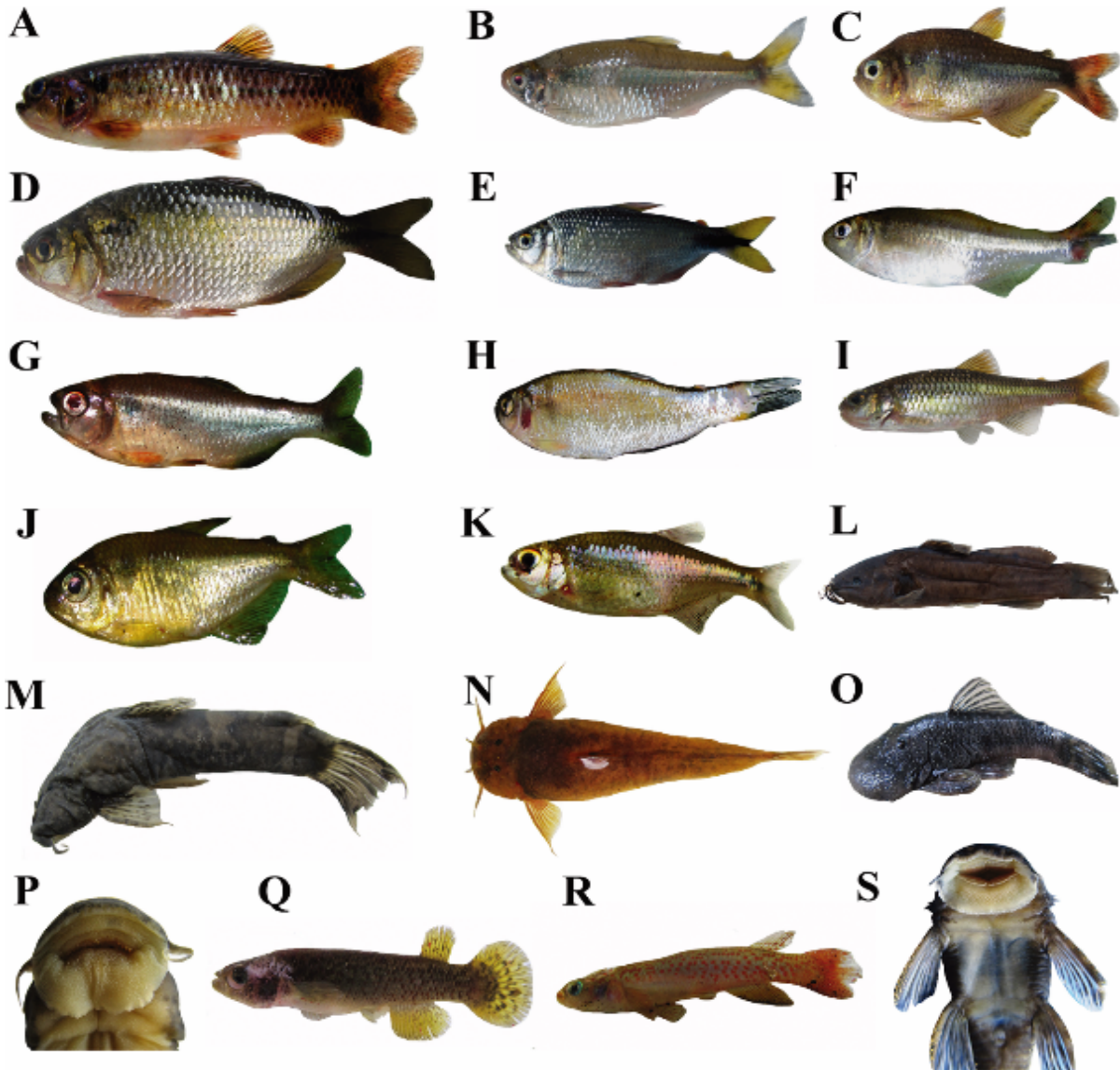


Figura 5. Peces de la laguna Cormorán, Complejo Lacustre Sardinayacu, Parque Nacional Sangay, Ecuador: A) *Lebiasina elongata* (DP-MECN 2201), B) *Astyanax bimaculatus*, C) *Astyanax maximus* (DP-MECN 2233), D) *Astyanax fasciatus* (DP-MECN 2230), E) *Astyanax* sp. (DP-MECN 2197), F) *Bryconamericus* sp. (DP-MECN 2198), G) *Ceratobranchia elitor* (DP-MECN 2199), H) *Hemibrycon* sp., I) *Creagrutus muelleri* (DP-MECN 2229), J) *Moenkhausia* sp., K) *Knodus septentrionalis*. (DP-MECN 2232), L) *Rhamdia quelen*, M) *Astroblepus* sp.1 (DP-MECN 2202), N) *Astroblepus* sp. 2 (DP-MECN 2203), O) *Chaetostoma microps* (DP-MECN 2206), P) detalle de la boca de *Astroblepus* sp.1 (DP-MECN 2204), Q) *Anablepsoides urophthalmus* (hembra) (DP-MECN 2208), R) (macho) (DP-MECN 2234) y S) detalle de la boca de *Chaetostoma microps* (DP-MECN 2206). Fotografías: F. Anaguano-Yancha

Los géneros *Astyanax*, *Bryconamericus*, *Hemibrycon*, *Ceratobranchia*, *Creagrutus* y *Moenkhausia* presentan cuerpos fusiformes que les permite remontar las corrientes y han sido exitosos en dispersarse por los grandes ríos desde la baja Amazonía [21, 34]. La presencia de los géneros *Astroblepus* y *Chaetostoma* en la laguna Cormorán posiblemente está relacionada a la captura fluvial, estando distribuidos a lo largo de los Andes desde Venezuela hasta Bolivia [31, 33]. *Chaetostoma*

y *Astroblepus* presentan adaptaciones morfológicas que les permiten adaptarse a hábitats diversos, como ventosas bucales y odontodes para adherirse y fijarse a las rocas, vejigas natatorias reducidas o atrofiadas para aumentar la densidad corporal, y en el caso de *Astroblepus*, una cintura pélvica móvil [21, 36–37]. En el caso de *Chaetostoma*, su distribución ha sido documentada desde el nivel del mar (*Ch. eptingi*) hasta 1500 m (*Ch. anomalum*, *Ch. branickii*, *Ch. dorsale*) [35]. El registro de

Chaetostoma microps en el presente estudio incrementa el rango de distribución conocido para *Chaetostoma* en 283 m. En el caso de *Astroblepus*, la mayoría de las especies se distribuyen desde los 1000 m hasta los 3000 m [29]. En cuanto a los géneros *Lebiasina* y *Anablepsoides*, sus distribuciones han sido documentadas hasta los 2000 m [21,37], donde habitan en pequeñas quebradas de corriente lenta, debido a que no presentan adaptaciones morfológicas que les permita establecerse en ríos con turbulencia. Las especies de Heptapteridae están ampliamente distribuidas en ríos piemontanos hasta los 1000 m. [22], por lo que el registro de *R. quelen* amplía la distribución altitudinal de Heptapteridae para Ecuador en 783 m. La distribución de estos géneros en la laguna Cormorán puede deberse a captura fluvial, conforme los Andes se levantaban [21, 33]. Sin embargo, la dispersión de estos géneros es aún poco conocida, por lo cual es pertinente realizar estudios biogeográficos profundos, en especial en comunidades ícticas que habitan ambientes acuáticos localizados a más de 1000 m de altitud.

Petry [38] determinaron que la presencia de comunidades de plantas son un componente sumamente importante en los sistemas acuáticos. En la laguna Cormorán, las plantas emergentes y sumergidas crean un ambiente estructuralmente complejo para los peces al proporcionar hábitats adecuados para su desarrollo y alimentación. Así mismo, esas plantas generan modificaciones físicas y químicas del agua que afectan la estructura, distribución espacial y temporal, estrategias de movilidad y alimentación de las comunidades ícticas [29, 39–41]. Se presume que debido a las estrategias comportamentales (uso de refugios y migraciones temporales) y a las estrategias adaptativas (morfológicas y anatómicas) observadas en las especies ícticas de la laguna Cormorán, podría existir una marcada especialización que podría traducirse en un alto nivel de endemismo en los géneros *Astroblepus*, *Chaetostoma*, *Bryconamericus*, *Ceratobranchia* y *Rhamdia*.

Tabla 1. Abundancia de las especies de peces registradas en la laguna Cormorán, zona ictiogeográfica Upano–Zamora, Ecuador. Época de muestreo: Época seca (ES), época de transición (ET); época lluviosa (ELL). Técnica de captura: trasmallo (Tr), anzuelos (Az), red de mano (Rm).

Orden, Familia, Especie	Z. Litoral			Z. Limnética			Total	Técnica de captura	Tipo de especie
	ES	ET	ELL	ES	ET	ELL			
CHARACIFORMES									
Lebiasinidae									
<i>Lebiasina elongata</i>	3	2	6	100	68	32	211	Tr, Az	Pelágica
Characidae									
<i>Astyanax fasciatus</i>	1	4	1	89	56	40	191	Tr, Az	Pelágica
<i>Astyanax bimaculatus</i>	4	3	2	0	0	0	9	Rm	Pelágica
<i>Astyanax maximus</i>	18	9	15	0	0	0	42	Rm	Pelágica
Orden, Familia, Especie	Z. Litoral			Z. Limnética			Total	Técnica de captura	Tipo de especie
	ES	ET	EL L	ES	ET	EL L			
<i>Astyanax sp.</i>	0	1	2	2	1	4	10	Tr, Az	Pelágica
<i>Bryconamericus sp.</i>	2	3	1	0	0	0	6	Rm	Pelágica
<i>Ceratobranchia elitor</i>	6	4	7	0	0	0	17	Rm	Pelágica
<i>Hemybrycon sp.</i>	1	0	0	0	0	0	1	Rm	Pelágica
<i>Knodus septentrionalis</i>	0	0	3	0	0	0	3	Rm	Pelágica
<i>Moenkhausia sp.</i>	1	2	0	0	0	0	3	Rm	Pelágica
<i>Creagrutus muelleri</i>	2	0	3	0	0	0	5	Rm	Pelágica
SILIRIFORMES									
Heptapteridae									
<i>Rhamdia quelen</i>	11	8	9	0	0	0	28	Rm	Bentónica
Loricariidae									

<i>Chaetostoma microps</i>	3	2	1	0	0	0	6	Rm	Bentónica
Astroblepidae									
<i>Astroblepus</i> sp.1	1	1	0	0	0	0	2	Rm	Bentónica
<i>Astroblepus</i> sp.2	2	0	2	0	0	0	4	Rm	Bentónica
CYPRINIDONTIFORMES									
Rivulidae									
<i>Anablepsoides urophthalmus</i>	30	18	13	0	0	0	61	Rm	Pelágica
Total	85	57	65	191	125	76	599		

AGRADECIMIENTOS

La Dirección Provincial del Ministerio de Ambiente de Morona Santiago otorgó la autorización de investigación científica N°. 14-2011- INVESTIGACIÓN- B-DPMS/MAE. D. Escobar-Camacho aportó con acertados comentarios para el mejoramiento del manuscrito. Victor León, responsable del Parque Nacional Sangay (Zona Baja) prestó las facilidades dentro del área a su cargo. J. Brito, D. Batallas, J. Palacios, I. Valencia y P. Macas colaboraron en las fases de campo. D. Paredes.gentilmente realizó la Figura 1.

REFERENCIAS

- [1] Bertaco, V.A., & Malabarba, L. (2010). A review of the Cis-Andean species of *Hemibrycon* Günther (Teleostei: Characiformes: Characidae: Stevardiinae), with description of two new species. *Neotropical Ichthyology*, 8(4), 737–770. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252010000400005>
- [2] Román-Valencia, C., García, M., & Ortega, H. (2011). Revisión taxonómica y geográfica de *Bryconamericus peruanus* (Teleostei, Characidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), 844–853. <http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/726>
- [3] Anaguano-Yancha, F. (2013). *Diversidad de peces en la laguna y río Cormorán, Complejo Lacustre Sardinayacu, Parque Nacional Sangay, Provincia Morona Santiago-Ecuador* (Tesis de Licenciatura). Universidad Central de Ecuador, Quito.
- [4] Barriga, R. (2012). Lista de Peces Dulceacuícolas e Intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, 30(3), 83-119. URL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5068>
- [5] Albuja, L., Almendáriz, A., Barriga, R., Montalvo, L.D., Cáceres, F., & Román, J.L. (2012). *Fauna de Vertebrados del Ecuador*. Quito: Instituto de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional. URL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5612>
- [6] Wijkmark, N., Kullander S.O., & Barriga, R. (2012). *Andinoacara blombergi*, a new species from the río Esmeraldas basin in Ecuador and a review of *A. rivulatus* (Teleostei: Cichlidae). *Ichthyological Exploration Freshwaters*, 23(2), 117–137. URL: http://www.pfeil-verlag.de/04biol/pdf/ief23_2_05.pdf
- [7] Román-Valencia, C., Ruiz, R., Taphorn, D., & García, C. (2013). Three new species of *Bryconamericus* (Characiformes, Characidae), with keys for species from Ecuador and a discussion on the validity of the genus *Knodus*. *Animal Biodiversity and Conservation*, 36(1), 123–139. URL: http://abc.museocienciasjournals.cat/files/ABC_36-1_2013_pp_123-139.pdf
- [8] Romer, U., & Hahn, I. (2013). *Apistogramma aguarico* sp. n.: A new species of geophagine cichlid fish (Teleostei: Perciformes) from the Ecuadorian and Peruvian río Napo system. *Vertebrate Zoology*, 63(2), 171–181. URL: http://www.senckenberg.de/files/content/forschung/publikationen/vertebratezoology/vz63-2/05_vertrebrate_zoology_63-2_roemer_171-181.pdf
- [9] Aguirre, W., Navarrete, R., Calle, P. & Sánchez-Garcés, G. C. (2014). First record of *Iotabrycon praecox* Roberts 1973 (Characidae: Stevardiinae) in the Santa Rosa Drainage, Southwestern Ecuador. *Check List*, 10(2), 382–385.

- DOI:
<http://dx.doi.org/10.15560/10.2.382>
- [10] Arbour, J., Barriga, R., & López-Fernández, H. (2014). A New Species of *Bujurquina* (Teleostei: Cichlidae) from the Río Danta, Ecuador, with a Key to the Species in the Genus. *Copeia*, 2014(1), 79–86. DOI: <http://dx.doi.org/10.1643/CI-13-028>
- [11] Lujan, A., Meza-Vargas, V., Astudillo-Clavijo, V., Barriga-Salazar, R., & López-Fernández, H. (2015). A Multilocus Molecular Phylogeny for *Chaetostoma* Clade Genera and Species with a Review of *Chaetostoma* (Siluriformes: Loricariidae) from the Central Andes. *Copeia*, 103(3), 664–701. DOI: <http://dx.doi.org/10.1643/CI-14-194>
- [12] Escobar-Camacho, D., Barriga, R. & Ron, S. R. (2015) Discovering Hidden Diversity of Characins (Teleostei: Characiformes) in Ecuador's Yasuní National Park. *PLoS ONE*, 10(8), e0135569. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0135569>
- [13] Jiménez-Prado, P., W. Aguirre, E. Laaz-Moncayo, R. Navarrete-Amaya, F. Nugra-Salazar, E. Rebolledo-Monsalve, E. Zárate-Hugo, A. Torres-Noboa y J. Valdiviezo-Rivera. (2015). *Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador*. Esmeraldas: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE), Universidad del Azuay (UDA), Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto Nacional de Biodiversidad.
- [14] Albuja, L., Palacios, J., Cueva, M., & Paredes, G. (1996). *Diagnóstico faunístico para la actualización del plan de manejo del Parque Nacional Sangay*. Quito: INEFAN/GEF.
- [15] Anne, M., Gordon, G., Gallo, N., & Hall, M. (1976). *Sangay Estudio de Alternativas de Manejo*. Quito: Dirección General de Desarrollo Forestal-PNU/FAO.
- [16] MAG. 1982. *Plan de Manejo del Parque Nacional Sangay*. Quito: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional Forestal, Departamento de Áreas Naturales y Vida Silvestre.
- [17] Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- [18] Cerón, C. (2013). Herbazal lacustre montano bajo de la Cordillera Oriental de los Andes: En MAE. *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* (pp. 128–129). Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- [19] Granados-Lorencio, C. (1996). *Ecología de Peces*. Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- [20] Leary, S., Underwood, W., Anthony, R., Cartner, S., Corey, D., Grandin, T., Greenacre, C., Gwaltney-Brant, S., McCrackin, M. A., Meyer, R., Miller, D., Shearer, J. & Yanong, R. (2013). *Guidelines for the Euthanasia of Animals*. Schaumburg: American Veterinary Medical Association. URL: <https://www.avma.org/KB/Policias/Pages/Euthanasia-Guidelines.aspx>
- [21] Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Galvis V., G., Villa-Navarro, F.A., Vásquez G., L., Prada-Pedreras, S., & Ardila R., C. (2005). *Peces de los Andes de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
- [22] Rivadeneira, J.F., Anderson, E.P., & Dávila, S. (2010). *Peces de la Cuenca del Río Pastaza*. Quito: Fundación Natura.
- [23] Netto-Ferreira, A. (2006). *Relações filogenéticas dos gêneros de Lebiasinidae (Ostariophysi, Characiformes)* (Tesis de Maestría) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [24] Ferreira, A.L.N. (2010). *Revisão taxonômica e relações interespecíficas de Lebiasininae (Ostariophysi: Characiformes: Lebiasinidae)* (Tesis de Doctorado). Universidade de São Paulo, São Paulo. DOI: <http://doi.org/10.11606/T.41.2010.tde-02022011-165808>
- [25] Román-Valencia, C., Ruiz, R. & Barriga, R. (2007). Redescripción de *Hemibrycon orcesi* Böhlke, 1958 y *H. polyodon* (Gunther, 1864) (Teleostei, Characidae), incluye clave para las especies de *Hemibrycon* en Ecuador.

- Animal Biodiversity and Conservation*, 30(2), 179–188. URL: <http://www.raco.cat/index.php/ABC/article/view/76081/0>
- [26] Géry J. (1977). *Characoids of the world*. New Jersey: T.F.H. Publications, Inc. Ltd.
- [27] Vari R. P. & Harold A. S. (2001). Phylogenetic study of the Neotropical fish genera *Creagrutus* Gunther and *Piabina* Reinhardt (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) with a revision of the cis-Andean species. *Smithsonian Contribution Zoology*, 613, 1–239. DOI: <https://dx.doi.org/10.5479/si.00810282.613>
- [28] Chernoff, B. & Machado-Allison, A. (1990). Characid fishes of the genus *Ceratobranchia*, with descriptions of new species from Venezuela and Perú. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 142, 261–290. URL: <http://jstor.org/stable/4064978>
- [29] Schindler, D. E., & Scheuerell, M.D. (2002). Habitat coupling in lake ecosystems”. *Oikos*, 98, 177–189. DOI: <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.980201.x>
- [30] Eschmeyer, W. N., & Fong, J. D. (2016). *Species by Family/Subfamily*. Catalogue of Fishes. California Academy of Science. URL: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>
- [31] Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega, H., Encalada, A.C., Carvajal-Vallejos, F.M., Rivadeneira, J.F., Acosta, F., Jacobsen, D., Crespo, A. & Rivera-Rondón, C.A. (2011). Biodiversity in aquatic systems of the Tropical Andes. En S.K. Herzog, R. Martinez, P.M. Jorgensen, & H. Tiessen (Eds.), *Climate change and biodiversity in the tropical Andes* (pp. 276–294). Paris/São José dos Campos: Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). URL: <http://www.iai.int/wp-content/uploads/2014/06/book.pdf>
- [32] Maldonado-Ocampo J. A., Torres-Noboa, A., & Anderson, E. P. (2009). Fishes. En: C. Vriesendorp, C., Alverson, W., Moskovits, D., Stotz, D., Fuentes, S., Coronel-Tapia, B., & Anderson, E.P. (Eds), *Cabeceras Cofanes- Chingual. Rapid Biological Inventories Report 21* (pp. 186-191). Chicago: Illinois The Field Museum. URL: http://fm2.fnmh.org/rbi/pdfs/RI21_Spanish.pdf
- [33] Anderson, E., & Maldonado-Ocampo, J.A. (2010). A Regional Perspective on the Diversity and Conservation of Tropical Andean Fishes. *Conservation Biology*, 25(1), 30–39. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01568.x>
- [34] Galvis, G., Mojica, J. I., Duque, R. S., Castellanos, C., Sánchez-Duarte, P., Arce, M., Gutiérrez, A., Jiménez, L.F., Santos, M., Vejarano-Rivadeneira, S., Arbeláez, F., Prieto, E., & Leiva, M. (2006). *Peces del medio Amazonas. Región de Leticia. Serie de Guías Tropicales de Campo N° 5*. Bogotá: Conservación Internacional, Editorial Panamericana, Formas e Impresos.
- [35] Salcedo, N. J. (2003). *Análisis filogenético del género Chaetostoma Tschudi, 1845 (Siluriformes: Loricariidae), con énfasis en especies peruanas* (Tesis de Maestría). Universidad Mayor San Marcos, Lima.
- [36] Schaefer, S. A. (2003). Family Astroblepidae. En Reis, R. E., Kullander, S. O., Ferraris, C.J. Jr (Eds), *Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America* (pp. 312–317). Porto Alegre: Edipucrs.
- [37] Ortega-Lara, A., Murillo, O., Pimienta, C., & Sterling, E. (2000). *Los peces del alto Cauca, riqueza ictiológica del Valle del Cauca*. Cali: Editorial Imagen Corporativa.
- [38] Petry, P., Bayley, P. B., & Markle, D. F. (2003). Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, 63, 547-579. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00169.x>
- [39] Soares, M., Menezes, N. A., & Junk, W. J. (2006). Adaptations of fish species to oxygen depletion in a central Amazonian floodplain lake”. *Hydrobiologia*, 568:353–367. DOI:

- <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0207-z>
- [40] Werner, E., & Hall, D.J. (1988). “Ontogenetic Habitat Shifts in Bluegill: The Foraging Rate-Predation Risk Trade-off. *Ecology*, 69(5), 1352–1366. DOI: <http://doi.org/10.2307/1941633>
- [41] Lewin, W. C., Okun, N., & Mehner, T. (2004). Determinants of the distribution of juvenile fish in the littoral area of a shallow lake. *Freshwater Biology*, 49, 410–424. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01193>

Nuevo registro de *Promops centralis* (Chiroptera: Molossidae) en el suroriente del Ecuador

Javier Fernández de Córdoba*, Carlos Niveló-Villavicencio, Pedro X. Astudillo.

*Laboratorio de Ecología, Escuela de Biología, Ecología y Gestión, Universidad del Azuay, Av. 24 de mayo 7-77 y Hernán Malo, Teléfono: (593) 7 4091000, Fax: (593) 72815-997, Apartado 01.01.981, Cuenca, Ecuador.***Corresponding autor / Autor para correspondencia, e-mail: jfdcordova@gmail.com***Editado por/Edited by:** Diego F. Cisneros-Heredia.**Recibido/Received:** 2016-12-07. **Aceptado/Accepted:** 2017-02-07.**Publicado en línea/Published online:** 2017-04-19**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.770>**Zoobank:** <http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:38EA1A53-7656-4A2F-917C-15B316974D20>**New record of *Promops centralis* (Chiroptera: Molossidae) in south-eastern Ecuador****Abstract**

Promops centralis (Chiroptera: Molossidae) is reported for the first time in south-eastern Ecuador, province of Morona Santiago. In 1998, an adult female was collected at Limón-Indanza. The specimen was donated to the mastozoology collection of the Museo de Zoología, Universidad del Azuay (MZUA) in 2016. The specimen was collected in secondary low montane forest on the eastern subtropical zoogeographic region. This record is a new locality for *P. centralis*, extending the species' known distribution in Ecuador and providing its highest elevation record.

Keywords: Amazonia, bat, distribution, elevation, montane forest, Morona-Santiago, new locality

Resumen

Promops centralis (Chiroptera: Molossidae) es reportado por primera vez en el suroriente del Ecuador, provincia de Morona Santiago. En 1998, una hembra adulta fue colectada en la localidad de Limón-Indanza. El espécimen fue donado a la colección de mastozoología del Museo de Zoología de la Universidad del Azuay (MZUA) en 2016. El espécimen fue colectado en bosque montano bajo secundario en el piso zoogeográfico subtropical oriental. Este registro es una nueva localidad para *P. centralis*, que extiende la distribución conocida de la especie en Ecuador y provee la localidad de mayor elevación.

Palabras clave: Amazonía, bosque montano, distribución, altitud, murciélago, Morona-Santiago, nueva localidad.

El género *Promops* (Molossidae) se encuentra a la región del Neotrópico y en la actualidad comprende tres especies: Murciélago mastín canela con cresta *Promops centralis*, Murciélago mastín narigón con cresta *Promops nasutus*, y Murciélago mastín grande con cresta *Promops davisoni* [1]. *Promops centralis* está ampliamente distribuido, con registros desde Sonora en México, a través de Centro América hasta el occidente de Perú y también en la Amazonía occidental hasta Paraguay y el noreste de Argentina [2]. La especie ocupa un rango de elevación que va desde el nivel del mar hasta los 1800 m [2–3]. En Ecuador, habita en bosques tropicales tanto húmedos como

secos entre 50–920 m de elevación y la mayoría de los registros provienen de las tierras bajas del occidente y de las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes [4]. El único registro documentado para la región amazónica del Ecuador se encuentra al noreste en la provincia de Orellana [4–5] (Fig. 1).

El 17 de junio de 1998, una hembra adulta de *Promops centralis* fue registrada por F. Sánchez Karste en la localidad Limón-Indanza (2.96°S, 78.43°W; 1059 m), provincia de Morona Santiago, Ecuador (Fig. 1). Tanto el sexo como la edad fue reconocida por la presencia de órganos sexuales femeninos

Fernández de Córdoba, J., Niveló-Villavicencio, C., & Astudillo, P. X. (2017). Nuevo registro de *Promops centralis* (Chiroptera: Molossidae) en el suroriente del Ecuador.

ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 9(15), 12–15

ISSN (Impreso): 1390-5384
ISSN (Electrónico): 2528-7788



desarrollados (i.e., glándulas mamarias). El espécimen fue capturado mediante el uso de una red cónica manual dispuesta sobre una grieta. La localidad era un bosque montano bajo secundario ubicado en las cercanías del centro poblado, en el piso zoogeográfico subtropical oriental [6]. El ejemplar formó parte de la

colección didáctica del Colegio Nacional de Limón-Indanza y fue donado al Museo de Zoología de la Universidad del Azuay (MZUA) en 2016 por el colector. El espécimen se encuentra bajo el número de colección MZUA-MA256.

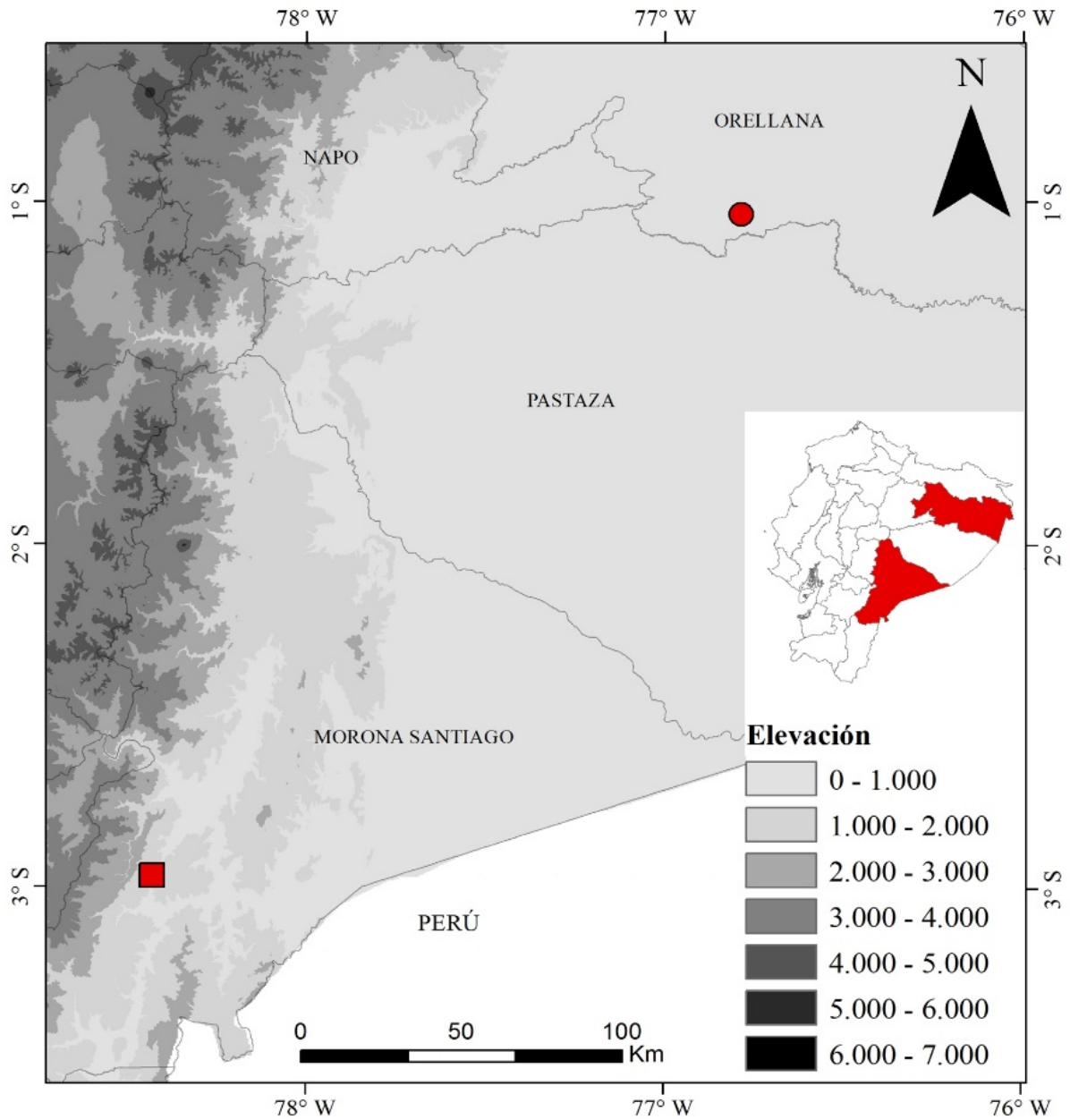


Figura 1. Registros de *Promops centralis* en la Amazonía del Ecuador. El círculo rojo representa el registro en el Parque Nacional Yasuní (Reid et al. [5]), provincia de Orellana, nororiente de Ecuador. El cuadrado rojo representa la nueva localidad aquí reportada, Limón-Indanza, provincia de Morona Santiago, suroriente de Ecuador.

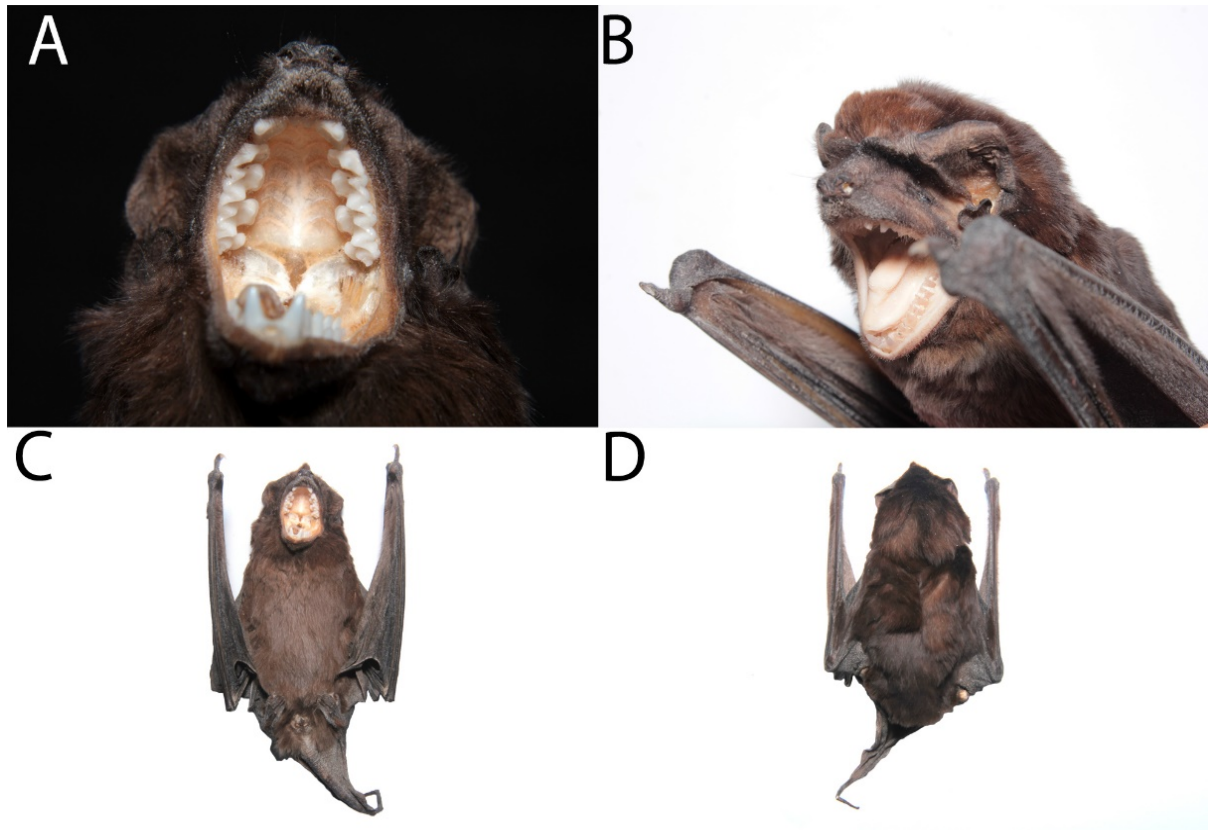


Figura 2. Fotografía de una hembra adulta de *Promops centralis* (MZUA-MA256), registrada en la localidad de Limón-Indanza, Morona Santiago, suroriente del Ecuador. (A) vista del paladar, (B) vista de la cabeza, (C) vista ventral, (D) vista dorsal.

Tabla 1. Variables morfométricas (mm) de una hembra adulta de *Promops centralis* (MZUA-MA256) registrada en la localidad de Limón-Indanza, suroriente del Ecuador.

Variable morfométrica	Dimensiones (mm)
Largo total	121.5
Largo cola	51.6
Largo oreja	13.4
Largo pata (con uña)	9
Antebrazo	52
Tibia	17.8
Calcáneo	23.3
Pulgar	5.9
Membrana caudal	30.4

El espécimen fue identificado como *Promops centralis* por presentar una coloración marrón acanelada en el dorso, mientras la base de los pelos es ligeramente más clara (Fig. 2D). El vientre es más claro contrastando levemente con el dorso (Fig. 2C). En la frente, los pelos están dispuestos a manera de mechón, con una tonalidad rojiza marcada con una tenue diferencia con el resto del pelaje de la cabeza,

el cual tiende a ser marrón (Fig. 2B). Los antebrazos muestran una pequeña hilera de pelos hacia el borde dorsal inferior, mientras que en las patas están presentes pocos pelos que se extienden hasta la uña (Fig. 2B). Están presentes cuatro incisivos inferiores, la cavidad palatina es profunda y cóncava; particularidades del género *Promops* (Fig. 2A) [2,7-8]. Finalmente, las variables morfométricas del espécimen (Tabla 1) fueron cotejadas con las descripciones y claves de identificación de la guía de campo de los mamíferos del Ecuador [4] para validar la identificación.

Este registro representa una nueva localidad para *Promops centralis* que extiende el rango geográfico de la especie hacia el suroriente del Ecuador. La localidad conocida más cercana se ubica a 280 km al norte, dentro del Parque Nacional Yasuní (2.96°S, 78.43°W; 220 m) en la provincia de Orellana, nororiente de Ecuador [5]. La nueva localidad de Limón-Indanza es la de mayor altitud reportada hasta el momento para la especie en el Ecuador, aumentado en ca. 140 m de elevación su rango altitudinal

previamente conocido [4]. Este registro podría indicar que la especie se distribuye localmente a través del oriente ecuatoriano y estribaciones orientales de los Andes, en especial teniendo en cuenta que es un murciélago con preferencias ecológicas amplias [9-11].

AGRADECIMIENTOS

A Francisco Sánchez Karste por la donación del espécimen. A Juan Carlos Sánchez por su colaboración con las fotografías. Un agradecimiento especial a Jacinto Guillén por el apoyo constante a nuestras investigaciones. Este artículo se benefició de la cuidadosa revisión del texto por parte de Verónica L. Urgilés y David Siddons. La elaboración de este manuscrito estuvo financiada por la Universidad del Azuay (Fondos UDA: 2016-42). El Museo de Zoología de la Universidad del Azuay está regido por la patente ambiental FAUS-UDA-MUSEO DE ZOOLOGÍA-003-2016.

REFERENCIAS

- [1] Gregorin, R., & Cirranello, A. (2016). Phylogeny of Molossidae Gervais (Mammalia: Chiroptera) inferred by morphological data. *Cladistics*, 32(1), 2–35. doi: <http://doi.wiley.com/10.1111/cla.12117>
- [2] Wilson, D. E., & Reeder, D. M. (Eds.). (2005). *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Vol. 1. Baltimore. JHU Press. Recuperado de <http://www.press.jhu.edu>
- [3] González-Terrazas, T. P., Viquez, L. R., Ibarra-Macias, A., Ruiz, A. T., Torres-Knoop, L., Jung, K., Tschapka, M., & Medellín, R. A. (2016). New records and range extension of *Promops centralis* (Chiroptera: Molossidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4), 1047–1411. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.008>
- [4] Tirira, D. (2007). *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Quito: Ediciones Murciélago Blanco.
- [5] Reid, F. A., Engstrom, M. D., & Lim, B. K. (2000). Noteworthy records of bats from Ecuador. *Acta Chiropterologica*, 2(1), 37–51.
- [6] Albuja, L. (2011). *Lista de mamíferos actuales del Ecuador*. Quito: Instituto de Ciencias Biológicas, Escuela Politécnica Nacional.
- [7] Anderson, S., Riddle, B. R., Yates, T. L., & Cook, J. A. (1993). Los Mamíferos del Parque Nacional Amboró y la Región de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. *Special Publication, The Museum of Southwestern Biology*, 2, 1–58. Recuperado de <http://hdl.handle.net/1928/26722>
- [8] Gardner, A. L. (Eds.). 2007 [2008]. *Mammals of South America*. Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats. Chicago: University of Chicago Press.
- [9] Freeman, P. W. (1981). A multivariate study of the family Molossidae (Mammalia, Chiroptera): morphology, ecology, evolution. *Fieldiana Zoology*, 7, 1–173. doi: <https://doi.org/10.2307/1380660>
- [10] Jung, K., Molinari, J., & Kalko, E. (2014). Driving factors for the evolution of species-specific echolocation call design in New World free-tailed bats (Molossidae). *PLoS ONE*, 9, e85279. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0085279>
- [11] Norberg, U. M., & Rayner, J. M. (1987). Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): Wing Adaptations, Flight Performance, Foraging Strategy and Echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, Biological Sciences*, 316(1179), 335–427. doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.1987.0030>

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Javier Fernández de Córdova, Carlos Niveló-Villavicencio y Pedro X. Astudillo identificaron el espécimen, revisaron los registros de distribución y escribieron el manuscrito.

Serpientes del Distrito Metropolitano Quito (DMQ), Ecuador, con comentarios sobre su rango geográfico y altitudinal y conservación

Jorge H. Valencia^{1,*}, Katty Garzón-Tello¹, Luis Tipantiza-Tuguminago¹, Francisco Pulluquitín^{1,2}, María Elena Barragán-Paladines¹, Gabriel Noboa³

¹ Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, Av. Amazonas 3008 y Rumipamba, Casilla 1703448, Quito, Ecuador.

² Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Universidad Central del Ecuador, Av. América, Ciudadela Universitaria.

³ Estudios Sociales y Servicios Ambientales (ESSAM Cía. Ltda.), Av. 6 de Diciembre N39-66 y Hugo Moncayo, Casilla 170504, Quito, Ecuador.

*Corresponding author / Autor para correspondencia, e-mail: jorgehvalencia@yahoo.com

Editado por/Edited by: Diego F. Cisneros-Heredia
Recibido/Received: 2016-05-19. Aceptado/Accepted: 2017-02-10.
Publicado en línea/Published online: 2017-05-12.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.305>
Zoobank: <http://zoobank.org/>

Snakes of the Quito Metropolitan District, Ecuador, with comments on its geographic and altitudinal range and conservation**Abstract**

We present an analysis of the diversity of snakes of Quito Metropolitan District, northern Ecuador. For this study, we conducted field work, examined material deposited at museums, and reviewed relevant literature. We found evidence of 41 species of snakes at Quito Metropolitan District, including members of the families Colubridae (31 spp.), Elapidae (3 spp.), Tropidophiidae (1 sp.), and Viperidae (6 spp.). The parishes of Nanegalito, Gualea, Pacto, and Nanegal, on montane and foothill forests, show the highest species richness among rural parishes. In 21 urban parishes, only six species of colubrid snakes were found, all non-venomous: *Dipsas elegans*, *Erythrolamprus epinephelus*, *Lampropeltis* sp. (cf. *micropholis*), *Mastigodryas pulchriceps*, *Mastigodryas* sp. (cf. *boddaerti*), and *Sibon nebulata*.

Keywords: Distribution, diversity, parishes, snakes, Pichincha, Reptilia, Serpentes, Squamata.

Resumen

Presentamos un análisis de la diversidad de serpientes del Distrito Metropolitano de Quito, norte del Ecuador. Para este estudio, realizamos trabajo de campo, examinamos material depositado en museos, y revisamos literatura relevante. Encontramos evidencia para 41 especies de serpientes en el Distrito Metropolitano de Quito, incluyendo miembros de las familias Colubridae (31 spp.), Elapidae (3 spp.), Tropidophiidae (1 sp.) y Viperidae (6 spp.). Las parroquias de Nanegalito, Gualea, Pacto y Nanegal, ubicadas en bosques montanos y piemontanos, presentan la mayor riqueza de especies entre las parroquias rurales. En las 21 parroquias urbanas, solo seis especies de serpientes colubridas fueron encontradas, ninguna venenosa: *Dipsas elegans*, *Erythrolamprus epinephelus*, *Lampropeltis* sp. (cf. *micropholis*), *Mastigodryas pulchriceps*, *Mastigodryas* sp. (cf. *boddaerti*) y *Sibon nebulata*.

Palabras clave: Culebras, distribución, diversidad, parroquias, Pichincha, Reptilia, serpientes, Serpentes, Squamata.

INTRODUCCIÓN

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) es un territorio de gran diversidad de flora, fauna,

ecosistemas y formaciones vegetales. En conjunto, todos estos componentes representan un extenso mosaico de vegetación, que integra cinturones florísticos desde los 500 m hasta los

Serpientes del Distrito Metropolitano Quito (DMQ), Ecuador, con comentarios sobre su rango geográfico y altitudinal y conservación. Valencia, J. H., Garzón-Tello, K., Tipantiza-Tuguminago, L., Pulluquitín, F., Barragán-Paladines, M. E., & Noboa, G. (2017). ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 9(15), 16-52

4800 m, desde los bosques tropicales del piedemonte hasta los páramos andinos [1,2]. Estos sistemas de vegetación albergan un número estimado de 2330 plantas vasculares, 111 especies de mamíferos, 542 especies de aves, 92 de anfibios, 53 de reptiles, 21 de peces y cerca de 167 géneros de macro-invertebrados [3,4].

A pesar de la gran biodiversidad que concentra el DMQ, aún se requieren mayores esfuerzos de investigación sobre su herpetofauna. Yáñez–Muñoz et al. [4] hicieron un estudio compilatorio de la herpetofauna del DMQ. Durante un período de monitoreo de tres años en 21 localidades, encontraron 145 taxones (88 ranas y sapos, dos salamandras, dos cecilidos, 24 saurios, 27 ofidios y dos tortugas). Sin embargo, 21 taxones no pudieron ser determinados hasta nivel de especie [5]. Dicho estudio y otras investigaciones han revelado la existencia de nuevas especies, algunas descritas en años recientes y otras en proceso de descripción [5–13]. Sin embargo, los esfuerzos por descubrir la diversidad de la herpetofauna del DMQ se han concentrado en el estudio de anfibios. Ocho nuevas especies de ranas del género *Pristimantis* han sido descritas en apenas cinco años [5–11]. En el caso de los reptiles, la situación es diferente: en el mismo período de tiempo se ha generado escasa información, y solo se describió una nueva especie de saurio (*Alopoglossus viridiceps*) [12]. Para los ofidios no ha habido aportes, aunque se conoce que nuevas especies están a la espera de ser descritas [13].

El DMQ es la segunda región más poblada del país. Su población se concentra principalmente en el área urbana, que representa apenas el 7.6% del territorio, y su patrimonio natural representa el 69% de la superficie distrital [14,15]. Este patrimonio natural está constantemente amenazado directa e indirectamente por factores antrópicos, amenazas que se potencian en estas áreas protegidas, donde los estudios biológicos son escasos o inexistentes [2]. Estos antecedentes, por un lado, la escasa información sobre serpientes dentro del DMQ y, por otro, la constante presión de los recursos naturales, usualmente con consecuencias deplorables para las serpientes, nos ha impulsado a realizar este estudio. El objetivo principal de este aporte es presentar información actualizada y detallada de la

diversidad de fauna ofidia dentro del DMQ, a nivel parroquial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Distrito Metropolitano de Quito DMQ es uno de los ocho cantones de la provincia de Pichincha. Se ubica en la región centro-norte del occidente de Ecuador. Limita al norte con la provincia de Imbabura, al sur con los cantones Mejía y Rumiñahui, al este con los cantones Pedro Moncayo y Cayambe y con la provincia de Napo, y al oeste con los cantones Pedro Vicente Maldonado y San Miguel de los Bancos y con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas [2,16] (Fig. S1). El DMQ tiene una superficie de 4204 km² a una elevación entre 500 m en el noroccidente y 4800 m en la Cordillera Occidental o 4100 m en la Cordillera Oriental, ambos ramales de los Andes [2,4]. Se encuentra constituido por 65 parroquias: 32 urbanas y 33 rurales o suburbanas [2,16] (Fig. S1, Tabla S1).

El DMQ presenta una gran variedad climática y orográfica: zonas tropicales y húmedas al noroccidente; zonas áridas, casi desérticas y soleadas en el valle del río Guayllabamba, en su parte interandina; cejas de montaña permanentemente nubladas; y zonas frías montañosas de ambas cordilleras. Esto da como resultado una variedad de ecosistemas, y una gran riqueza de flora y fauna [2,3]. De acuerdo a la clasificación de la vegetación propuesta por Ministerio del Ambiente del Ecuador [17], el DMQ presenta doce formaciones vegetales (Tabla S2). También incluye varias áreas protegidas para conservación, entre ellas dos grandes reservas (Reserva Ecológica Cayambe-Coca y Reserva Geobotánica Pululahua) que pertenecen al Patrimonio Natural del Estado, seis grandes áreas del Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas del DMQ distribuidas en 15 parroquias y 23 bosques protectores [2] (Fig. S2, Tabla S3).

Colección de datos

Una extensa colección de serpientes del DMQ depositada en el Museo de Anfibios y Reptiles de la Fundación Herpetológica Gustavo Orcés (FHGO) fue revisada para verificar su identificación mediante el uso de literatura

especializada (p. ej. [18–23]). Se realizaron colecciones de campo en diferentes localidades del DMQ. Los animales recolectados fueron preparados como especímenes de museo para propósitos de identificación y para ser almacenados en las colecciones del Museo de Anfibios y Reptiles de la Fundación Herpetológica Gustavo Orcés (FHGO) (Permiso de investigación: N.º 012-08 IC-FAU-DNBAPVS/MA). Los especímenes fueron sacrificados con un anestésico (lidocaína al 2%), preservados con formalina al 10% y posteriormente transferidos a etanol al 75% [24]. Estas colecciones fueron sustancialmente incrementadas con el aporte de recolectores locales debido al encuentro fortuito con estos animales, usualmente cuando realizaban actividades agrícolas.

No todos los individuos fueron preservados, y varios fueron recolectados, identificados y liberados en el lugar de colecta. Datos de procedencia de individuos vivos y de especies introducidas en el DMQ fueron obtenidos de los laboratorios y de la base de datos del Vivarium de Quito (FHGOv), respectivamente. La cobertura vegetal reportada para cada especie se basa en el sistema de clasificación de la vegetación propuesta por Ministerio del

Ambiente del Ecuador [17] y el MDMQ-Secretaría de Ambiente [1]. Para los nuevos registros geográficos o altitudinales presentamos una breve descripción de caracteres diagnósticos que validen su identificación. Utilizamos el índice de Jaccard para analizar la similitud entre las comunidades de ofidios reportadas para cada parroquia. El listado de especímenes examinados se detalla para cada especie en la sección “Compendio de especies”, junto con los sitios de colección. Los datos geográficos y la altitud de cada localidad se detallan en el material suplementario Datos S1.

RESULTADOS

Se reporta un total de 41 especies de serpientes en el DMQ, correspondientes a cuatro familias: Colubridae, Elapidae, Tropicophiidae y Viperidae. La familia Colubridae es la más representativa, con 31 especies, seguida por la familia Viperidae, con seis; la familia Elapidae, con tres; y una especie en la familia Tropicophiidae (Tabla 1). Un catálogo fotográfico de las especies de serpientes del DMQ se presenta en el material suplementario Figura 1.

Tabla 1. Ubicación parroquial y rango altitudinal de las especies de ofidios reportadas en el Distrito Metropolitano de Quito DMQ

Taxa	N.º de parroquias	Parroquias	Rango altitudinal (m)
<i>Atractus dunnii</i>	4	Lloa, Nanegalito, Nono, San José de Minas	1500-1900
<i>Atractus gigas</i>	2	Lloa, Nanegal	
<i>Atractus modestus</i>	2	Lloa, Nanegal	1250-1973
<i>Chironius exoletus</i>	1	Nono	2729
<i>Chironius flavopictus</i>	1	Nanegalito	1600
<i>Chironius grandisquamis</i>	1	Pacto	1200-1800
<i>Clelia clelia</i>	3	Nanegalito, Pacto, San José de Minas	1250-1800
<i>Dendrophidion brunneum</i>	1	Nanegalito	1450
<i>Dendrophidion clarki</i>	3	Nanegal, Nanegalito, Pacto	1300-1600
<i>Dendrophidion prolixum</i>	1	Nanegal	1450
<i>Dipsas elegans</i>	20	Calacalí, Calderón, Conocoto, Cumbayá, El Inca, El Quinche, Guayllabamba, Iñaquito, Itchimbia, Lloa, Mariscal, Nanegalito, Nono, Pacto, Perucho, Puéllaro, Puenbo, San Antonio, San Bartolo, Tumbaco	1600-2990

Taxa	N.º de parroquias	Parroquias	Rango altitudinal (m)
<i>Dipsas gracilis</i>	3	Gualea, Nanegal, Pacto	1250-1600
<i>Dipsas temporalis</i>	1	Pacto	1800
<i>Drymarchon melanurus</i>	1	Gualea	1500
<i>Erythrolamprus epinephelus albiventris</i>	31	Amaguaña, Belisario Quevedo, Calacalí, Calderón, Carcelén, Centro Histórico, Checa, Chillogallo, Cochapamba, Condado, Comité del Pueblo, Conocoto, Cumbayá, El Inca, El Quinche, Guayllabamba, Iñaquito, Itchimbía, Llano Chico, Lloa, Mariscal, Nanegal, Nanegalito, Nono, Pifo, Pintag, Pomasqui, Puembo, San Antonio, Tumbaco, Yaruquí	1500-3100
<i>Erythrolamprus mimus micrurus</i>	2	Nanegal, Nanegalito	1185-1500
<i>Imantodes cenchoa</i>	1	Nanegal	1450
<i>Lampropeltis cf. micropholis</i>	12	Calacalí, Carcelén, Conocoto, Cumbayá, Gualea, Guangopolo, Itchimbía, Nanegal, Nanegalito, Nono, San José de Minas, Tumbaco	1500-2990
<i>Leptodeira septentrionalis ornata</i>	1	Nanegalito	1600
<i>Leptophis depressirostris</i>	1	Nanegalito	1600
<i>Mastigodryas sp.</i>	20	Calderón, Cochapamba, Condado, Cumbayá, Guangopolo, Guayllabamba, Iñaquito, Itchimbía, Kennedy, Llano Grande, Nanegal, Nono, Pacto, Pintag, Pomasqui, Ponceano, Rumipamba, San Antonio, San José de Minas, Tumbaco	2300-2990
<i>Mastigodryas pulchriceps</i>	13	Calderón, Cumbayá, Guayllabamba, Iñaquito, Mariscal, Nanegalito, Nayón, Pacto, Pifo, Pomasqui, Puembo, San Antonio, Tumbaco	1600-2890
<i>Oxyrhopus petolarius</i>	1	Nanegalito	1400
<i>Pliocercus euryzonus</i>	3	Gualea, Nanegal, Pacto	1200-1500
<i>Saphenophis boursieri</i>	5	Lloa, Nanegal, Nanegalito, Nono, San Antonio	1600-3316
<i>Sibon nebulata leucomelas</i>	9	Calacalí, Cochapamba, Cumbayá, El Inca, Lloa, Nanegal, Nanegalito, Pacto, San José de Minas	1400-2900
<i>Spilotes pullatus</i>	1	Pacto	1060
<i>Synophis calamitus</i>	3	Calacalí, Nanegalito, Nanegal	1250-1800
<i>Tantilla insulamontana</i>	3	Calacalí, Nanegal, Pacto	1600-2300
<i>Tantilla melanocephala</i>	2	Pacto, San José de Minas	900-1600
<i>Urotheca lateristriga</i>	1	Pacto	1600
<i>Micrurus ancoralis</i>	2	Nanegal, Nanegalito	1200-1600
<i>Micrurus dumerilii transandinus</i>	2	Nanegalito, Pacto	1200-1500

Taxa	N.º de parroquias	Parroquias	Rango altitudinal (m)
<i>Micrurus mipartitus decussatus</i>	3	Nanegalito, Pacto, San José de Minas	1200-1700
<i>Trachyboa boulengeri</i>	1	Pacto	900-1200
<i>Bothriechis schlegelii</i>	5	Lloa, Nanegalito, Nono, Pacto, San José de Minas	900-1200
<i>Bothrocophias campbelli</i>	2	Lloa, Pacto	900-1200
<i>Bothrops asper</i>	4	Lloa, Nanegal, Nanegalito, Pacto	900-1600
<i>Bothrops osbornei</i>	2	Nanegalito, Pacto	1200-1500
<i>Lachesis acrochorda</i>	1	Pacto	1200
<i>Porthidium nasutum</i>	1	Pacto	900

Familia Colubridae

1. *Atractus dunni* Savage, 1995

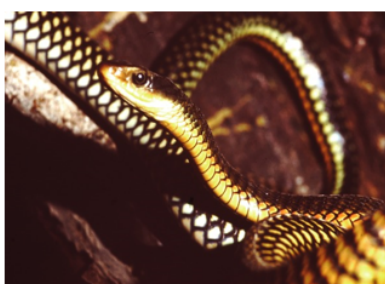
Es una especie endémica de Ecuador presente en bosques siempreverdes montanos bajos, bosques de neblina montanos y bosque siempreverdes piemontanos al oeste de los Andes, en las provincias de Cotopaxi, El Oro, Imbabura y Pichincha, en altitudes entre 600 y 2000 m [4,25]. Yáñez–Muñoz et al. [4] reportan a esta especie en el DMQ en las parroquias de Lloa (Río Cinto), Nanegalito (Pahuma, Tamboquinde), Nono (Verdecocha) y San José de Minas (Cambugán), en altitudes entre 1500 y 1900 m (incluyen una fotografía y una breve descripción). Cisneros–Heredia [25] la reporta en la parroquia de Nono (Llambo).

2. *Atractus gigas* Myers y Schargel, 2006

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes montanos bajos y bosques de neblina montanos al occidente de los Andes, en las provincias de Cotopaxi y Pichincha, en altitudes entre 1680 y 2307 m [26–29]. En el DMQ, esta especie ha sido encontrada en la parroquia de Nanegal (Bosque Protector Santa Lucía), a 2307 m de altitud [29]. Encontramos un espécimen juvenil (FHGO 4791) en las parroquias de Lloa, cerca de Tandayapa, con las siguientes características: 17/17/17 dorsales lisas, dos postoculares, loreal tres más larga que ancha, temporales 1+2, siete supralabiales, siete infralabiales, siete dientes maxilares, 159 ventrales, 43 subcaudales, dorso marrón pálido con 44 bandas transversales café oscuro en el cuerpo y 16 en la cola, y superficie ventral crema con manchas café oscuro.



Chironius exoletus, Colubridae



Chironius flavopictus, Colubridae



Clelia clelia, Colubridae



Dendrophidion brunneum, Colubridae



Dipsas elegans, Colubridae



Dipsas gracilis, Colubridae



Dipsas andiana, Colubridae



Drymarchon melanurus, Colubridae



Erythrolamprus epinephelus albiventris,



Erythrolamprus mimus micrurus, Colubridae



Imantodes cenchoa, Colubridae



Lampropeltis sp. (cf. *micropholis*), Colubridae



Leptodeira septentrionalis ornata, Colubridae



Leptophis depressirostris, Colubridae



Mastigodryas sp. (cf. *boddaerti*), Colubridae



Saphenophis boursieri, Colubridae



Sibon nabulata leucomelas, Colubridae



Spilotes pullatus, Colubridae



Tantilla melanocephala, Colubridae



Urotheca lateristriga, Colubridae



Micrurus ancoralis, Elapidae



Figura 1. Catálogo fotográfico de las serpientes del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador

3. *Atractus modestus* (Boulenger, 1894)

Es una especie endémica de Ecuador distribuida en los bosques siempreverdes montanos bajos y bosques de neblina montanos al oeste de los Andes, en las provincias de Azuay, Cotopaxi y Pichincha, en altitudes entre 1246 y 2560 m [18,30]. En el DMQ esta especie ha sido encontrada en los bosques de neblina montanos de las parroquias de Lloa (Tandacato). Un espécimen (FHGO 44) fue encontrado en la parroquia de Nanegal, en la Reserva Maquipucuna. En el DMQ, esta especie reporta un rango altitudinal entre 1250 y 1973 m.

4. *Chironius exoletus* (Linnaeus, 1758)

Se encuentra distribuida en los bosques siempreverde piemontanos, bosques siempreverdes montanos bajos y bosques de neblina montanos, al este y oeste de los Andes, en las provincias de Carchi, Azuay, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas, Guayas, Manabí,

Morona Santiago, Napo, Pastaza y Sucumbios, en altitudes entre 0 y 2167 m de altitud [21,27]. En el DMQ encontramos un solo individuo en la parroquia de Nono, a la inusual altitud de 2729 m, la mayor de la especie registrada hasta el momento. La descripción del espécimen reportado en Nono concuerda muy bien con la descripción de la especie propuesta por Dixon et al. [21]: 149 escamas ventrales, 142 subcaudales divididas, escama anal dividida, vertebral y una hilera de escamas dorsales adyacentes y ubicadas a cada lado, quilladas, 29 dientes maxilares, 2+2 temporales y dos postoculares.

5. *Chironius flavopictus* (Werner, 1909)

En Ecuador se ha reportado en bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos, a ambos lados de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Pichincha y Guayas, en altitudes que no superan los 300 m [4,21]. En el DMQ, un espécimen juvenil (FHGO 813) fue encontrado en la

parroquia de Nanegalito a 1600 m de altitud, con las siguientes características: 12/12/8 dorsales, paravertebrales ligeramente quilladas, 157 ventrales, 149 subcaudales y escama anal dividida; dorso gris-verdoso con numerosas franjas transversales separadas entre sí por una o dos hileras dorsales, superficie ventral del cuerpo y la cola café-verdoso, y escamas subcaudales bordeadas en el centro por una línea negra.

6. *Chironius grandisquamis* (Peters, 1869)

En Ecuador se encuentra distribuida de preferencia en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Santo Domingo de los Tsáchilas, Pichincha y Azuay, en altitudes entre 0 y 1600 m de altitud [20–21]. En el DMQ se la ha reportado en la parroquia de Pacto (Pacto, Reserva Mashpi) [4,21]. Reportamos un espécimen (FHGO 1230) también en la parroquia de Pacto, en el sector de La Armenia. El espécimen presentaba las siguientes características: 10/10/8 dorsales, paravertebrales quilladas y escama anal dividida. *Chironius grandisquamis* se encuentra en el DMQ en un rango altitudinal entre 1200 y 1800 m.

7. *Clelia clelia* (Daudin, 1803)

En Ecuador ha sido reportada en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos a ambos lados de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Manabí, Los Ríos, Guayas, Loja, Tungurahua, Napo, Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Morona Santiago y Zamora Chinchipe [31], desde el nivel del mar hasta 2000 m de altitud. En el DMQ se la ha reportado en las parroquias de Nanegalito (Tamboquinde), Pacto (Mashpi) y San José de Minas (Cambugan), entre 1250 y 1800 m de altitud [4]. Los tres individuos reportados en el DMQ por Yáñez–Muñoz et al. [4] corresponden a adultos con típica coloración dorsal negra.

8. *Dendrophidion brunneum* (Günther, 1858)

En Ecuador ha sido reportada principalmente en los bosques siempreverdes de tierras bajas y bosque siempreverdes piemontanos, al oeste de los Andes, en las provincias de Azuay, Chimborazo, Imbabura y Loja, en altitudes entre 130 y 2560 m [32]. En el DMQ la reportamos en la parroquia de Nanegalito, en el km 32 vía Calacalí-San Miguel de los Bancos, a 1450 m de altitud, con un espécimen adulto (FHGO 1655) con las siguientes características: 17/17/15 dorsales quilladas, nueve supralabiales, la octava en contacto con la temporal antero-inferior y sobresaliendo de esta última, diez infralabiales, una preocular, dos postoculares, temporales 2+2, 165 ventrales, escama anal dividida, y 134 subcaudales.

9. *Dendrophidion clarki* (Dunn, 1933)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de Carchi, Esmeraldas, Imbabura, Loja, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes menores a 100 m y hasta 1410 m [33]. En el DMQ se la ha reportado en las parroquias de Nanegal: Marianitas, Reserva Maquipucuna (FHGO 107); Nanegalito: Nanegalito (FHGO 272); y Pacto: Pacto (FHGO 92), entre 1300 y 1600 m de elevación. Estos especímenes tienen las siguientes características: 17/17/15 dorsales quilladas, una preocular, dos postoculares, temporales 2+2 y 2+1, con la octava escama supralabial en contacto con la escama temporal antero-inferior (esta última más sobresaliente que la supralabial), 153-161 ventrales, anal dividida, y 127-140 subcaudales.

10. *Dendrophidion prolixum* (Cadle, 2012)

En Ecuador se encuentra distribuida en bosques siempreverdes de tierras bajas y bosques siempreverdes piemontanos al occidente de los Andes, en las provincias de Esmeraldas e Imbabura, en altitudes entre 0 y 930 m [34]. En el DMQ, reportamos un espécimen (FHGO 1986) de la parroquia de Nanegal, Reserva Maquipucuna, a 1450 m con las siguientes características: 17/17/15 dorsales, quilladas, una preocular, dos postoculares, temporales 2+2, con la octava escama supralabial en

contacto con la escama temporal antero-inferior y más sobresaliente que esta última, 161 ventrales, anal única, y 146 subcaudales.

11. *Dipsas elegans* (Boulenger, 1896)

Es una especie endémica de Ecuador distribuida en los bosques siempreverdes piemontanos, bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, y matorrales secos montanos, espinar seco montano y bosques de neblina montanos de la Sierra, en las provincias de Cotopaxi, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, entre 600 y 2900 m de altitud [35–37]. Esta serpiente ha sido reportada previamente en las parroquias de Cumbayá, El Quinche, Guayllabamba (Bosque Seco Nueva Esperanza), Itchimbía (Parque Itchimbía), Lloa (La Unión-Río Cinto, Saragoza-Río Cinto), Nanegalito (2.9 km SO Tandayapa, Reserva Orquideológica Pahuma), Pacto, Perucho y Tumbaco [4,35–37]. Adicionalmente, reportamos a esta especie en las parroquias de Calacalí: Calacalí (FHGO 5972); Calderón: Calderón (FHGO 4643–44), Carapungo (FHGO 6363); Conocoto: Conocoto (FHGO 7301); Cumbayá: Jardines del Este (FHGO 7794), Miravalle (FHGO 9079), Pillahua (FHGO 5908), Valles de Cumbayá (FHGO 2613, 3617); El Inca: Monteserrín (FHGO 8587); Guayllabamba: Guayllabamba (FHGO 4062, 4712); Iñaquito: Av. Shyris e Isla Floreana (FHGO 4026), Parque La Carolina (FHGO 3605); Mariscal: Av. Amazonas y Moreno Bellido (FHGO 3556); Nanegalito: km 83 vía Quito-Nanegalito (FHGO 993), Miraflores (FHGO 3569), Nanegalito (FHGO 1596), Poma Sacha (FHGO 4580–81); Nono: Nono (FHGO 724); Perucho: Perucho (FHGO 602); Puéllaro: 1.5 km vía Quito-Puéllaro (FHGO 1668); Puembo: Puembo (FHGO 3470), río Chiche (FHGO 3638); San Antonio: cerro Catequilla (FHGO 8143), La Equinoccial (FHGO 2865), Mitad del Mundo, San Antonio (FHGO 2690); San Bartolo: Atahualpa (FHGO 4228); y Tumbaco: Tumbaco (FHGO 6405). Esta serpiente se encuentra en el DMQ en un rango altitudinal entre 1600 y 2990 m. Un total de 32 especímenes revisados tuvieron las siguientes características: 15/15/15 dorsales, lisas, las vertebrales cerca del doble del tamaño que las adyacentes, una loreal, aproximadamente dos veces más larga que alta, en contacto con la órbita del ojo; una preocular, dos postoculares, dos temporales usualmente

2+3; ventrales 175-187 en machos y 166-179 en hembras; escama anal única; subcaudales 81-89 en hembras y 93-104 en machos.

12. *Dipsas gracilis* (Boulenger, 1902)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí y Pichincha entre 0 y 1250 m [27,38–40]. En el DMQ, esta serpiente ha sido reportada en las parroquias de Gualea y Pacto (Bosque El Chalpi-Saguangal y Bosque Protector Mashpi) [4,40]. Adicionalmente, reportamos un espécimen (FHGO 818) en la parroquia Nanegalito con las siguientes características: 15/13/13 dorsales, lisas, las vertebrales cerca del doble del tamaño que las adyacentes, una preocular, dos postoculares, loreal ausente; temporales usualmente 1+1, separadas de la órbita del ojo por las postoculares; 203 ventrales; escama anal única; y 106 subcaudales. Esta serpiente se encuentra en el DMQ en un rango altitudinal entre 1250 y 1600 m.

13. *Dipsas temporalis* (Werner, 1909)

En Ecuador se la encuentra en bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosque siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Guayas y Pichincha entre 600 y 1000 m [4,38]. En el DMQ esta especie ha sido reportada, hasta el momento, en la parroquia de Pacto, en el sector de El Chalpi, a 1800 m [4].

14. *Drymarchon melanurus* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosque siempreverdes piemontanos y bosque siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Pichincha y Azuay, entre 0 y 1500 m [38]. En el DMQ ha sido registrada únicamente en las parroquias de Gualea, en el sector El Porvenir, a 1500 m, con un espécimen (FHGO 9167) encontrado

atropellado sin cabeza y parte anterior del cuerpo, con 17/15 escamas dorsales, lisas, escama anal única, y 71+ subcaudales.

15. *Erythrolamprus epinephelus albiventris* (Jan, 1863)

Es una especie endémica de Ecuador distribuida en los bosques siempreverdes piemontanos, bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, y bosques de matorrales secos montanos, bosques de espinares secos montanos, bosques de neblina montanos y bosques siempreverdes montanos altos de la Sierra, en las provincias de Bolívar, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Manabí, Pichincha y Tungurahua [4,41], entre 500 y 3100 m de altitud. En el DMQ, esta serpiente ha sido registrada en las parroquias de Guayllabamba (Bosque Nueva Esperanza), Iñaquito (Parque Metropolitano Guangüiltagua), Itchimbía (Parque Itchimbía), Lloa (Hacienda Las Palmas, La Unión-Río Cinto, Saragoza-Río Cinto), Nanegalito (Reserva Biológica Tamboquinde-Tandayapa), Nono (Bosque Protector Verdecocha, Chiquilpe) y Tumbaco (Club Campestre de Agua y Montaña Ilaló) [4,41,42]. Adicionalmente, la encontramos en las siguientes parroquias: Amaguaña: Amaguaña (FHGO 4630); Belisario Quevedo: Colegio San Gabriel (FHGO 847), Parque de La Mujer (FHGO 1928); Calacalí: Montecristi (FHGO 9503); Calderón: Calderón (FHGO 1799, 8754), Carretas (FHGO 1850); Carcelén: Carcelén (FHGO 5824), Carcelén Bajo (FHGO 7622), Colegio Americano (FHGO 741), Los Mastodontes (FHGO 8750); Centro Histórico: San Roque (FHGO 7781), El Panecillo (FHGO 1902); Checa: vía al Quinche (FHGO 235); Chillotallo: Barrio Eugenio Espejo (FHGO 2878); Cochapamba: El Bosque (FHGO 8629), Iñaquito Alto (FHGO 8016); Condado: Cooperativa Roldós Aguilera (FHGO 117), San Enrique Velasco (FHGO 8605); Comité del Pueblo: Comité del Pueblo (FHGO 7769); Conocoto: Conocoto (FHGO 1523, 1530), Hacienda Santa Isabel (FHGO 382), Barrio La

Colina (FHGO 29); Cumbayá: Cumbayá (FHGO 297, 7018, 8578), La Primavera (FHGO 182), Miravalle (FHGO 2154, 2577), Pillahua (FHGO 5909); El Inca: Monteserrín (FHGO 4677); El Quinche: La Victoria (FHGO 1706); Iñaquito: González Suárez (FHGO 3629), González Suárez y Bosmediano (FHGO 892), Parque La Carolina (FHGO 4632, 6401, 8749, 9216), Parque Metropolitano Guangüiltagua (FHGO 575, 751, 1115, 5459), Plaza Argentina (FHGO 5858); Itchimbía: Monjas (FHGO 1901, 4400); Llano Chico: Gualo (FHGO 7785), Llano Chico (FHGO 440); Mariscal: Av. 12 de Octubre (FHGO 8627), La Floresta (FHGO 5900); Nanegal: Yunguilla, Palmito (FHGO 1923); Nanegalito: Nanegalito (FHGO 8753); Pifo: Escuela Buen Pastor (FHGO 731), Pifo (FHGO 2962); Pintag: Pintag (FHGO 2292, 2892); Pomasqui: Pomasqui (FHGO 1638), Pusuquí, Valle Quipo (FHGO 2011); Puenbo: Puenbo (FHGO 1685, 5899); San Antonio: Mitad del Mundo (FHGO 3973); Tumbaco: Tumbaco (FHGO 680, 2859), El Arenal (FHGO 2098); y Yaruquí: Yaruquí (FHGO 1325). Esta serpiente se encuentra en el DMQ en un rango altitudinal entre 1500 y 3100 m. Se caracteriza por presentar coloración dorsal verde inmaculada en adultos, con manchas negras trasversales en algunos juveniles y subadultos; la cola presenta una línea longitudinal negra que se prolonga a la parte posterior del cuerpo; el vientre es crema o amarillento inmaculado.

16. *Erythrolamprus mimus micrurus* (Dunn y Bailey, 1939)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempre verdes de tierras bajas y bosques siempre verdes piemontanos, al occidente de los Andes, en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Los Ríos y Pichincha, en altitudes inferiores a 600 m [20,38]. Adicionalmente, encontramos registros de especímenes en Bolívar, Cotopaxi y Azuay. En el DMQ esta especie ha sido previamente reportada en la parroquia de Nanegal, a 1185 m de elevación [4]. Nosotros reportamos a esta

especie en Nanegalito: Cartagena (FHGO 658), Nanegalito (FHGO 753, 1474); y Nanegal: Reserva Maquipucuna (FHGO 1993, 2242), Marianitas (FHGO 5855), entre 1185 y 1500 m. Esta especie tiene patrones de coloración altamente variables, y al menos un taxón críptico podría estar presente en las poblaciones del occidente de Ecuador, caracterizados estos últimos por la ausencia de anillo nual negro. Las poblaciones del DMQ se caracterizan por lo siguiente: presentan 14-19 anillos negros dorsales completos, únicos o pares; cuando son pares están separados por interespacios claros (en cualquier caso los extremos de los anillos negros están bordeados por una banda blanca); la cabeza presenta un anillo negro nual pobremente definido y usualmente fusionado con el color negro que presenta la mayor parte de la cabeza, excepto en un juvenil (FHGO 1993), en el cual la cabeza es blanca, con un franja interorbital negra, sin anillo nual; la cola tiene 3-6 anillos dorsales negros, aislados o pares.

17. *Imantodes cenchoa* (Linnaeus, 1758)

En Ecuador se encuentra distribuido en los bosques siempreverdes de tierras bajas y San José de Minas (Bosque Protector Cambugán) y Tumbaco (Ilaló) [4,42,47–48]. Adicionalmente, reportamos esta especie en las siguientes localidades: Calacalí: Reserva Geobotánica Pululahua (FHGO 6216–17); Carcelén: Carcelén Bajo (FHGO 6184); Conocoto: Autopista General Rumiñahui (FHGO 3845); Cumbayá: Cumbayá (FHGO 202, 807, 887, 901, 1682, 1829, 3601, 3606, 8369, 8758), La Primavera (FHGO 2918, 8823), Lomas de Cumbayá (FHGO 1544, 7784), vía a San Patricio (FHGO 906), Lumbisí (FHGO 4199, 3773, 5825), Yanayacu (FHGO 2121); Gualea: Loma Las Islas (FHGO 4848); Guangopolo: km 3 ½ (FHGO 3412), Guangopolo (FHGO 2428), Central Térmica Gualberto Hernández (FHGO 3312); Itchimbía: Monjas (FHGO 3413); Mariscal: Av. Colón y Reina Victoria (FHGO 2885), Av. Colón y 6 de Diciembre (FHGO 3044); Nanegal: Hostería

bosques siempreverdes piemontanos al occidente de los Andes, en las provincias de Carchi, Guayas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas, El Oro, Manabí, Los Ríos, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar, Azuay, Cañar, Napo, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, en altitudes inferiores a 800 m [20,27,38,43–46]. Esta especie fue reportada en el DMQ por Cisneros–Heredia [46], en la parroquia de Nanegal, Reserva Maquipucuna, a 1450 m. Nosotros revisamos el espécimen y tiene características típicas de coloración de la especie.

18. *Lampropeltis* sp. (cf. *micropholis*)

Es una especie endémica de Ecuador distribuida en los bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, y en los bosques de matorrales secos montanos, bosques de espinares secos montanos y bosques de neblina montanos en los valles interandinos de la Sierra, en las provincias de Imbabura y Pichincha, entre 2200 y 3100 m. En el DMQ esta especie ha sido reportada en las parroquias de Cumbayá, Nanegalito, Nono (Chiquilpe),

Jumbo (FHGO 6381); San José de Minas: Cubí, río Pisque (FHGO 5966); y Tumbaco: Jardines del Valle (FHGO 2569), Cunuyacu (FHGO 2449, 5518, 6079), Illumbisí (FHGO 4729), Tumbaco (FHGO 1718, 2512, 9121), en altitudes entre 1500 y 2990 m. Roane et al. [49] elevan a categoría de especies a las subespecies que componen el grupo *L. triangulum*. Sin embargo, las poblaciones de DMQ reportadas sobre los 1500 m difieren en características morfológicas y merísticas, definidas por los siguientes caracteres: 21/21/19 escamas dorsales, lisas, con un par de fosetas apicales, 215-233 ventrales, 9-18 anillos rojos corporales, 1+2 o 1+3 temporales; anillos rojos usualmente de tamaño similar a los anillos negros; anillos negros usualmente fusionados entre sí o formando semicírculos en alguna parte del cuerpo. Las poblaciones bajo los 1400 m tienen características típicas de *L.*

micropholis, definidas en parte por Williams et al. [47]: 21/21/17 escamas dorsales, 207-215 ventrales, anillos rojos de dos a cuatro veces el tamaño de los anillos negros, anillos negros bien definidos, nunca fusionados o formando semicírculos.

19. *Leptodeira septentrionalis ornata* (Duellman, 1958)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de Carchi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Manabí y Pichincha, en altitudes entre 0 y 1766 m [20,27]. En el DMQ registramos esta especie únicamente en la parroquia de Nanegalito, con un espécimen (FHGO 1264) a 1600 m de elevación. Todos los caracteres estuvieron acorde a la revisión de la subespecie que presenta Duellman [50].

20. *Leptophis depressirostris* (Cope, 1861)

En Ecuador se encuentra en los bosques siempreverdes de tierras bajas y bosques siempreverdes piemontanos del occidente de los Andes, en las provincias de Esmeraldas y Pichincha, en altitudes bajo los 1000 m [20]. En el DMQ ha sido registrada únicamente en la parroquia de Nanegalito, a 1600 m: dos especímenes (FHGO 190, 5600) con las siguientes características: 17/15/11 dorsales, vertebral y paravertebrales quilladas, con fosetas apicales únicas, loreal presente, una preocular, dos postoculares, temporales 1+2, 151-154 ventrales, escama anal dividida, 160-166+ subcaudales.

21. *Mastigodryas* sp. (complejo *boddaerti*)

Las poblaciones de esta especie en Ecuador han sido históricamente identificadas como *M. boddaerti* (p. ej. [4,38]), cuya distribución incluye los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes montano bajos, bosques siempreverdes montanos del occidente

de Ecuador, y matorrales secos montanos, espinar seco montano y bosques de neblina montanos en los valles interandinos de la Sierra de Ecuador, en las provincias de Bolívar, El Oro, Esmeraldas, Imbabura y Pichincha, en altitudes entre 0 y 2990 m [4,20,38]. En el DMQ esta especie ha sido registrada en las parroquias de Guayllabamba (Bosque Nueva Esperanza), Nanegal (Maquipucuna), Nono (Chiquilpe), Pacto y Tumbaco (Ilaló) [4,13,42]. Adicionalmente, la reportamos en las siguientes parroquias: Calderón: km 12 ½ (FHGO 1147), Carapungo (FHGO 5973); Cochapamba: Chaupicruz (FHGO 3442), Iñaquito Alto (FHGO 4057); Condado: Colinas del Norte (FHGO 5981); Cumbayá: Cumbayá (FHGO 1040, 1224, 4227, 2708, 4788, 6911, 8603), Miravalle (FHGO 1713), río Machangara (FHGO 606); Guangopolo: Guangopolo (FHGO 1345); Guayllabamba: Guayllabamba (FHGO 1980); Iñaquito: Parque La Carolina (FHGO 8628); Itchimbía: La Marín (FHGO 5553), Monjas (FHGO 8591); Kennedy: Country Club FAE (FHGO 2385); Llano Grande: Llano Grande (FHGO 4631); Pacto: Pacto (FHGO 8070); Pintag: Pintag (FHGO 1567); Pomasqui: 2 km N Pomasqui (FHGO 408), Pomasqui (FHGO 141, 4742, 5736), Ruinas de Marieta (FHGO 423); Ponceano: Ponceano Alto (FHGO 4401); Rumipamba: Granda Centeno (FHGO 1062); San Antonio: Mitad del Mundo (FHGO 4738, 5802); San José de Minas: Barrio Pirca (FHGO 2246); y Tumbaco: Collaquí (FHGO 593), Chiviquí, faldas del Ilaló (FHGO 140), Tumbaco (FHGO 3502, 6500). En el DMQ, *Mastigodryas* sp. se encuentra en el rango altitudinal entre 2300 y 2990 m. Los especímenes revisados tienen las siguientes características: 17/17/15 escamas dorsales, lisas, temporales usualmente 2+2, 8-9 supralabiales, usualmente 9-10 infralabiales, 153-187 ventrales, escama anal dividida, y 69-100 subcaudales; la coloración dorsal es verde immaculado con una línea blanca longitudinal en la cuarta fila de escamas dorsales. De acuerdo a patrones de coloración similares, Stuart [51] considera a las poblaciones del este y oeste de los Andes como un taxón único, a los

cuales incluye dentro de *M. boddaerti*. Años más tarde, Montingelli *et al.* [13], basados en caracteres morfológicos y hemipeniales, restringen a *M. boddaerti* a bosques de tierras bajas de la región amazónica de Bolivia, Perú, Colombia y Brasil, y la porción este de Venezuela, mientras que las poblaciones del occidente de los Andes de Ecuador y Colombia son consideradas como una especie distinta y no descrita.

22. *Mastigodryas pulchriceps* (Cope, 1868)

Es una especie endémica de Ecuador distribuida en los bosques siempreverdes montanos bajos del occidente de los Andes, y bosques de matorrales secos montanos, bosques de espinares secos montanos y bosques de neblina montanos en los valles interandinos de la Sierra, en las provincias de Azuay, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Manabí, Pichincha, Santa Elena y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 0 y 2730 m de altitud [4,20,38]. En el DMQ, ha sido reportada en las parroquias de Guayllabamba (Bosque Nueva Esperanza), Iñaquito (Parque Metropolitano Guangüiltagua), Pacto (Las Tolas) y Tumbaco (Ilaló) [4,42]. Adicionalmente, la reportamos en las siguientes parroquias: Calderón: Marianitas (FHGO 6993); Cumbayá: Cumbayá (FHGO 527, 1032, 1162, 1332, 2196, 2905, 4019, 4027, 4658, 4719, 5905, 7640, 7650, 7786), río San Pedro (FHGO 2003), San Roque (FHGO 1482), Trigoloma (FHGO 308); Guayllabamba: cerca del río Pisque (FHGO 1137), Guayllabamba (FHGO 956, 1222, 1701), La Victoria (FHGO 458); Iñaquito: República de El Salvador (FHGO 6116); Mariscal: Av. 12 de Octubre (FHGO 2700); Nanegalito: Nanegalito (FHGO 737); Nayón: entrada de Nayón (FHGO 8061), Tanda (FHGO 6218); Pifo: Pifo (FHGO 9080); Pomasqui: La Pampa (FHGO 6112, 8067, 8748), Pomasqui (FHGO 1713, 6053), Pusuquí (FHGO 1329, 1989, 5810, 5912), Santa Teresa (FHGO 7960); Puembo: Puembo (FHGO 1100, 1139); San Antonio: 1 km N de San Antonio (FHGO 6), San Antonio (FHGO 2394), cerro

Catequilla y Lulumbamba (FHGO 4656), Mitad del Mundo (FHGO 4173); y Tumbaco: Hacienda La Clementina (FHGO 677), Tumbaco (FHGO 563, 586, 997, 9703), Collaquí (FHGO 1191), Ilaló, Valle Alto (FHGO 4843), entre 1600 y 2890 m. Estos especímenes tuvieron las siguientes características: 17/17/15 escamas dorsales, lisas, temporales usualmente 2+2, ocho supralabiales, usualmente diez infralabiales, 165-189 ventrales, escama anal dividida, y 88-108 subcaudales; la coloración dorsal presenta bandas grisáceas o gris-verdosas, con interespacios blancos; en especímenes juveniles, el vientre suele ser gris oscuro.

23. *Oxyrhopus petolarius* (Linnaeus, 1758)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosque siempreverdes piemontanos y bosque siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de Carchi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Manabí y Pichincha, en altitudes entre 0 y 1510 m [4,20,27]. En el DMQ, hasta el momento, ha sido registrada únicamente en la parroquia de Nanegalito, en la Reserva Maquipucuna, entre 1250 y 1400 m. Hubo cuatro especímenes (FHGO 359, 363, 524, 2585) con las siguientes características: 19/19/17 dorsales, lisas, ocho supralabiales, diez infralabiales, dos preoculares, dos postoculares, temporales 2+3, 214-215 ventrales, escama anal única, y 90-91 subcaudales; cabeza negra con banda nugal blanca, dorso con 20-23 bandas transversales negras, cola con 10-12 bandas negras, y vientre amarillento.

24. *Pliocercus euryzonus* (Cope, 1862)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosque siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes de Ecuador, en las provincias de Carchi, Cotopaxi, Esmeraldas y Pichincha, en altitudes entre 300 y 2093 m [4,20,38]. En el DMQ ha sido registrada previamente en las

parroquias de Guala y Pacto [52]. Adicionalmente, reportamos esta especie en las parroquias de Nanegal: Reserva Maquipucuna (FHGO 257); y Nanegalito: Tandayapa (FHGO 1466). Ambos especímenes concuerdan con la descripción de la especie propuesta por Savage y Crother [52]. En el DMQ, esta especie se encuentra en un rango altitudinal entre 1200 y 1500 m de elevación.

25. *Saphenophis boursieri* (Jan, 1867)

Se encuentra distribuida en Ecuador en bosques siempreverdes piemontanos, bosques siempreverdes montanos bajos y bosques de neblina montanos, al occidente de los Andes, en las provincias de Imbabura y Pichincha, en altitudes entre 1276 y 2500 m [20,53,54]. En el DMQ ha sido registrada en las parroquias Lloa (La Unión-Río Cinto, Bosque La Victoria, Hacienda Las Palmas-Río Blanco, cordillera de Saloya), Nanegalito (Reserva Biológica Tamboquinde), Nono (Alaspungo) y San Antonio [4]. Adicionalmente, la reportamos en Nanegal: Guantopungo-Yunguilla (FHGO 2574); Nanegalito: Tandayapa (FHGO 2678, 2863); y Nono: km 5 vía Nono-Nanegalito (FHGO 568). Los especímenes revisados tienen las siguientes características: 17/17/15 dorsales, temporales 1+1 o 1+2, ocho supralabiales, diez infralabiales, 156-163 ventrales, escama anal dividida, y 57-60 subcaudales; dorso marrón con una línea longitudinal café entre la tercera y cuarta filas de escamas dorsales, bordeado en la quinta y sexta filas por una línea clara. Las vertebrales también presentan una línea negra; el vientre amarillento es pálido con pequeñas manchas marrón oscuro, o fuertemente oscurecido, pero con un borde negro. Esta especie se encuentra en el DMQ en el rango altitudinal entre 1600 y 3316 m.

26. *Sibon nebulata leucomelas* (Boulenger, 1896)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos, al occidente de

los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Manabí, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 10 y 1750 m [20,38,55]. En el DMQ ha sido reportada en las parroquias de Pacto (Las Tolas), Lloa (Bosque La Victoria) y San José de Minas (Bosque Protector Cambugan) [4]. Adicionalmente, reportamos esta especie en las parroquias de Calacalí: Calacalí (FHGO 5512); Cochapamba: Av. Antonio José de Sucre (FHGO 5755); Cumbayá: Cumbayá (FHGO 5906); El Inca: Capitán Ramos y Morlán (FHGO 9289); Nanegal: Reserva Maquipucuna (FHGO 2179); y Nanegalito: vía La Unión-La Independencia (FHGO 729). En el DMQ, el rango altitudinal de esta subespecie está entre 1400 y 2900 m. Los especímenes revisados concuerdan con la descripción de *S. n. leucomelas* propuesta por Peters [55].

27. *Spilotes pullatus* (Linnaeus, 1758)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas y bosques siempreverdes piemontanos, a ambos lados de la cordillera de los Andes, en las provincias de Carchi, El Oro, Esmeraldas, Napo, Orellana, Pastaza, Santo Domingo de los Tsáchilas y Sucumbíos, en altitudes entre 10 y 500 m [38,56–58]. En el DMQ ha sido reportada en el Bosque Protector Mashpi, parroquia de Nanegalito, e identificada previamente como *Spilotes megalolepis* [4]. *S. megalolepis* fue descrita por Günther [59] y validada años más tarde por Orces y Almedáriz [68]. Sin embargo, en la actualidad varios autores la consideran como un sinónimo subalterno de *S. pullatus* (p. ej. [58]). Aunque Yáñez–Muñoz et al. [4] reportan a esta especie en la fauna del DMQ, no incluyen una descripción que permita conocer sus características. Nosotros revisamos el espécimen al cual se hace referencia y encontramos las siguientes: catorce escamas dorsales en el medio cuerpo, ocho escamas supralabiales y dorso mayormente negro (melánico) con manchas amarillentas dispersas.

28. *Synophis calamitus* (Hillis, 1990)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes piemontanos, bosques siempreverdes montanos bajos, bosques de niebla montanos y bosques siempreverdes montanos altos al occidente de los Andes, en las provincias de Carchi, Cotopaxi y Pichincha, en elevaciones en 1700 y 2145 m [60–62]. En el DMQ se la ha reportado en las parroquias de Calacalí (Reserva El Cedral) y Nanegal (Reserva Ecológica Bosque Nublado Santa Lucía) [61]. Adicionalmente, reportamos un espécimen en Nanegalito (km 31 San Antonio de Pichincha-Nanegalito), a 1600 m de altitud. Un espécimen adulto (FHGO 210), asignable a *S. calamitus* en concordancia con las características propuestas por Carvajal et al. [62], presentó además las siguientes características: 17/19/15 dorsales quilladas, ocho supralabiales, nueve infralabiales, prefrontal única, temporales 1+2, 164 ventrales, escama anal única y cola incompleta.

29. *Tantilla insulamontana* (Wilson y Mena, 1980)

Es endémica de Ecuador y está distribuida a lo largo de la hoya de Jubones, en los bosques siempreverdes piemontanos, bosques siempreverde montanos bajos y bosques húmedos montanos al occidente de los Andes, en las provincias de Azuay y Cotopaxi, entre 1250 y 2100 m [22]. No hay reportes previos de esta especie en la provincia de Pichincha. En el DMQ, la reportamos en las parroquias de Calacalí: Montecristi (FHGO 4230), área de amortiguamiento de la Reserva Geobotánica Pululahua (FHGO 5511); Nanegal: Reserva Maquipucuna, Yunguilla (FHGO 1721); y Pacto: río Piripe (3780), entre 1600 y 2300 m de altitud. Estos cuatro especímenes tuvieron las siguientes características: 15/15/15 dorsales, lisas, escama loreal ausente, siete supralabiales, seis infralabiales, una preocular, dos postoculares, temporales 1+2, la occipital no está en contacto con la supralabial 7, 150-163 ventrales, escama anal dividida, y 50-60 subcaudales; dorso marrón con un línea negra

vertebral, una línea negra en la fila 8 y una línea café oscura entre las filas dorsales 3 y 4, limitada por una secuencia de manchas claras en la fila 4; coloración de la cabeza similar al color del cuerpo, marrón con manchas ligeramente más oscuras en las occipitales, franja nugal y occipital ausentes; entre la primera labial, nasal posterior hay una mancha clara, y otra mancha clara entre la sexta y séptima labiales y la temporal anterior; vientre amarillento pálido, incluida la cola.

30. *Tantilla melanocephala* (Linnaeus, 1758)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos, bosques siempreverdes montanos bajos y bosques de niebla montanos a ambos lados de la cordillera de los Andes, en las provincias de Cotopaxi, Bolívar, Pichincha, Esmeraldas, Imbabura, Azuay, Santo Domingo de los Tsáchilas, Loja, Chimborazo, Sucumbíos, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Orellana, en altitudes entre 0 y 2133 m [20,22,63]. En el DMQ ha sido reportada en las parroquias de Pacto (Chalpi-Saguangal, Reserva Mashpi) y San José de Minas (Bosque Protector Cambugán) [4]. En el DMQ esta especie se encuentra en el rango altitudinal entre 900 y 1600 m de altitud.

31. *Urotheca lateristriga* (Berthold, 1859)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos, al occidente de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Guayas, Los Ríos y Pichincha, en altitudes entre 0 y 1891 m [20,38]. En el DMQ ha sido reportada previamente y por primera vez en la parroquia de Pacto, en el sector de las Tolas, a 1600 m de altitud [4].

Familia Elapidae

32. *Micrurus ancoralis* (Jan, 1872)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos, al occidente de los Andes, en las provincias de Bolívar, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Manabí, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 0 y 1800 m. En el DMQ ha sido previamente reportada en las parroquias de Nanegal y Nanegalito, entre 1200 y 1600 m. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron revisados por Valencia et al. [23].

33. *Micrurus transandinus dumerilii* (Schmidt, 1936)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos al oeste de los Andes, en las provincias de Bolívar, Carchi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Manabí, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 0 y 1600 m. En el DMQ ha sido reportada en las parroquias de Nanegalito (km 20 vía Calacalí-La Independencia) y Pacto (Guayabillas, Chalpi-Saguangal, Reserva Mashpi), entre 1200 y 1500 m. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron incluidos en la revisión que realizaron Valencia et al. [23].

34. *Micrurus mipartitus decussatus* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de Bolívar, Carchi, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Loja, Los Ríos, Manabí, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 0 y 1800 m. En el DMQ ha sido reportada en las parroquias de Pacto (Reserva Mashpi),

Nanegalito (Tamboquinde) y San José de Minas (Cambugán), entre 1200 y 1700 m. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron incluidos en la revisión que realizaron Valencia et al. [23].

Familia Tropidophiidae

35. *Trachyboa boulengeri* (Peracca, 1910)

En Ecuador se encuentra distribuida en los bosques siempreverdes de tierras bajas y bosques siempreverdes piemontanos al occidente de los Andes, en las provincias de Carchi, Esmeraldas, Imbabura, Los Ríos y Pichincha, en altitudes entre 90 y 900 m [20,38,64]. En el DMQ ha sido reportada previamente en la parroquia de Pacto, en el sector de Chalpi-Saguangal y en la Reserva Mashpi, entre 900 y 1200 m [4].

Familia Viperidae

36. *Bothriechis schlegelii* (Berthold, 1846)

Se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes montanos bajos y bosques de niebla montanos al occidente de los Andes, en las provincias de Azuay, Cañar, Cotopaxi, Chimborazo, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Loja, Manabí, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 5 y 2000 m. En el DMQ ha sido reportada en las parroquias de Lloa (Chiriboga, río Cinto), Nanegalito (Tamboquinde), Nono (Tandayapa), Pacto (Chalpi-Saguangal, Reserva Mashpi, Las Orquídeas, Las Tolas) y San José de Minas (Cambugán), entre 900 y 1200 m. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron incluidos en la revisión que realizaron Valencia et al. [23].

37. *Bothrocophias campbelli* (Freire-Lascano, 1991)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes piemontanos, bosques siempreverdes montanos bajos y bosques de

niebla montanos al oeste de los Andes, en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Esmeraldas, Imbabura, El Oro, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 725 y 2225 m. En el DMQ ha sido reportada en las parroquias de Lloa (Río Cinto) y Pacto (Las Tolas), entre 900 y 1200 m. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron incluidos en la revisión que realizaron Valencia et al. [23].

38. *Bothrops asper* (Garman, 1883)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos al occidente de los Andes, en las provincias de Bolívar, Cañar, Carchi, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Los Ríos, Manabí, Pichincha, Santa Elena y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 0 y 1900 m. En el DMQ ha sido reportada en las parroquias de Lloa (Hacienda La Macarena), Nanegal (Maquipucuna), Nanegalito (Cartagena) y Pacto (Chalpi-Saguangal, Mashpi), entre 900 y 1600 m. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron incluidos en la revisión que realizaron Valencia et al. [23].

39. *Bothrops osbornei* (Freire–Lascano, 1991)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos, bosques siempreverdes montanos bajos y bosques húmedos montanos, al occidente de los Andes, en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 400 y 1900 m. En el DMQ ha sido reportada en las parroquias de Nanegalito (Nueva Granada) y Pacto (Las Tolas, Reserva Mashpi), en altitudes entre 1200 y 1500 m. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron incluidos en la revisión que realizaron Valencia et al. [23].

40. *Lachesis acrochorda* (García, 1896)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos, al occidente de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, en altitudes entre 16 y 1070 m [24]. En el DMQ ha sido reportada únicamente en la parroquia de Pacto, en Chalpi-Saguangal, a 1200 m de altitud [24]. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron incluidos en la revisión que realizaron Valencia et al. [23].

41. *Porthidium nasutum* (Bocourt, 1868)

En Ecuador se distribuye en los bosques siempreverdes de tierras bajas, bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos, al occidente de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, con aisladas poblaciones en las cordilleras del Parque Nacional Machalilla, en la provincia de Manabí, en altitudes entre 15 y 900 m. En el DMQ ha sido reportada únicamente en la parroquia de Pacto, en la Reserva Mashpi, a 900 m de altitud. Todos los especímenes reportados en el DMQ fueron incluidos en la revisión que realizaron Valencia et al. [23].

DISCUSIÓN

Diversidad y distribución geográfica y altitudinal

Históricamente, los estudios de diversidad de ofidios en el DMQ han sido escasos. Encontramos los primeros registros sobre fauna ofidia del DMQ en el análisis de localidades tipo de Peters [65], el cual incluye tres especies, *Dryadophis pulchriceps* (= *Mastigodryas pulchriceps*), *Liophis boursieri* (= *Saphenophis boursieri*) y *Opheomorphus alticolus* (= *Erythrolamprus epinephelus albiventris*), cuya localidad tipo es Quito o los valles de Quito. A partir de este estudio, y en los años subsiguientes, hasta fechas recientes, algunas especies de fauna ofidia del DMQ se han reportado en estudios taxonómicos y

biogeográficos en los que se analizan especímenes de los géneros *Atractus* [29], *Chironius* [21], *Dipsas* [35–37,40], *Erythrolamprus* [41], *Imantodes* [46], *Lampropeltis* [47], *Pliocercus* [52], *Spilotes* [57], *Synophis* [62], *Micrurus* [23], *Trachyboa* [61], *Bothriechis* [23,66], *Bothrocophias* [23], *Bothrops* [23,67], *Lachesis* y *Porthidium* [23]. Yáñez–Muñoz et al. [4] realizan un extenso estudio de diversidad de herpetofauna en el DMQ, como resultado de tres años de monitoreo, y registran varias especies de ofidios en 21 localidades, mientras que Valencia y Garzón [42] reportan algunas especies en la localidad de Chiquilpe, Nono. Esta información, junto con los recientes muestreos de campo y los datos generados en este estudio, nos indican que la actual riqueza de fauna ofidia reportada en el DMQ está representada por 41 especies, correspondiente el 17.9% de las especies conocidas en Ecuador, estimada en 223 según Torres–Carvajal et al. [68]. El número más significativo corresponde a la familia Colubridae, con 31 especies, 19% del total nacional para esta familia [68]. Sin embargo, el porcentaje es mayor en la familia Viperidae, con un aporte de seis especies, equivalente a 33.3% de un total nacional [68]. Las familias Aniliidae, Anomolepididae, Boidae, Leptotyphlopidae y Typhlopidae no han sido reportadas hasta el momento en el DMQ (Tabla 2).

Tabla 2. Riqueza de especies por familia de ofidios reportada en el Distrito Metropolitano de Quito DMQ, y su comparativo numérico y porcentaje a nivel nacional

Familias	DMQ	Nacional*	% DMQ
Aniliidae	0	1	00.0
Anomolepididae	0	2	00.0
Boidae	0	6	00.0
Colubridae	32	163	19.6
Elapidae	3	23	13.0
Leptotyphlopidae	0	6	00.0
Tropidophiidae	1	4	25.0
Typhlopidae	0	1	00.0
Viperidae	6	17	35.3
TOTAL	41	223	18.4

* Número según Torres–Carvajal [68].

Actualmente, las parroquias con mayor diversidad son Nanegalito, Pacto y Nanegal, que reportan 22, 19 y 13 especies, respectivamente, ubicadas en altitudes entre 900 y 2000 m de altitud. En las parroquias de

Lloa, Calacalí y San José de Minas se reportan entre ocho y diez especies frecuentes en bosques altoandinos (p. ej. *Dipsas elegans*, *Erythrolamprus epinephelus albiventris* y *Saphenophis boursieri*), pero también de bosques nublados (p. ej. *Atractus dunnii*, *Tantilla insulamontana* y *T. melanocephala*). En las parroquias urbanas, Iñaquito es la más conspicua, pues reporta seis especies (*Dipsas elegans*, *Erythrolamprus epinephelus albiventris*, *Lampropeltis* cf. *micropholis*, *Mastigodryas pulchriceps*, *Mastigodryas* sp. y *Sibon nebulata*). Sin embargo, a futuro, estos números y sus porcentajes pueden variar en la medida que estudios adicionales empleen técnicas adicionales de muestreo en áreas inexploradas.

Por ejemplo, en las parroquias rurales de Alangasí, Atahualpa, Chavezpamba, La Merced y Zámiza no se ha reportado fauna ofidia y 16 parroquias adicionales han reportado apenas una especie. Sin embargo, esto no significa que la fauna ofidia se encuentre ausente de estas parroquias o que su número se limite a una especie. Por el contrario, señala hacia dónde se deben dirigir los esfuerzos de muestreo. También hay que poner énfasis en aquellas parroquias rurales donde se ha encontrado un número importante de especies, debido a que los muestreos han sido focalizados en pequeñas áreas, a pesar de que la mayoría de parroquias rurales tienen grandes extensiones (p.ej. Lloa, Pacto, Nanegalito o Nanegal). De la misma manera, parroquias como Pintag y Pifo, de amplia extensión, merecen especial atención debido a que su territorio incluye el inicio de la vertiente oriental que desemboca hacia la provincia de Napo. Ambas parroquias han registrado hasta el momento apenas dos especies, a pesar de que conservan amplios remanentes de vegetación en el extremo oriental que no han sido estudiados y que, probablemente, deberían ser incluidos en estudios de biodiversidad.

En las parroquias urbanas Argelia, Chilibulo, Chimbacalle, Concepción, Cotocollao, ecuatoriana, Ferroviaria, Guamaní, Jipijapa, La Libertad, Magdalena, Mena, Puengasí, Quitumbe, San Juan, Solanda y Turubamba también hay ausencia de reportes de especies de ofidios. No obstante, en estas parroquias, la ausencia está relacionada con el acelerado crecimiento urbano, que ha disminuido

drásticamente los remanentes de bosque naturales e intervenidos que hace algunos años eran más representativos.

Al tratarse de un estudio preliminar, los resultados pueden variar en la medida que nuevas investigaciones sean realizadas dentro del DMQ. Sin embargo, este estudio presenta aportes significativos para el conocimiento de la diversidad de la fauna ofidia del DMQ. Por ejemplo, un 25% de las 40 especies son reportadas por primera vez: *Chironius exoletus*, *C. flavopictus*, *Dendrophidion brunneum*, *D. clarki*, *D. prolixum*, *Drymarchon melanurus*, *Leptodeira septentrionalis ornata*, *Leptophis depressirostris*, *Oxyrhopus petolarius* y

Tantilla insulamontana. Adicionalmente, once especies reportadas en el DMQ registran una ampliación del rango altitudinal con respecto a su distribución en Ecuador: *Chironius exoletus*, *C. flavopictus*, *C. grandisquamis*, *Dendrophidion clarki*, *Dipsas gracilis*, *D. temporalis*, *Erythrolamprus mimus micrurus*, *Leptophis depressirostris*, *Saphenophis boursieri*, *Sibon nebulata leucomelas* y *Tantilla insulamontana*. La ampliación del rango altitudinal es más notable en *Chironius flavopictus*, *Dipsas temporalis*, *Saphenophis boursieri* y *Sibon nebulata leucomelas*, cuya elevación se incrementa en más de 600 m (Tabla 3).

Tabla 3. Especies reportadas en el Distrito Metropolitano de Quito DMQ con ampliación en su rango altitudinal en Ecuador (referencias para Ecuador, entre corchetes)

Especies	Ecuador: rango máximo	DMQ: rango máximo	Rango de ampliación
<i>Chironius exoletus</i>	< 2167 m [21,27]	2729 m	562 m
<i>Chironius flavopictus</i>	< 750 m [4,21]	1500 m	750 m
<i>Chironius grandisquamis</i>	< 1600 m [4,21]	1800 m	200 m
<i>Dendrophidion clarki</i>	< 1400 m [33]	1600 m	200 m
<i>Dendrophidion prolixum</i>	< 900 m [34]	1450 m	550 m
<i>Dipsas gracilis</i>	< 1250 m [38–40]	1600 m	350 m
<i>Dipsas temporalis</i>	< 1000 m [4,38]	1800 m	800 m
<i>Erythrolamprus mimus micrurus</i>	< 1185 [4]	1500 m	315 m
<i>Leptophis depressirostris</i>	< 1000 m [20]	1600 m	600 m
<i>Saphenophis boursieri</i>	< 2500 m [20,53,54]	3316 m	816 m
<i>Sibon nebulata leucomelas</i>	<1800 m [20,38,55]	2900+ m	1100 m
<i>Tantilla insulamontana</i>	< 2100 [22]	2300 m	200 m

Las serpientes del DMQ habitan en cuatro de once regímenes bioclimáticos [3], en altitudes entre 900 y 3300 m de altitud (Fig. 2). Un primer grupo de seis especies se encuentra en áreas de transición entre bosques siempreverdes de tierras bajas y bosques siempreverdes piemontanos, que se encuentran en la parroquia de Nanegalito y la parte baja de Pacto; cuatro de ellas corresponden a la familia *Viperidae* (*Bothriechis schlegelii*, *Bothrocophias campbelli*, *Bothrops asper* y *Porthidium nasutum*). Otro grupo, el de mayor tamaño, corresponde a 37 especies que se encuentran entre los bosques siempreverde piemontanos y los bosques siempreverde montanos; la mayoría de ellas vive en simpatria en las parroquias de Nanegal, Nanegalito, Pacto, Gualea, Lloa, la parte baja de Calacalí, Nono y San José de Minas. Un tercer grupo habita en bosques siempreverdes montanos bajos, bosques de

niebla montanos y valles interandinos, que se encuentran en 25 parroquias rurales y en todas las parroquias urbanas: *Atractus modestus*, *Chironius exoletus*, *Dipsas elegans*, *Erythrolamprus epinephelus*, *Lampropeltis* cf. *micropholis*, *Mastigodryas* cf. *boddaerti*, *M. pulchriceps*, *Saphenophis boursieri*, *Sibon nebulata* y *Tantilla insulamontana*. Finalmente, hay un grupo de serpientes que habita páramos y bosques siempreverdes montanos altos: *E. epinephelus* y *S. boursieri*, encontradas en las parroquias de Pintag y Nono, respectivamente. La relación entre los patrones de distribución observados en el DMQ difiere, en algunos casos, con respecto a la distribución de las especies en Ecuador. Por ejemplo, el rango de distribución altitudinal se solapa en la mayoría de especies reportadas en el DMQ (p. ej. *Mastigodryas pulchriceps*) respecto a su distribución en Ecuador, mientras en otros

casos son exclusivos del DMQ, lo que amplía de manera significativa el rango altitudinal de la especie (p. ej. *Chironius exoletus* y *Sibon*

nebulata leucomelas) o el rango de distribución geográfica (p. ej. *Tantilla insulamontana*) (Fig. 2).

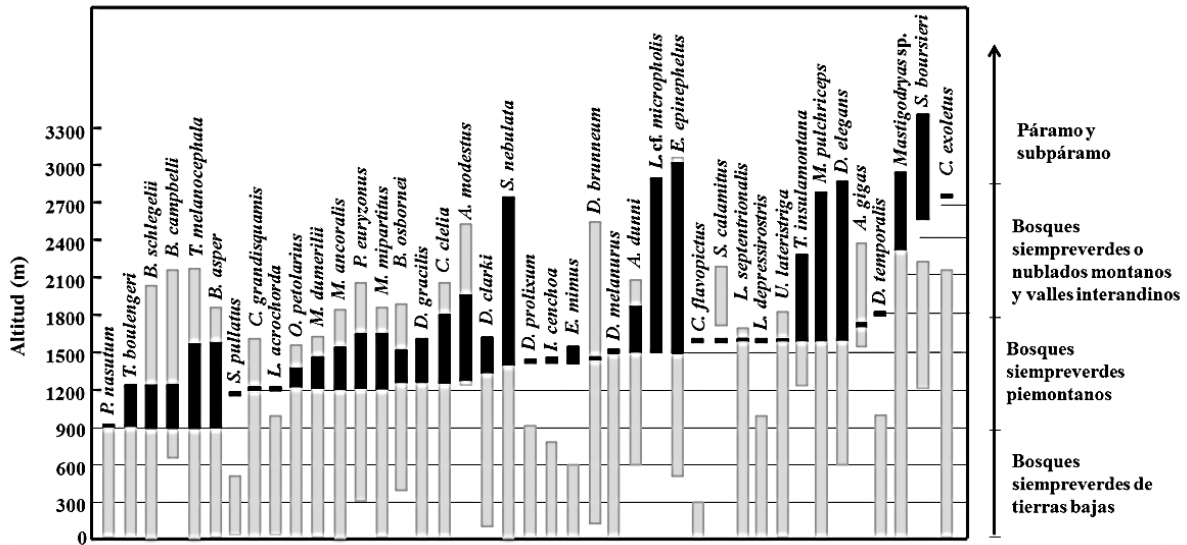


Figura 2. Distribución altitudinal y ecológica de las especies reportadas en el Distrito Metropolitano de Quito DMQ (barras negras), y su representación dentro del rango altitudinal a nivel nacional (barras grises)

La distribución altitudinal también requiere un análisis particular de especies o grupos. Las serpientes venenosas de las familias *Elapidae* y *Viperidae* se encuentran en altitudes que no superan los 1700 m. *Micrurus ancoralis* (para elápidos) y *Bothrops asper* (para vipéridos) hasta el momento se encuentran en el pico máximo altitudinal, a los 1600 m. Ambas especies han sido reportadas a lo largo de las estribaciones de los Andes en rangos entre 0 y 2000 m de altitud [23], por lo que es probable que estas especies también sean encontradas en este rango máximo en el DMQ, en las parroquias de Nanegalito, Nanegal, Gualea, Pacto y San José de Minas. Adicionalmente, hay especies que presentan amplios rangos altitudinales, como *Dipsas elegans*, *Erythrolamprus epinephelus*, *Lampropeltis* cf. *micropholis*, *Mastigodryas pulchriceps* y *Sibon nebulata*, que habitan altitudes entre 1400 y 3100 m. Todas estas especies se encuentran ampliamente distribuidas en la mayoría de parroquias rurales y en parte de las parroquias urbanas entre 2700 y 2900 m de altitud. Un caso singular es el reporte de *Chironius exoletus* en la parroquia de Nono DMQ, en las parroquias de Nanegalito, Nanegal, Gualea, Pacto y San José de Minas. Adicionalmente, hay especies que presentan amplios rangos altitudinales, como *Dipsas elegans*, *Erythrolamprus epinephelus*, *Lampropeltis* cf. *micropholis*,

Mastigodryas pulchriceps y *Sibon nebulata*, que habitan altitudes entre 1400 y 3100 m. Todas estas especies se encuentran ampliamente distribuidas en la mayoría de parroquias rurales y en parte de las parroquias urbanas entre 2700 y 2900 m de altitud. Un caso singular es el reporte de *Chironius exoletus* en la parroquia de Nono a 2729 m, que amplió su rango previsto (0-2167 m) más de 600 m [21,27]. En la parroquia de Nono hay remanentes de bosques de transición entre bosque nublados y subtropicales, entre 1800 y 2200 m, donde esta especie podría habitar. Sin embargo, en altitudes superiores a 2600 y hasta 2900 m hay una representatividad de bosques altoandinos que no corresponde a ningún hábitat conocido para esta especie (Tabla 3).

En las parroquias urbanas con climas templados y característicos de ambientes andinos, hay escasos registros de especies como *Lampropeltis* sp. (cf. *micropholis*), *Mastigodryas pulchriceps* y *Sibon nebulata*; sin embargo, estas suelen ser más abundantes en los valles interandinos de Quito, como Guayllabamba, Tumbaco y Cumbayá, donde el clima suele ser ligeramente más cálido y donde los remanentes de bosque nativo y bosque de eucalipto son más extensos. Dentro de las parroquias urbanas son más frecuentes los registros de *Erythrolamprus epinephelus*

albiventris y *Dipsas elegans*, especies que podrían tener mayor adaptabilidad a ecosistemas urbanos, y que también han sido reportadas en mayor número en parroquias rurales, a diferentes altitudes y con diferentes condiciones ambientales y ecológicas. Ambas especies han sido reportadas en bosques siempreverdes piemontanos y bosques siempreverdes montanos bajos (p. ej. Nanegal, Nanegalito y Pacto), bosques de niebla montanos (p. ej. San José de Minas y Gualea) y bosques siempreverdes montanos altos (p. ej. Pintag y Nayón).

El índice de similitud revela que hay algunas parroquias completamente similares (SI=1.0) (p. ej. Checa y Amaguaña, Quinche y Amaguaña, Checa y Quinche). Estos valores se explican porque usualmente estas parroquias tienen bajos valores de riqueza y abundancia, con una o dos especies y el mismo número de individuos, que se comparten entre sí. No obstante, estos valores también indican que la baja diversidad y abundancia es relativa, debido a que estas parroquias requieren esfuerzos adicionales de muestreo para conocer la diversidad de fauna que presentan. De hecho, los mayores valores de similitud (entre 0.7 y 1.0) se registran en localidades con un número reducido de especies e individuos, usualmente en parroquias ubicadas en bosques nublados montanos y bosques siempreverdes montanos altos, sobre los 2500 m de altitud (Fig. 3)

Especies de ofidios introducidas al DMQ

La introducción accidental o deliberada de especies exóticas o invasivas suele tener efectos catastróficos en especies nativas [69–72]. Estas introducciones pueden producirse a nivel local, entre regiones o ecosistemas, e incluso altitudinalmente [72]. Por ejemplo, dentro del DMQ, se han reportado poblaciones de *Sibon nebulata leucomelas* en ocho parroquias a elevaciones entre 2700 y 3100 m. En un contexto global, esta subespecie se distribuye en bosques húmedos tropicales y subtropicales desde Panamá hasta Ecuador bajo los 1800 m [4,20,38,55,73–77]. En Ecuador, habitan en la parte occidental, hasta los 1750 m [4,20,38,55]. Se presume que las poblaciones de *S. n. leucomelas* pudieron haber sido introducidas accidentalmente en algunas parroquias del DMQ debido a que: 1) los registros históricos locales y regionales indican un rango altitudinal

bajo los 1800 m de altitud en bosques húmedos tropicales y subtropicales al oeste de los Andes [4,20,38,55], con algunas poblaciones en los bosques secos en la provincia de Manabí [38]; 2) colecciones históricas en parroquias del DMQ —como Perucho o Calacalí [18,35–37]— no han revelado especímenes de *S. n. leucomelas*; 3) se presume una introducción reciente dado que el primer registro fue realizado en septiembre de 1993 (FHGO 1124); y 4) poblaciones de *S. n. leucomelas* han sido reportadas usualmente en remanentes de bosque natural [5,43], mientras que en las parroquias del DMQ han sido encontradas dentro de ecosistemas urbanos, en alguna carretera o en terrenos baldíos donde ha habido remoción de vegetación o tierra.

La presencia de *S. n. leucomelas* en algunas localidades del DMQ no significa que haya poblaciones naturalizadas. Sin embargo, dos especímenes recolectados en Calacalí y Cochapamba (FHGO 5512, 5755) son hembras grávidas, lo que indica la probabilidad de cópula con machos en condiciones naturales. Al ser una serpiente que se alimenta de moluscos (p. ej. caracoles) [78], se ha observado que pueden ser mantenidas durante varios años en condiciones de cautiverio, alimentadas fácilmente con babosas colectadas en jardines (K. Garzón–Tello *obs. pers.*). Esto sugeriría que existe la posibilidad de naturalización de esta subespecie en Quito.

No obstante, la mayoría de las especies de ofidios que han sido introducidas accidentalmente al DMQ no llegan a adaptarse o naturalizarse. Por el contrario, los encuentros con estos animales demuestran un acelerado deterioro físico o, en el peor de los casos, son irremediamente sacrificados por las personas que las encuentran. Hasta el momento, quince especies de ofidios se han registrado en parroquias urbanas del DMQ, completamente fuera de su distribución geográfica y altitudinal natural. Nueve de esas especies se han encontrado al occidente de Ecuador; seis prefieren los bosques siempreverdes de las tierras bajas del Chocó, al noroccidente de Ecuador: *Boa constrictor imperator*, *Corallus blombergi*, *Dipsas andiana*, *Leptodeira septentrionalis*, *Drymarchon melanurus* y *Pseustes shropshirei*; y, dos habitan en bosques deciduos de tierras bajas o montanos: *D. ellipsifera* y *Mastigodryas reticulatus*. Seis

especies se distribuyen al este de los Andes, usualmente en bosques siempreverdes de tierras bajas o bosques siempreverdes montanos bajos de la Amazonía: *Atractus snethlegeae*, *B. c. constrictor*, *Dipsas indica*, *Epicrates cenchria*, *Leptodeira annulata* y *Oxyrhopus petolarius*.

Estas introducciones se pueden producir a través de varias vías: 1) ingreso de productos que se cultivan en áreas tropicales y subtropicales hacia las parroquias urbanas de Quito; 2) por el tráfico ilícito de fauna para su uso como mascotas o para comercializar productos derivados de elementos constitutivos de alguna parte del animal (p. ej. grasa); 3) en vehículos motorizados procedentes de localidades tropicales y subtropicales; y 4) por el encuentro casual de estos animales en carreteras interprovinciales del país. En el primer caso, el encuentro de ofidios ocurre en centros de abastos de frutas y verduras o dentro de camiones de carga de estos productos, especialmente en racimos de bananas (*Musa paradisiaca*). Algunas de las especies encontradas bajo estas condiciones incluyen a *Boa c. constrictor* (n = 4), *Boa c. imperator* (n = 13), *Leptodeira septentrionalis* (n = 3), *Corallus blombergi*, *Drymarchon corais* y *Leptodeira annulata* (n = 1). Los registros de ofidios en plantaciones de banana han sido motivo de análisis en otros estudios. Por ejemplo, Henderson y Powell [79] encontraron 21 especies de ofidios de un total de 106 en plantaciones de siete islas del Caribe, y argumentan que su presencia puede deberse a la abundancia de algunas presas (p. ej. anfibios, saurios y roedores). En su estudio encuentran, además, que el 100% de las especies en los géneros *Boa* y *Corallus* y 22% en el género *Epicrates* distribuidas en esas islas en el Caribe han sido reportadas en plantaciones de banana. Estos tres géneros de serpientes también han sido introducidos accidentalmente en el DMQ, con frecuencia a través de racimos de bananas comercializados en los mercados de abastos de la ciudad.

Sin embargo, el principal problema de introducción de especies se genera por el comercio interno e ilegal de ofidios. *Boa constrictor constrictor* y *B. c. imperator* históricamente han sido dos de las especies más comercializadas a nivel nacional [80]. En el DMQ ambas especies también se encuentran entre las más comercializadas (n=38 y 59,

respectivamente) entre los años 1993 y 2014. El comercio de estos animales y sus elementos constitutivos fue más evidente en los años 1990 y a inicios de la primera década del siglo actual [90]. Actualmente su comercio es imperceptible o nulo. Como derivado del tráfico de ofidios dentro del DMQ, algunas especies se han encontrado en parques, calles o jardines de casas, presumiblemente luego de escapar de casas aledañas—donde pudieron ser retenidas como mascotas—o de vehículos que ingresaron a la ciudad de otras provincias. En este grupo están *Boa c. constrictor* (n=21), *Boa c. imperator* (n=26), *Drymarchon melanurus*, *Leptodeira septentrionalis* (n = 2), *Atractus snethlegeae*, *Epicrates cenchria*, *Dipsas andiana*, *D. ellipsifera*, *D. indica*, *Mastigodryas reticulatus*, *Oxyrhopus petolarius* y *Pseustes shroepshirei* (n = 1).

Endemismo, estado de conservación y amenazas a la fauna ofidia del DMQ

El 44% de las especies reportadas en el DMQ tiene amplia distribución en la región neotropical: el 10% corresponde a especies típicas del Chocó distribuidas entre los países de Panamá, Colombia y Ecuador; el 7% se encuentra distribuido a lo largo del occidente de Ecuador y norte de Perú, incluida parte de la región tumbesina; y el 19% de las especies son endémicas de Ecuador. Probablemente *Lampropeltis* sp. (cf. *micropholis*) sea la única especie endémica del DMQ, debido a que los actuales registros nacionales la ubican únicamente en esta zona. De acuerdo a la evaluación del estado de conservación de reptiles de Ecuador propuesta por Carrillo et al. [81], la mayoría de especies reportadas en el DMQ se encuentra en categoría Casi Amenazada (29%) o Preocupación Menor (24%); tres especies se encuentran seriamente amenazadas, una (*Tantilla insulamontana*) en categoría Peligro Crítico (2%) y dos (*Lampropeltis* sp. [cf. *micropholis*] y *Bothrocophias campbelli*) En Peligro (5%) (Fig. 4). Ambas especies tienen registros en áreas protegidas del DMQ: la primera ha sido encontrada en la Reserva Geobotánica Pululahua, mientras que la segunda se ha reportado en la Reserva Maquipucuna y en el Bosque Protector Mashpi. *Lampropeltis* sp. (cf. *micropholis*) tiene categoría de amenaza En Peligro [81] (Fig. 4). Sin embargo, las poblaciones del DMQ sobre los 1500 m de

altitud difieren de las poblaciones de las tierras bajas del occidente. Por tanto, consideramos a las poblaciones de elevaciones mayores como No Evaluadas, debido a que su actual estatus taxonómico debe ser clarificado.

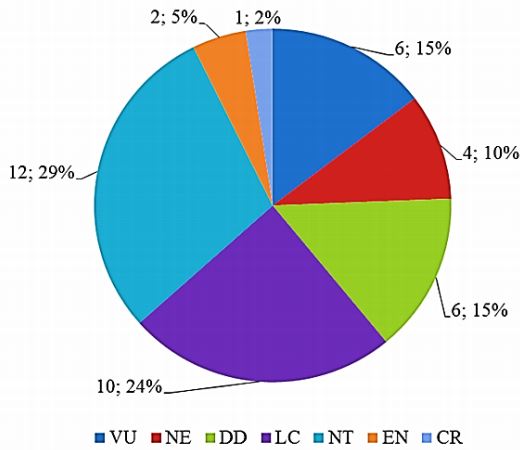


Figura 4. Categorías de amenaza local para las serpientes del Distrito Metropolitano de Quito DMQ [81]. Nomenclatura: DD = Datos Deficientes, CR = En Peligro Crítico, EN = En Peligro, LC = Preocupación Menor, NE = No Evaluado, NT = Casi Amenazado, VU = Vulnerable.

Las principales amenazas a la herpetofauna y, en general, a la diversidad biológica del DMQ son las siguientes: 1) el cambio en el uso del suelo para cubrir la demanda habitacional y la ampliación de la frontera agrícola; 2) la

deforestación de bosques nativos y la fragmentación de hábitats; 3) la construcción de infraestructura en ecosistemas frágiles; 4) la contaminación y presión sobre acuíferos, cauces hídricos y suelo; 5) la contaminación industrial y domiciliar y las actividades mineras dentro de ecosistemas con alta biodiversidad; 6) la cacería y el tráfico de especies silvestres; y 7) la variabilidad climática, que ha originado la reducción de los caudales naturales y de la calidad del agua [2]. Esta amenaza es más crítica en las parroquias urbanas, que representan el 7.6% del territorio, pero concentran cerca del 72% de la población, y donde, además, las áreas verdes y protegidas son reducidas [15].

A pesar de los esfuerzos para conocer la diversidad de anfibios y reptiles del DMQ [4], aún falta mucho trabajo por hacer. Los resultados obtenidos en este estudio reflejan que hay algunas localidades que necesitan ser investigadas con mayor detenimiento y otras que deben ser incorporadas, en un esfuerzo por conocer la mayoría de especies que habitan en el DMQ. Esperamos, de esta manera, que esta información ayude a dar a conocer la diversidad de fauna ofidia dentro del DMQ y sirva de aporte para futuros trabajos, y también que sirva para generar acciones encaminadas a la protección de estos animales, que probablemente están amenazados en igual o mayor proporción que otros grupos de fauna.

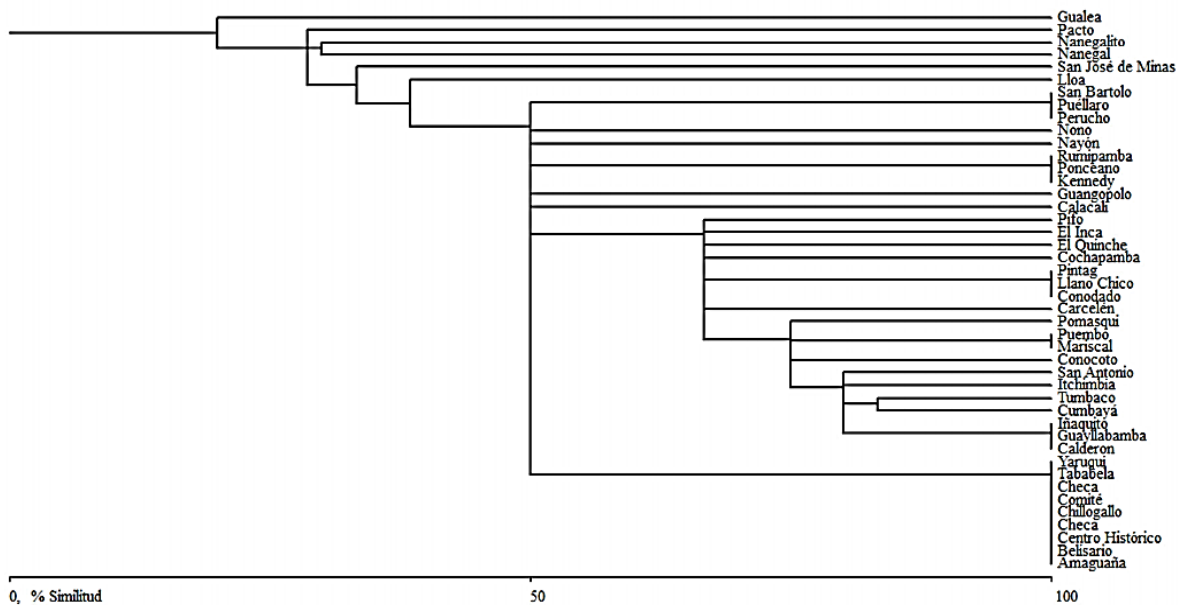


Figura 3. Análisis de similitud *cluster* basado en el coeficiente de Jaccard para la fauna ofidia en las parroquias del Distrito Metropolitano de Quito DMQ

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todo el personal de la Fundación Herpetologica Gustavo Orcés y Vivarium de Quito, por el apoyo en el desarrollo de esta investigación en varias localidades; especialmente a A. López, J. M. Touzet y A. M. Velasco, quienes colaboraron durante varios años en actividades de recopilación de información de ofidios del DMQ. También agradecemos a M. Yáñez-Muñoz, por ayudarnos con información sobre algunos ofidios del DMQ; a J. Domínguez y V. Cuenca, por aportar con información sobre serpientes del DMQ en cautiverio; a S. Arciniegas, por el apoyo y asesoramiento en la elaboración de los mapas temáticos; y a todos los estudiantes y profesionales de biología que digitalizaron la información sobre ofidios del DMQ en el transcurso de esta investigación, especialmente a M. Alcocer-Villagómez, P. Baldeón, A. Barahona, M. Dueñas y F. Valladares. Por la coordinación y asistencia en el trabajo de campo en diferentes localidades, agradecemos a M. Alcocer-Villagómez, D. Chungandro, G. Collahuazo, M. Dueñas, P. Oña, E. Ramos, D. Valencia-Garzón y B. Witteveen. Por el permitir el uso de varias imágenes que constan en este documento, queremos agradecer a M. Alcocer-Villagómez (MAV), R. Betancourt (RMB), Manuel Dueñas (MD), P. Oxford (PO), E. Smith (ENS), J. M. Touzet (JMT) y M. Yáñez-Muñoz (MYM). Los permisos de investigación y colección fueron proporcionados por el Ministerio del Ambiente: N.º 012-08 IC-FAU-DNBAPVS/MA. Esta investigación fue financiada parcialmente por la Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, Vivarium de Quito y The Nature Conservancy.

REFERENCIAS

- [1] MDMQ-Secretaría de Ambiente. (2011). *Memoria técnica del mapa de cobertura vegetal del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)*. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- [2] MECN-SA (DMQ). (2010). *Áreas naturales del Distrito Metropolitano de Quito: Diagnóstico bioecológico y socioambiental*. Reporte Técnico N.º 1. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN).
- [3] MECN. (2009). *Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)*. Publicación Miscelánea N.º 6. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN)-Fondo Ambiental del MDMQ.
- [4] Yáñez-Muñoz, M. H., Meza-Ramos, P. A., Ramírez, S. M., Reyes-Puig, J. P. & Oyagata, L. A. (2009). Anfibios y reptiles del Distrito Metropolitano de Quito. En MECN, *Guía de campo de los pequeños vertebrados del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)* (pp. 8-52). Publicación Miscelánea N.º 5. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN)-Fondo Ambiental del MDMQ.
- [5] Yáñez-Muñoz, M. H., Meza-Ramos, P., Cisneros-Heredia, D. F. & Reyes-Puig, J. P. (2010). Descripción de tres nuevas especies de ranas del género *Pristimantis* (Anura: Terrarana: Craugastoridae) de los bosques nublados del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), B16-B27. doi: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v2i3.40>
- [6] Valencia, J. H., Bejarano-Muñoz, E. P. & Yáñez-Muñoz, M. H. (2013). Una nueva especie de rana *Pristimantis* verde (Anura: Craugastoridae) de los bosques andinos del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *Herpetotropicos*, 9, 25-35.
- [7] Yáñez-Muñoz, M. H. & Bejarano-Muñoz, P. (2013). Lista actualizada de ranas terrestres *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) en las estribaciones occidentales del Distrito Metropolitano de Quito, Andes de Ecuador. *Boletín Técnico Serie Zoología*, 11(8-9), 125-150.
- [8] Rojas-Runjaic, F., Delgado, A. & Guayasamin, J. M. (2014). A new rainfrog of the *Pristimantis myersi* Group (Amphibia, Craugastoridae) from Volcan Pichincha, Ecuador. *Zootaxa*, 3780, 36-50. doi: <http://doi.org/10.11646/zootaxa.3780.1.2>.
- [9] Arteaga-Navarro, A. F., Yáñez-Muñoz, M. H. & Guayasamin, J. M. (2013). Una nueva rana del grupo de *Pristimantis lacrimosus* (Anura: Craugastoridae) de

- los bosques montanos del noroeste de Ecuador. Addendum. En A. F. Arteaga-Navarro, L. M. Bustamante & J. M. Guayasamin, *The Amphibians and Reptiles of Mindo, The life in the cloud forest* (pp. 257). Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- [10] Guayasamin, J., Krynak, T., Krynak, K., Culebras, J. & Hutter, C. R. (2015). Phenotypic plasticity raises questions for taxonomically important traits: A remarkable new Andean rainfrog (*Pristimantis*) with the ability to change skin texture. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 173(4), 913-928. doi: <http://doi.org/10.1111/zoj.12222>.
- [11] Yáñez-Muñoz, M. H., Reyes-Puig, C., Bejarano-Muñoz, P. & Ron, S. R. (2015). Otra nueva especie de rana *Pristimantis* (Anura: Terrarana) de las estribaciones occidentales del Volcán Pichincha, Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 7(2), B52-B60. doi: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v7i2.257>
- [12] Torres-Carvajal, O. & Lobos, S. E. (2014). A new species of *Alopoglossus* lizard (Squamata, Gymnophthalmidae) from the tropical Andes, with a molecular phylogeny of the genus. *Zookeys*, 410, 105-120. doi: <http://doi.org/10.3897/zookeys.410.7401>.
- [13] Montingelli, G. G., Valencia, J. H., Benavides, M. A. & Zaher, H. A. (2011). Revalidation of *Herpetodryas reticulata* (Peters, 1863) (Serpentes: Colubridae) from Ecuador. *South American Journal of Herpetology*, 6(3), 189-197. DOI: <http://dx.doi.org/10.2994/057.006.0304>.
- [14] INEC. (2010). *Resultados del Censo 2010 de Población y Vivienda en el Ecuador. Fascículo Provincial Pichincha*. Quito: INEC.
- [15] MDMQ. (2011). *Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Plan de Desarrollo 2012-2022*. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- [16] DGMI. (2011). *Mapa de división política y administrativa (parroquias urbanas y rurales). 1:20 000*. Quito: Dirección Metropolitana de Gestión de Información del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- [17] Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito: MAE.
- [18] Savage, J. M. (1960). A revision of the Ecuadorian snakes of the colubrid genus *Atractus*. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan*, 112, 1-86.
- [19] Peters, J. A. & Orejas-Miranda, B. (1970). Catalogue of the Neotropical Squamata. Part I. Snakes. *Bulletin of the United States National Museum*, 297, 1-347.
- [20] Pérez-Santos, C. & Moreno, A. G. (1991). Serpientes del Ecuador. *Monografía, Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino*, 11, 1-538.
- [21] Dixon, J. R., Wiest Jr., J. A. & Cei, J. M. (1993). Revision of the Neotropical snake genus *Chironius* Fitzinger (Serpentes, Colubridae). *Monografía, Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino*, 13, 1-280. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/21564574.1996.9649961>
- [22] Wilson, L. D. & Mata-Silva, V. (2015). A checklist and key to the snakes of the *Tantilla* clade (Squamata: Colubridae), with comments on taxonomy, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology*, 2, 418-498.
- [23] Valencia, J. H., Garzón-Tello, K. & Barragán-Paladines, M. E. (2016). *Serpientes venenosas de Ecuador: sistemática, taxonomía, historia natural, conservación, envenenamientos y aspectos antropológicos*. Quito: Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, Universidad de Texas, Fondo Ambiental Nacional.
- [24] Pisani, G. R. (1973). A guide to preservation techniques for amphibians and reptiles. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. *Herpetological Circular*, 1, 1-22.
- [25] Cisneros-Heredia, D. F. (2005). Rediscovery of the Ecuadorian snake *Atractus dunnii* (Savage, 1995) (Serpentes: Colubridae). *Journal of the National Museum, Natural History Series*, 174, 87-114.
- [26] Myers, C. W. & Schargel, W. E. (2006). Morphological extremes, two new snakes of the genus *Atractus* from

- northwestern South America (Colubridae: Dipsadinae). *American Museum Novitates*, 3532, 1-13. doi: [http://dx.doi.org/10.1206/0003-0082\(2006\)3532](http://dx.doi.org/10.1206/0003-0082(2006)3532) [1: MENSOT]2.0.CO;2.
- [27] Arteaga, A., Bustamante, L. & Guayasamin, J. M. (2013). *The amphibians and reptiles of Mindo. Life in the Cloudforest*. Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- [28] Passos, P., Dobiey, M. & Venegas, P. (2010). Variation and natural history notes on giant groundsnake *Atractus gigas* (Serpentes: Dipsadidae). *South American Journal of Herpetology*, 5(2), 73-82. doi: <http://dx.doi.org/10.2994/057.005.0201>
- [29] Tolhurst, B., Peck, M., Morales, J., Cane, T. & Recchio, I. (2010). Extended distribution of a recently described dipsadini colubrid snake: *Atractus gigas*. *Herpetology Notes*, 3, 73-75.
- [30] Passos, P., Cisneros-Heredia, D. F. & Salazar-Valenzuela, D. (2007). Rediscovery and redescription of the rare Andean snake *Atractus modestus*. *Herpetological Journal*, 17, 1-6. doi: <http://doi.org/10.1.1.177.5710>.
- [31] Cisneros-Heredia, D. F., Kuch, U., Freire-Lascano, A. & Wüster, W. (2007). Reptilia, Squamata, Colubridae, *Clelia clelia*: Range extensions and new provincial records from Ecuador. *Check List*, 3, 280-281. doi: <http://dx.doi.org/10.15560/3.3.280>.
- [32] Cadle, J. E. (2010). Systematics, natural history and hemipenial morphology of *Dendrophidion brunneum* (Günther) (Serpentes: Colubridae), a poorly known snake from Andes of Ecuador and Peru. *Zootaxa*, 2433, 1-24.
- [33] Cadle, J. E. & Savage, J. A. (2012). Systematics of the *Dendrophidion nuchale* complex (Serpentes: Colubridae) with the description of a new species from Central America. *Zootaxa*, 3513, 1-50.
- [34] Cadle, J. E. (2012). Systematics of the Neotropical snake *Dendrophidion percarinatum* (Serpentes: Colubridae), with descriptions of two new species from western Colombia and Ecuador and supplementary data on *D. brunneum*. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 160(6), 259-344. DOI: <http://dx.doi.org/10.3099/0027-4100-160.6.259>.
- [35] Orcés, G. & Almedáriz, A. (1987). Sistemática y distribución de las serpientes Dipsadinae del grupo *oreas*. *Politécnica*, 12(4), 135-144.
- [36] Cadle, J. E. & Myers, C. W. (2003). Systematics of snakes referred to *Dipsas variegata* in Panama and western South America, with revalidation of two species and notes on defensive behavior in the Dipsadini (Colubridae). *American Museum Novitates*, 3409, 1-47.
- [37] Cadle, J. E. (2005). Systematics of snakes of the *Dipsas oreas* complex (Colubridae: Dipsadinae) in western Ecuador and Peru, with revalidation of *D. elegans* (Boulenger) and *D. ellipsifera* (Boulenger). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 158(3), 67-136. doi: [http://dx.doi.org/10.3099/0027-4100\(2005\)158](http://dx.doi.org/10.3099/0027-4100(2005)158) [67: SOSOTD]2.0.CO;2MECN. (2010). *Serie herpetofauna de Ecuador: El Chocó Esmeraldeño*. Serie de Publicaciones. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Monografía 5.
- [38] Harvey, M. B. & Embert, D. (2008). Review of Bolivian *Dipsas* (Serpentes: Colubridae), with comments on other South American species. *Herpetological Monographs*, 22, 54-105. doi: <http://dx.doi.org/10.1655/07-023.1>
- [39] Harvey, M. B. (2008). New and poorly known *Dipsas* (Serpentes: Colubridae) from Northern South America. *Herpetologica*, 64(4), 422-451. doi: <http://dx.doi.org/10.1655/07-068R1.1>.
- [40] Dixon, J. R. (1983). Systematics of the Latin American snake *Liophis epinephelus* (Serpentes: Colubridae). En A. G. J. Rhodin & K. Miyamata (eds.), *Advances in Herpetology and Evolutionary Biology* (pp. 132-149). Cambridge: Museum of Comparative Zoology, Harvard University.
- [41] Valencia, J. H. & Garzón, K. (2011). *Guía de anfibios y reptiles en ambientes cercanos a las Estaciones del OCP*. Quito: Fundación Herpetológica Gustavo Orcés.

- [42] Duellman, W. E. (1978). The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. *Miscellaneous Publication, Museum of Natural History, The University of Kansas*, 65, 1-352.
- [43] Cisneros–Heredia, D. F. (2003). Herpetofauna de la Estación de Biodiversidad Tiputini, Amazonía Ecuatoriana: Ecología de una comunidad taxonómicamente diversa con comentarios sobre metodologías de inventario. En S. De la Torre & G. Reck (eds.), *Ecología y Ambiente en el Ecuador: Memorias del I Congreso de Ecología y Ambiente, Ecuador, País Megadiverso*. CD. Universidad San Francisco de Quito.
- [44] Duellman, W. E. (2005). *Cusco Amazonico: The Lives of Amphibians and Reptiles in an Amazonian Rainforest*. Ithaca: Comstock Publishing Associates.
- [45] Cisneros–Heredia, D. F. (2006). Notes on the distribution and natural history of the Bluntheaded vine snake, *Imantodes cenchoa*, in Ecuador. *Herpetological Bulletin*, 97, 4-7.
- [46] Williams K. L. (1988). *Systematics and natural history of the American Milk Snake, Lampropeltis triangulum*. Milwaukee, WI: Milwaukee Public Museum.
- [47] Cisneros–Heredia, D. F. (2007). On the distribution and conservation of *Lampropeltis triangulum* (Lacépède, 1789) in Ecuador. *Herpetozoa*, 19(3/4), 182-183.
- [48] Roane, S., Bryson, R. W., Pyron, A. & Burbrink, F. T. (2013). Coalescent species delimitation in Milksnakes (Genus *Lampropeltis*) and impacts on phylogenetic comparative analyses. *Systematic Biology*, 63(2), 231-260. doi: <http://doi.org/10.1093/sysbio/syt099>.
- [49] Duellman, W. E. (1958). A monographic study of the colubrid snake genus *Leptodeira*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 114, 1-152.
- [50] Stuart, L. C. (1941). Studies of Neotropical Colubrinae. VIII. A revision of the genus *Dryadophis* Stuart, 1939. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan*, 49, 1-106.
- [51] Savage, J. M. & Crother, B. I. (1989). The status of *Pliocercus* and *Urotheca* (Serpentes: Colubridae), with a review of included species of coral snake mimics. *Zoological Journal of Linnean Society*, 95, 335-362. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1989.tb02315.x>.
- [52] Myers, C. W. (1973). A new genus for Andean snakes related to *Lygophis boursieri* and a new species (Colubridae). *American Museum Novitates*, 2522, 1-37.
- [53] Cisneros–Heredia, D. F. (2005). *Saphenophis boursieri* (NCN). Habitat, reproduction and diet. *Herpetological Review*, 36(1), 71.
- [54] Peters, J. A. (1960). The snakes of the Subfamily Dipsadinae. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan*, 114, 1-224.
- [55] Jadin, R. C., Burbrink, F. T., Rivas, G. A., Vitt, L. J., Barrio–Amorós, C. L. & Guralnick, R. P. (2013). Finding arboreal snakes in an evolutionary tree: phylogenetic placement a systematic revision of the Neotropical birdsnakes. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 52(3), 1-8. doi: <http://doi.org/10.1111/jzs.12055>.
- [56] Orcés, G. & Almendáriz, A. (1989). Acerca de la sistemática de *Spilotes megalolepis* Günther (Serpentes–Colubridae). *Politécnica*, 14(2), 69-73.
- [57] Pazmiño–Otamendi, G. (2014). *Spilotes pullatus*. En O. Torres–Carvajal, D. Salazar–Valenzuela & A. Merino–Viteri (eds.), *ReptiliaWebEcuador*. Versión 2013.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado de <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=3125>.
- [58] Günther, A. (1865). Fourth account of new snakes in the collection of the British Museum. *The Annals and Magazine of Natural History*, XV (3), 89-98.
- [59] Hillis, D. M. (1990). A new species of Xenodontine colubrid snake of the genus *Synophis* from Ecuador and the phylogeny of the genera *Synophis* and *Emmochliophis*. *Occasional Papers, Museum of Natural History, The University of Kansas*, 135, 1-9.

- [60] Pyron, R. A., Guayasamin, J. M., Peñafiel, N., Bustamante, L. & Arteaga, A. (2016). Systematics of Nothopsini (Serpentes, Dipsadidae) with a new species of *Synopsis* from the Pacific Andean slopes of southwestern Ecuador. *Zookeys*, 541, 109-147. doi: <http://doi.org/10.3897/zookeys.541.6058>.
- [61] Torres–Carvajal, O., Echevarría, L. Y., Venegas, P. J., Chávez, G. & Camper, J. D. (2016). Description and phylogeny of three new species of *Synopsis* (Colubridae, Dipsadinae) from the tropical Andes in Ecuador and Peru. *Zookeys*, 546: 153-179. doi: <http://doi.org/10.3897/zookeys.546.6533>.
- [62] Wilson, L. D. & Mena, C. E. (1980). Systematics of the *melanocephala* group of the colubrid snake genus *Tantilla*. *Memoirs of the San Diego Society of Natural History*, 11, 1-58.
- Cisneros–Heredia, D. F. (2004). *Trachyboa boulengeri* (Northern Eyelash Boa). *Herpetological Review*, 35(4), 413.
- [63] Peters, J. A. (1955). Herpetological type localities in Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Entomología*, 2(3-4), 335-352.
- [64] Meza–Ramos, P., Almedáriz, A. & Yáñez–Muñoz, M. H. (2010). Datos sobre la dieta de *Bothriechis schlegelii* (Berthold, 1846) (Serpentes–Viperidae) en el Occidente del Ecuador. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 9(6), 15-18.
- [65] Cisneros–Heredia, D. F. & Touzet, J. M. (2004). Distribution and conservation status of *Bothrops asper* (Garman, 1884) in Ecuador. *Herpetozoa*, 17(3/4), 135-141.
- [66] Torres–Carvajal, O., Salazar–Valenzuela D. & Merino–Viteri, A. (2015). *ReptiliaWebEcuador*. Versión 2013.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado de <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles>
- [67] McNeely, J. (2001). *The great reshuffling. Human dimensions of invasive alien species*. Gland: IUCN.
- [68] Shine, C., Williams, N. & Burhenne–Guilmin, F. (2000). *Legal and Institutional Frameworks on Alien Invasive Species: A contribution to the Global Invasive Species Programme Global Strategy Document*. Gland: IUCN Environmental Law Programme.
- [69] Shine, C., Williams, N. & Gündling, L. (2000). *A Guide to Designing Legal and Institutional Frameworks on Alien Invasive Species*. Gland: IUCN.
- [70] Kraus, F. (2009). *Alien reptiles and amphibians, a scientific compendium and analysis*. Dordrecht: Springer Science.
- [71] Kofron, C. (1990). Systematics of Neotropical gastropod–eating snakes: the *dimidiata* group of the genus *Sibon*, with comments on the *nebulata* group. *Amphibia–Reptilia*, 11(3), 207-223. DOI: 10.1163/156853890X00131.
- [72] Pérez–Santos, C. & Moreno, A. G. (1988). Ofidios de Colombia. *Monografie, Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, VI*, 1-517.
- [73] Jaramillo, C., Wilson, D. L., Ibáñez, R. & Jaramillo, F. (2010). The herpetofauna of Panama: Distribution and conservation status. En L. D. Wilson, J. H. Townsend, & J. D. Johnson (eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibians and reptiles* (pp. 604-672). Utah: Eagle Mountain Publishing.
- [74] MECN, Jocotoco & Ecominga. (2013). *Herpetofauna en áreas prioritarias para la conservación: El sistema de Reservas Jocotoco y Ecominga*. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), Monografía, 6.
- [75] Köhler, G., Lotzkat, S. & Hertz, A. (2010). A new species of *Sibon* (Squamata: Colubridae) from western Panama. *Herpetologica*, 66(1), 80-85. doi: <http://dx.doi.org/10.1670/76-05N.1>.
- [76] Ray, J. M., Montgomery, C. E., Mahon, H. K., Savitsky, H. A. & Lips, K. L. (2012). Goo–Eaters: Diets of the Neotropical Snakes *Dipsas* and *Sibon* in Central Panama. *Copeia*, 2, 197-202. doi: <http://dx.doi.org/10.1643/CH-10-100>.
- [77] Henderson, R. W. & Powell, R. (2001). Response by the West Indian herpetofauna to human–influenced resources. *Caribbean Journal of Science*, 37(1-2), 41-54.

- [78] Garzón, K. & Montoya, G. (2003). *Plan estratégico para el control del tráfico ilícito de fauna silvestre en el Ecuador*. Tesis de Licenciatura. Universidad Central del Ecuador. Quito.
- [79] Carrillo, E., Aldás, S., Altamirano, M., Ayala, F., Cisneros, D., Endara, A., Márquez, C., Morales, M., Nogales, F., Salvador, P., Torres, M. L., Valencia, J., Villamarín, F., Yáñez, M. & Zárate, P. (2005). *Lista Roja de los Reptiles de Ecuador*. Quito: Fundación Novum Milenium, UICN–Sur, UICN–Comité Ecuatoriano, Ministerio de Educación y Cultura, Serie Proyecto PEEPE.

MATERIALES SUPLEMENTARIOS

Datos S1. Datos de localidades de colección mencionadas en el texto.

Parroqui Amaguaña: Amaguaña (0.381159°S, 78.503607°W; 2613 m); Calacalí: Bosque Nublado Santa Lucía (0.115689°S, 78.593539°W; 1727 m), Calacalí (0.001142°N, 78.516389°W; 2831 m), Montecristi (0.052361°N, 78°59'23.61°W; 2589 m), Reserva El Cedral (0.020800°N, 78.553502°W; 2664 m), Reserva Geobotánica Pululahua (0.038000°N, 78.463000°W; 3140 m); Calderón: km 12 ½, Calderón (0.096049°S, 78.424033° W; 2684), Carapungo (0,095917°S, 78.45068°W; 2640 m), Carretas (0.111935°S, 78.447976°W; 2648), Marianitas (0.082610°S, 78.418303°W; 2702 m); Carcelén: Carcelén (0.087530°S, 78.468922°W; 2739 m), Carcelén Bajo (0.074312°S, 78.462406°W; 2604 m), Colegio Americano (0.084328°S, 78.464893°W; 2710 m), Los Mastodontes (0.080810°S, 78.463325°W; 2672 m); Centro Histórico: El Panecillo (0.230318°S, 78.519230°W; 2987 m), San Roque (0.218876°S, 78.524804°W; 3025 m); Checa: vía al Quinche (0.132974°S, 78.297613°W; 2689 m); Chillogallo: Barrio Eugenio Espejo (0.285853°S, 78.570590°W; 2953 m); Cochapampa: Av. Antonio José de Sucre (0.142699°S, 78.500369°W; 2879 m), Chaupicruz (0.160263°S, 78.503606°W; 2978 m), El Bosque (0.163674°S, 78.499340°W; 2943 m), Iñaquito Alto (0.172885°S, 78.505027°W; 2993 m); Condado: Colinas del Norte (0.090439°S, 78.507812°W; 2689 m), Cooperativa Roldós Aguilera (0.085199°S, 78.505737°W; 2835 m), San Enrique Velasco (0.101810°S, 78.510723°W; 2843 m); Comité del Pueblo: Comité del Pueblo (0.121261°S, 78.460985°W; 2775 m); Conocoto: Autopista General Rumiñahui (0.289612°S, 78.465620°W; 2457 m), Conocoto (0.292463°S, 78.478125°W; 2537 m), Hacienda Santa Isabel (0.333366°S, 78.484735°W; 2529 m), Barrio La Colina (0.2900063°S, 78.473761°W; 2545 m); Cumbayá: Cumbayá (0.199698°S, 78.433533°W; 2369 m), Jardines del Este (0.195994°S, 78.432577°W; 2383 m), Miravalle (0.206363°S, 78.489174°W; 2838 m), La Primavera (0.215152°S, 78.432039°W; 2366 m), Lomas de Cumbayá (0.221007°S, 78.433832°W; 2389 m), Lumbisí (0.218316°S, 78.444453°W; 2417 m), Pillahua (0.197508°S, 78.421339°W; 2346 m), río Machangara (0.188871°S, 78.433674°W; 2329 m), río San Pedro (0.219039°S, 78.425946°W; 2312 m), San Roque (0.192175°S, 78.472243°W; 2821 m), Valles de Cumbayá (0.204813°S, 78.453825°W; 2566 m), vía a San Patricio (0.216143°S, 78.443901°W; 2419 m), Yanayacu (0.196886°S, 78.435718°W; 2399 m); El Inca: Monteserrín (0.156799°S, 78.462406°W; 2868 m), Capitán Ramos y Morlán (0.139708°S, 78.473875°W; 2855 m); El Quinche: El Quinche (0.110884°S, 78.294594°W; 2647 m), La Victoria (0.115022°S, 78.293660°W; 2662 m); Guayllabamba: Bosque Seco Nueva Esperanza (0.056468°S, 78.370687°W; 2247 m), cerca del río Pisque (0.001864°S, 78.305762°W; 2449 m), Guayllabamba (0.064298°S, 78.352150°W; 2134 m), La Victoria (0.0500012°S, 78°31'67.22°W; 2238 m); Gualea: El Porvenir (0.084575°S, 78.736506°W; 1512 m), Gualea (0.084712°N, 78.735272°W; 1539), Loma Las Islas (0.076385°N, 78.738007°W; 1617 m); Guangopolo: km 3 ½, Guangopolo (0.261298°S, 78.455664°W; 2408 m), Central Térmica Gualberto Hernández (0.270655°S, 78.451384°W; 2441 m); Iñaquito: Av. Shyris e Isla Floreana (0.168020°S, 78.479452°W; 2783 m), González Suárez y Bosmediano (0.187619°S, 78°47'67.65°W; 2822 m), La Vicentina (0.217079°S, 78.488691°W; 2804 m), Parque La Carolina (0.184349°S, 78.485138°W; 2780), Parque Metropolitano Guangüiltagua (0.179424°S, 78.467260°W; 2930 m), Plaza Argentina (0.190804°S, 78.481410°W; 2776 m), República de El Salvador (0.181724°S, 78.480354°W; 2783 m); Itchimbía: Parque Itchimbía (0.221481°S, 78.500026°W; 2910 m), La Marín (0.221958°S, 78.508435°W; 2797 m), Monjas (0.228569°S, 78.488691°W; 2842 m); Kennedy: Country Club FAE (0.148869°S, 78.484508°W; 2802 m); Llano Chico: Gualo (0.139587°S, 78.438247°W; 2609 m), Llano Chico (0.130421°S, 78.443932°W; 2616 m); Llano Grande: Llano Grande (0.118110°S, 78.440496°W; 2632 m); Lloa: Cordillera de Saloya (0.016700°S, 78.883300°W; 1810 m), Hacienda Las Palmas (0.149062°S, 78.738003°W; 1877 m), La Unión-Río Cinto (0.142812°S, 78.724652°W; 1867 m), Saragoza-Río Cinto (0.166606°S, 78.728092°W; 1932 m), vía a Tandayapa (0.136974°S, 78.82264°S; 1817 m), río Cinto (0.185759°S, 78.710459°W; 1988 m), Tandacato (0.239056°S, 78.668833°W; 2940 m); Mariscal: Av. 12 de Octubre (0.206787°S, 78.488189°S; 2807 m), Av. Amazonas y Moreno Bellido (0.189815°S, 78.484712°W; 2775 m), Av. Colón y 6 de Diciembre (0.202112°S, 78.486482°W; 2789 m), Av. Colón y Reina Victoria (0.201122°S, 78.488799°W; 2793 m), La Floresta (0.209610°S,

78.485140°W; 2810 m), Miraflores (0.199289°S, 78.506447°W; 2863 m); Nanegal: km 31 vía San Antonio de Pichincha-Nanegalito (0.037422°N, 78.672370°W; 1586 m), Guantopungo, Yunguilla (0.150435°N, 78.677386°W; 1067 m), Reserva Maquipucuna (0.147851°N, 78.678678°W; 1066 m), Marianitas, Reserva Maquipucuna (0.138108°N, 78.676562°W; 1127 m), Yunguilla (0.150000°N, 78.666667°W; 1322 m); Nanegalito: 2.9 km SO Tandayapa (0.004801°N, 78.678236°W; 1802 m), km 20 vía Calacalí-La Independencia (0.028634°N, 78.637962°W; 1772 m), km 32 vía Calacalí-San Miguel de los Bancos (0.051209°N, 78.681800°W; 1581 m), Cartagena (0.064752°N, 78.681981°W; 1572 m), Nanegalito (0.066667°N, 78.666700°W; 1600 m), Nueva Granada, Reserva Orquideológica Pahuma (0.025616°N, 78.633731°W; 2070 m), Reserva Tamboquinde (0.005578°N, 78.677306°W; 1767 m), Tandayapa (0.007822°N, 78.679801°W; 1841 m); Nayón: entrada de Nayón (0.160945°S, 78.447016°W; 2682 m), Tanda (0.181934°S, 78.432367°W; 2400 m); Nono: km 5 vía Nono-Nanegalito (0.003458°N, 78.588903°W; 2227 m), Alaspungo (0.000036°, 78.60047°; 2773 m), Bosque Protector Verdecocha (0.100000°S, 78.633333°W; 2353 m), Chiquilpe (0.046717°S, 78.614118°W; 2964 m), Llambo (0.016667°N, 78.6667°W; 2257 m), Nono (0.066901°S, 78.576731°W; 2742 m); Pacto: Bosque El Chalpi-Saguangal (0.215009°N, 78.838550°W; 759 m), Bosque Protector Mashpi (0.164049°N, 78.869638°W; 1060 m), Guayabillas (0.159712°N, 78.825462°W; 1551 m), La Armenia (0.070361°N, 78.695273°W; 1752 m), Las Tolas (0.046260°N, 78.7947°W; 1834 m), Pacto (0.280411°N, 78.784648°W; 1611 m); Perucho: Perucho (0.116667°N, 78.4167°W; 1935 m); Pifo: Escuela Buen Pastor (0.225221°S, 78.343963°W; 2580 m), Pifo (0.234026°S, 78.336955°W; 2626 m); Pintag: Pintag (0.374058°S, 78.370001°W; 2860 m); Pomasqui: 2 km N Pomasqui (0.037192°S, 78.453709°W; 2428 m), La Pampa (0.028980°S, 78.447751°W; 2395 m), Pomasqui (0.048013°S, 78.456977°W; 2485 m), Pusuquí (0.069734°S, 78.459564°W; 2556 m), Santa Teresa (0.052134°S, 78.454609°W; 2451 m); Ponceano: Ponceano Alto (0.116685°S, 78.478036°W; 2895 m); Puéllaro: 1.5 km vía Puéllaro-Quito (0.061728°N, 78.405981°W; 2095 m); Puembo: Puembo (0.155602°S, 78.372846°W; 2382 m), río Chiche (0.105552°S, 78.382458°W; 2014 m); Rumipamba: Colegio San Gabriel (0.184408°S, 78.495763°W; 2843 m), Granda Centeno (0.170709°S, 78.494808°W; 2825 m), Parque de la Mujer (0.184456°S, 78.498275°W; 2871 m); San Antonio: 1 km N de San Antonio (0.010413°N, 78.440147°W; 2404 m), cerro Catequilla (0.000145°N, 78.428440°W; 2647 m), cerro Catequilla y Lulumbamba (0.001925°S, 78.434783°W; 2382 m), La Equinoccial (0.008063°S, 78.447184°W; 2419 m), Mitad del Mundo (0.002213°S, 78.455829°W; 2486 m), San Antonio (0.008225°S, 78.445159°W; 2411 m); San Bartolo: Atahualpa (0.239870°S, 78.529171°W; 2824 m); San José de Minas: Barrio Pirca (0.170556°S, 78.411568°W; 2401 m), Bosque Protector Cambugán (0.171086°N, 78.409400°W; 2391 m), Cubí (0.189419°N, 78.426715°W; 2102 m); Tumbaco: Chiviquí (0.227338°S, 78.387778°W; 2403 m), Club Campestre de Agua y Montaña Ilaló (0.247861°S, 78.410379°W; 2720 m), Collaquí (0.180529°S, 78.415497°W; 2291 m), Cunuyacu (0.229275°S, 78.430445°W; 2320 m), Illumbisí (0.218316°S, 78.444453°W; 2417 m), El Arenal (0.204542°S, 78.377936°W; 2409 m), Hacienda La Clementina, Jardines del Valle (0.217887°S, 78.403654°W; 2346 m), Tumbaco (0.210691°S, 78.395599°W; 2362 m), Valle Alto (0.217092°S, 78.405005°W; 2346 m); Yaruquí: Yaruquí (0.167036°S, 78.318787°W; 2552 m)

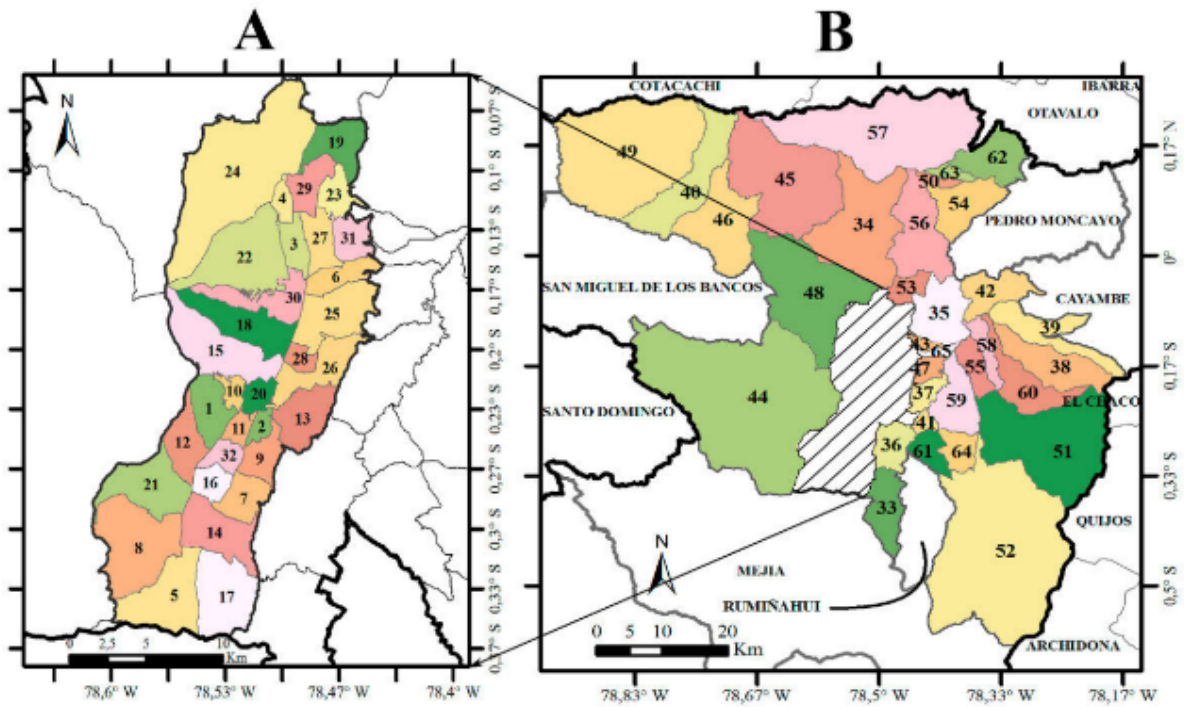


Figura S1. Mapa de división parroquial del Distrito Metropolitano de Quito DMQ. Parroquias urbanas (A): 1) Chilibulo, 2) Chimbacalle, 3) Concepción, 4) Cotocollao, 5) Guamaní, 6) Jipijapa, 7) Argelia, 8) Ecuatoriana, 9) Ferroviaria, 10) Libertad, 11) Magdalena, 12) Mena, 13) Puengasí, 14) Quitumbe, 15) San Juan, 16) Solanda, 17) Turubamba, 18) Belisario Quevedo, 19) Carcelén, 20) Centro Histórico, 21) Chillogallo, 22) Cochapamba, 23) Comité del Pueblo, 24) Condado, 25) Iñaquito, 26) Itchimbía, 27) Kennedy, 28) Mariscal Sucre, 29) Ponceano, 30) Rumipamba, 31) El Inca, 32) San Bartolo. Parroquias rurales o suburbanas (B): 33) Amaguaña, 34) Calacalí, 35) Calderón, 36) Conocoto, 37) Cumbayá, 38) Checa, 39) El Quinche, 40) Gualea, 41) Guangopolo, 42) Guayllabamba, 43) Llano Chico, 44) Lloa, 45) Nanegal, 46) Nanegalito, 47) Nayón, 48) Nono, 49) Pacto, 50) Perucho, 51) Pifo, 52) Pintag, 53) Pomasqui, 54) Puéllaro, 55) Puembo, 56) San Antonio, 57) San José de Minas, 58) Tababela, 59) Tumbaco, 60) Yaruquí, 61) Alangasí, 62) Atahualpa, 63) Chavezpamba, 64) La Merced, 65) Zámiza

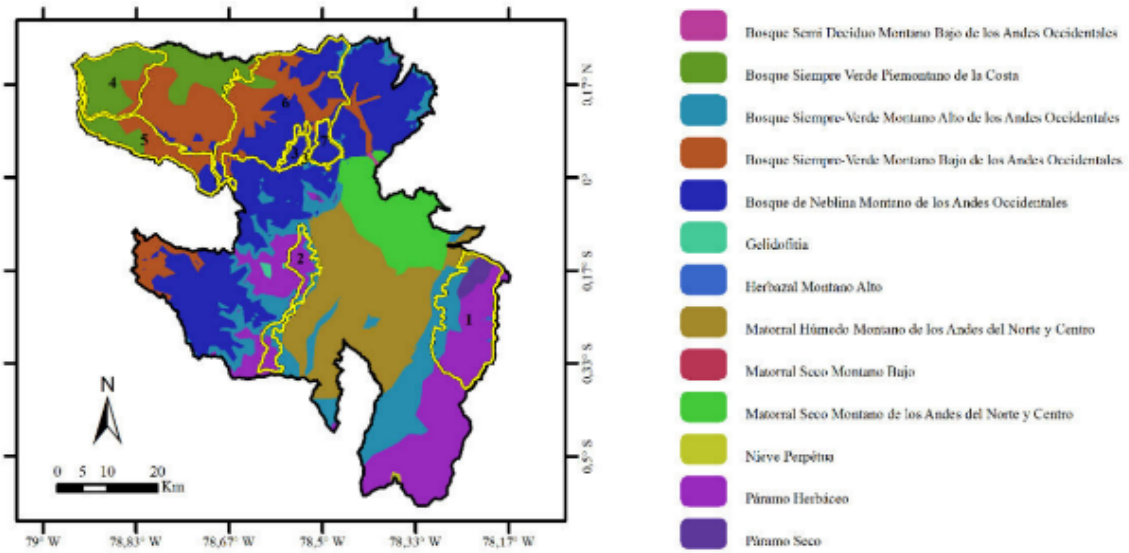


Figura S2. Mapa de cobertura vegetal del Distrito Metropolitano de Quito DMQ, incluyendo el Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas (líneas amarillas)

Tabla S1. Parroquias urbanas y parroquias suburbanas o rurales y su extensión dentro del Distrito Metropolitano de Quito DMQ

Tipo de parroquia	Nombre	Superficie aprox. (km²)
Urbana	Argelia	7.17
	Belisario Quevedo	13.46
	Carcelén	9.61
	Centro Histórico	3.75
	Chilibulo	8.55
	Chillogallo	15.36
	Chimbacalle	2.42
	Cochapamba	23.36
	Comité del Pueblo	5.49
	Concepción	5.18
	Condado	5.47
	Cotocollao	2.75
	Ecuatoriana	24.16
	El Inca	6.21
	Ferroviaria	6.36
	Guamaní	18.09
	Iñaquito	15.05
	Itchimbía	11.20
	Jipijapa	6.22
	Kennedy	6.73
	La Libertad	2.64
	Magdalena	2.89
	Mariscal Sucre	2.81
	Mena	8.69
	Ponceano	6.62
	Puengasí	11.27
	Quitumbe	13.80
	Rumipamba	10.32
	San Bartolo	3.92
	San Juan	18.97
Solanda	4.44	
Turubamba	17.19	
Suburbana o rural	Alangasí	29.43
	Amaguaña	56.30
	Atahualpa	70.18
	Calacalí	190.22
	Calderón	78.89
	Conocoto	38.63
	Cumbayá	21.12
	Chavezpamba	12.31
	Checa	89.56
	El Quinche	74.69
	Gualea	120.86
	Guangopolo	10.19
	Guayllabamba	55.44
	La Merced	31.71
	Llano Chico	7.90
	Lloa	536.97
	Nanegal	245.77
	Nanegalito	124.67
Nayón	16.11	
Nono	214.28	

Tipo de parroquia	Nombre	Superficie aprox. (km²)
	Pacto	347.16
	Perucho	9.80
	Pifo	254.24
	Pintag	490.49
	Pomasqui	23.59
	Puéllaro	70.93
	Puembo	31.77
	San Antonio de Pichincha	114.41
	San José de Minas	308.00
	Tababela	25.33
	Tumbaco	65.25
	Yaruquí	71.95
	Zámbiza	7.41

Tabla S2. Superficie de ocupación y porcentaje de extensión de las diferentes categorías y clases de cobertura vegetal del Distrito Metropolitano de Quito DMQ [1]

Categoría	Clase	Superficie (Ha)	%
Vegetación natural	Bosques húmedos	124 595	29.38
	Bosques secos	722	0.17
	Arbustos húmedos	46 525	10.97
	Arbustos secos	36 690	8.65
	Herbazales húmedos	45 211	10.66
	Herbazales secos	2 665	0.63
Áreas seminaturales	Vegetación en regeneración natural	41 031	9.68
	Vegetación cultivada (latifoliada)	7 743	1.83
	Vegetación cultivada (coníferas)	1 524	0.36
Áreas cultivadas	Cultivos	36 687	8.65
	Pastos	50 425	11.89
Espacios abiertos	Suelo desnudo de origen natural	2 547	0.60
	Suelo desnudo de procesos antropogénicos	2 210	0.52
Áreas artificiales	Infraestructura	24 732	5.83
Cuerpos de agua	Agua en cauces naturales	689	0.16
	Agua en cauces artificiales	67	0.02

Tabla S3. Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas del Distrito Metropolitano de Quito DMQ

Nombre y categoría	Superficie (ha)	Ubicación parroquial
Área de Conservación y Uso Sustentable Mashpi, Guaycuyacu y Sahuangal	17 156	Parroquia de Pacto
Área de Conservación y Uso Sustentable Sistema Hídrico y Arqueológico Pachijal	15 882	Parroquias de Nanegalito, Guala y Pacto
Área de Conservación y Uso Sustentable Yunguilla	2 981	Parroquia de Calacalí
Área de Protección de Humedales Cerro Las Puntas	28 218	Parroquias de El Quinche, Checa, Yaruquí y Pifo
Corredor Ecológico del Oso Andino	61 573	Parroquias de Calacalí, Nanegalito, Nono, San José de Minas, Puéllaro y Perucho
Área de Intervención Especial y Recuperación Laderas Pichincha Atacazo	23 454	Condado, Guamaní

**Ecología de polinización de *Axinaea meriania* en los altos Andes del sur del Ecuador:
Características de su néctar y aves polinizadoras**

Juan M. Aguilar*, Boris A. Tinoco

Escuela de Biología, Ecología y Gestión, Universidad del Azuay, Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador

*Corresponding Author / Autor para correspondencia, e-mail: juanmaguilaru@yahoo.com

Editado por/Edited by: Diego F. Cisneros-Heredia, PhD(c)
Recibido/Received: 2016-10-31 Aceptado/Accepted: 2017-05-15
Publicado en línea/Published online: 2017-12-13

DOI: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.757>

Pollination ecology of *Axinaea meriania* in the high Andes from south Ecuador: Nectar characteristics and bird pollinators.

Abstract

Plants of the genus *Axinaea* (family Melastomataceae) have a novel and recently discovered pollination system, involving birds that are not traditionally known as pollinators (specifically members of the families Thraupidae and Fringillidae). We contribute with information on some aspects of the ecology of this pollination mechanism analyzing *Axinaea meriania*, an endemic species of shrubby paramo at high Andean Ecuador. We observed five species of birds (*Anisognathus igniventris*, *Atlapetes latinuchus*, *Coeligena iris*, *Diglossa cyanea*, *Tangara vassorii*) in interaction with flowers of *A. meriania*. The nectar of *A. meriania* has a mean volumen of 26,4 µl in each flower and a sugar concentration of 11,6% w/w; these are the usual characteristics of nectar offered to birds by other plant species in this region. This information increases knowledge about how Andean birds may have took over some ecosystem functions performed by insects at lower elevations.

Keywords: ecosystem functions, plant-bird interaction, Thraupidae, Melastomataceae.

Resumen

Las plantas del género *Axinaea* (familia Melastomataceae) presentan un novedoso sistema de polinización recientemente descubierto, que involucra aves que tradicionalmente no son consideradas polinizadoras (específicamente de las familias Thraupidae y Fringillidae). Contribuimos con información sobre la ecología de este mecanismo de polinización analizando *Axinaea meriania*, una especie endémica de los páramos arbustivos de los altos Andes de Ecuador. Observamos a cinco especies de aves (*Anisognathus igniventris*, *Atlapetes latinuchus*, *Coeligena iris*, *Diglossa cyanea*, *Tangara vassorii*) interactuando con las flores de *A. meriania*. El néctar de *A. meriania* tiene un volumen 26,4 µl en cada flor y una concentración de azúcares de 11,6% w/w; estas son las características usuales del néctar ofertado para las aves por otras especies de plantas de la región. Esta información incrementa el conocimiento en torno a cómo las aves andinas posiblemente han asumido algunas funciones ecosistémicas realizadas por insectos a menores elevaciones.

Palabras clave: funciones ecosistémicas, interacciones planta-ave, Thraupidae, Melastomataceae.

En los altos Andes, los colibríes pueden reemplazar a los insectos como polinizadores efectivos para un importante número de especies vegetales [1]. Al parecer, las bajas

temperaturas y los fuertes vientos recurrentes en estas elevaciones han promovido la polinización por colibríes, pues estos permanecen activos incluso en condiciones

Aguilar, J.M., Tinoco, B.A. (2017). Ecología de polinización de *Axinaea meriania* en los altos Andes del sur del Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*,9(15), 53-56



climáticas extremas [1]. Recientes descubrimientos plantean que en el Neotrópico, los colibríes no son las únicas aves que se desempeñan como grupo polinizador [2].

La familia Melastomataceae presenta varios ejemplos de especies en las cuáles las aves actúan como polinizadoras en lugar de los insectos. En el género Neotropical *Axinaea* [3], que incluye más de 40 especies [4], se ha descubierto un novedoso mecanismo de polinización [5]. Aves que generalmente se alimentan de semillas e insectos, principalmente de las familias Thraupidae, Emberizidae y Fringillidae, están cumpliendo funciones de polinización para el género *Axinaea*, aunque solo existe información sobre la polinización de *A. confusa*, *A. sclerophylla*, *A. affinis*, *A. macrophylla* y *A. costaricensis* [2, 5].

Las flores de *Axinaea* son abiertas, están orientadas horizontalmente (Fig. 1 C) y tienen colores rosa o lila claros [2]. Todas estas características no corresponden con aquellas de las flores ornitófilas tradicionales [6]; Dellinger

et al. [2] y Edwards [5] describen la morfología floral y el mecanismo de polinización del género *Axinaea*: El forrajeo de las aves en la flor comienza sobre una percha en las ramas de la misma planta, con una maniobra de picoteo constante sobre 10 apéndices bulbosos que contienen néctar en cada flor. Estos apéndices bulbosos están unidos al interior de la corola por filamentos y conectados con estambres tubulares (Fig. 1 B). Al presionar los apéndices bulbosos, escapa aire por el poro terminal de los estambres tubulares, pasando a través de las anteras, expulsando el polen por el conducto terminal de los estambres tubulares y dando paso a la secreción de gotas de néctar de color café claro. Este mecanismo permite una sola extracción de néctar de cada uno de los diez apéndices bulbosos. Una vez consumido este recurso, el polen expulsado se transporta en el pico, garganta y frente de las aves hacia otra flor, donde es depositado en el estigma que cuelga de la curvatura final del estilo y generalmente se extiende fuera de la corola (Fig. 1 A) [2, 5].

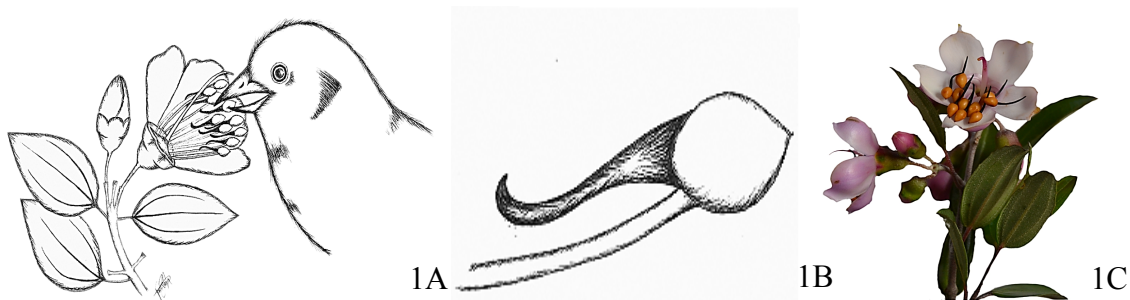


Figura 1. Ilustración del mecanismo de polinización de *Axinaea meriania* (Melastomataceae). (A) Maniobra de forrajeo de un ave de la familia Thraupidae, picoteando los apéndices bulbosos; (B) un acercamiento a los filamentos sosteniendo los apéndices bulbosos que contienen néctar y están conectados a los estambres tubulares de *A. meriania* que esparcen el polen sobre el ave. (C) Fotografía de la planta destacando los colores y estructuras florales de *A. meriania*.

Para incrementar el conocimiento sobre la ecología reproductiva del género *Axinaea*, analizamos las características de su néctar, los visitantes florales y la época de floración de *Axinaea meriania*. Los datos presentados fueron colectados en la Estación Científica El Gullán, parroquia Las Nieves, cantón Nabón, provincia del Azuay (3.330° S, 79.160° W, ca. 3000 m). Los datos de esta investigación provienen de un monitoreo mensual de la floración de la comunidad vegetal durante dos

años consecutivos, empezando en mayo 2015 hasta septiembre 2016 en la Estación Científica El Gullán. *Axinaea meriania*, es una especie arbustiva endémica del suroeste de los Andes Ecuatorianos [7], tiene una altura de $1,6 \pm 0,27$ m (1,2–2 m, $n = 10$) y presenta 81 ± 29 flores por planta (30–120 flores por planta, $n = 10$). Es una especie común en El Gullán, forma parte del matorral Andino y se la encuentra tanto en los bordes como al interior del matorral. En 2015 y 2016 se observó que la floración *A. meriania*

ocurre desde agosto hasta octubre, aunque existieron plantas floreciendo de forma asincrónica en otros meses.

Durante el 2015, en seis meses consecutivos desde mayo hasta septiembre, se completaron 180 horas de observación de interacciones de forrajeo entre la comunidad de aves y los recursos ostentados por la comunidad vegetal. Se registraron a cinco especies de aves alimentándose del néctar de *Axinaea meriania*: *Anisognathus igniventris*, *Atlapetes latinuchus*, *Coeligena iris*, *Diglossa cyanea*, y *Tangara vassorii*. De estas especies, únicamente *D. cyanea* había sido registrada en interacción con el género *Axinaea* [2]. Nuestra observación de *C. iris* alimentándose en *A. meriania* con picoteos durante el vuelo, y la evidencia de polen de *Axinaea macrophyla* transportado por nueve especies de colibríes [8], confirma que también los colibríes (familia Trochillidae) usan el recurso néctar de *Axinaea*. Estos resultados elevan a diez el número de especies de aves observadas alimentándose del género *Axinaea*, y demuestran que además de Thraupidae y Fringillidae [2], también las aves de las familias Emberizidae y Trochillidae están aprovechando este recurso y probablemente contribuyendo en la polinización de este género. Es importante destacar que el 60% de especies observadas interactuando con *Axinaea* pertenecen a los géneros de la familia Thraupidae: *Anisognathus*, *Diglossa*, *Iridosornis* y *Tangara*.

Los tejidos de los apéndices bulbosos que contienen el néctar en las flores de *Axinaea* han demostrado tener altos valores energéticos, y ser consumidos por las aves a manera de frutos [2]. Sin embargo, las características del néctar contenido dentro de los apéndices aún no han sido reportadas. Durante las floraciones de 2015 y 2016 con la ayuda de tubos capilares se extrajo el néctar de los diez apéndices bulbosos de 70 flores en 24 plantas. Se midió la concentración de azúcares con un refractómetro manual calibrado [9]. En total se colectó 1849,30 μ l de néctar, obteniendo un volumen por flor de $26,4 \pm 15,25 \mu$ l (3,2–58,4 μ l, n = 70). La concentración azúcares fue de $11,657 \pm 5,39\%$ w/w (1–31,5% w/w, n = 70), equivalente a 121,24 mg de azúcar por ml de néctar. Una flor promedio tendría 3,2 mg de azúcar, y una planta 249,6 mg de azúcar en el néctar de todas sus flores. Estos resultados indican que *Axinaea meriania* oferta mayor volumen de néctar que

24 especies de plantas de la región que son utilizadas por colibríes (con un promedio de 7,7 μ l) [9] y que 46 especies utilizadas por colibríes en los Andes Colombianos (con promedio de 12,6 μ l) [8]. A pesar de los altos volúmenes, la concentración de azúcar del néctar se mantiene similar a aquella de otras especies que ofertan néctar a colibríes [6, 8, 9].

En el caso particular de *Axinaea meriania*, la flor se vuelve senescente una vez que se han consumido todos los apéndices bulbosos y se da paso al fructificación. Sus semillas son transportadas por el viento o caen cerca de la planta madre, y germinan fácilmente al cabo de algunas semanas (A. Crespo datos sin publicar). Esto sugiere que *A. meriania* es una planta pionera, al igual que otras especies de este género [10]. Estas características plantean que *A. meriania* sería una especie valiosa para planes de restauración de los altos Andes, ya que los recursos de sus flores podrían atraer aves que cumplen distintas funciones (polinización y dispersión de semillas) durante la floración, dinamizando así procesos ecológicos.

Axinaea meriania no presenta las características florales que tradicionalmente se consideran en estudios de polinización ornitófila [6, 8, 9]. Al contrario, esta planta está utilizando aves dispersoras de semillas en su estrategia de polinización [2, 5], probablemente aprovechando las ventajas de las aves sobre los insectos en las condiciones ambientales rigurosas de los Andes [1, 2]. Estos recientes descubrimientos demuestran que todavía falta mucho por conocer en cuanto a las funciones de las aves y sus interacciones en los altos Andes, información con alto valor para la conservación de la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Jacinto Guillén del Decanato de Investigaciones de la Universidad del Azuay por financiar esta investigación, y al Ministerio del Ambiente por otorgar las autorizaciones de Investigación Científica: 075-15IC-FIORAYFAUNA-DPAA/MA durante el año 2015 y 095-2016-DPMA/MA durante el año 2016. También agradecemos a Karla Pintado Ch. por su ilustración, a nuestras colegas Anusha Shankar y Andrea Nieto, así como a Antonio Crespo por sus contribuciones

en esta investigación y a los estudiantes de la Universidad del Azuay: Gabriela Aguilar, Andrés Barnuevo, Paola Fajardo y Dalma Orellana quienes colaboraron en la toma de

datos. También queremos agradecer a dos revisores anónimos por su revisión crítica y sus valiosos comentarios.

REFERENCIAS

- [1] Cruden, R.W. (1972). Pollinators in high-elevation ecosystems: relative effectiveness of birds and bees. *Science*, 176(4042), 1439–1440. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.176.4042.1439>
- [2] Dellinger, A.S., Penneys, D.S., Staedler, Y.M., Fragner, L., Weckwerth, W., & Schönenberger, J. (2014). A specialized bird pollination system with a bellows mechanism for pollen transfer and staminal food body rewards. *Current Biology*, 24(14), 1615–1619. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.05.056>
- [3] Renner, S.S. (1993). Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. *Nordic Journal of Botany*, 13(5), 519–540. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-1051.1993.tb00096.x>
- [4] Bussmann, R.W., & Paniagua, N. Y. (2012). *Axinaea ninakurorum* (Melastomataceae)- a new species from the northern Peruvian Merianae hotspot. *Arnaldoa*, 19(1), 23–27. http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38650263/Arnaldoa_191-Final_-_Axinaea_ninakurorum.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1473875081&Signature=wwJJcbFPY2UKprgBT6OytlycYxA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAXinaea_ninakurorum_Melastomataceae_a_ne.pdf
- [5] Edwards, J. (2014). Coevolution: Puff Pollination in Tropical Flowers. *Current Biology*, 24(14), R649–R651. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.06.020>
- [6] Wolff, D. (2006). Nectar sugar composition and volumes of 47 species of Gentianales from a southern Ecuadorian montane forest. *Annals of Botany*, 97(5), 767–777. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcl033>
- [7] Cotton, E., & Pitman, N. 2004. *Axinaea meriania*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e. T38104A10097272. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T38104A10097272.en>
- [8] Gutiérrez-Zamora, 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. <http://asociacioncolombianadeornitologia.org/wp-content/uploads/revista/oc7/gutierrez.pdf>
- [9] Tinoco, B.A., Graham, C.H., Aguilar, J.M., & Schleuning, M. (2016). Effects of hummingbird morphology on specialization in pollination networks vary with resource availability. *Oikos*. doi: <http://dx.doi.org/10.5061/dryad.j860v>
- [10] Cantillo Higuera, E.E., Castiblanco Gutiérrez, V., Pinilla Mondragón, D.F., & Alvarado, C.L. (2008). Characterizing and valuing of regeneration potential of the seed germination bank at the Carpatos forest reserve (Guasca, Cundinamarca). *Colombia Forestal*, 11(1), 45–70. doi: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2008.1.a04>

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Juan M. Aguilar concibió la investigación, Boris A. Tinoco gestionó la adquisición de fondos y participó en la dirección del proyecto, Juan M. Aguilar adquirió, analizó e interpretó los datos; Boris A. Tinoco y Juan M. Aguilar participaron en la redacción del manuscrito.

Preliminary assessment of the genetic diversity of Ecuadorian *Ilex guayusa* using inter simple sequence repeat (ISSR) markers

Andrés Torres Salvador, Juan Mosquera, Viviana Jaramillo, Venancio Arahana, María de Lourdes Torres*

Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, Laboratorio de Biotecnología Vegetal, calle Diego de Robles y Vía Interoceánica, campus Cumbayá, edif. Darwin, Casilla Postal 17-1200-841, Quito, Ecuador.

* Corresponding author/ Autor para correspondencia, e-mail: ltorres@usfq.edu.ec

Editado por/Edited by: Diego F. Cisneros-Heredia

Recibido/Received: 2016-06-09. Aceptado/Accepted: 2017-07-07

Publicado en línea/Published online: 2017-12-30

DOI: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.456>

Estudio preliminar de la diversidad genética de *Ilex guayusa* ecuatoriana mediante marcadores *inter simple sequence repeat* (ISSR)**Resumen**

Evaluamos el grado de diversidad genética de *Ilex guayusa*, una especie de árbol de importancia etnobotánica y comercial para las comunidades indígenas de la Amazonía ecuatoriana. Caracterizamos genéticamente a 157 individuos, provenientes de chacras ubicadas a lo largo de seis provincias, utilizando nueve marcadores ISSR (Inter Simple Sequence Repeats). Aunque se detectó un total de 91 bandas polimórficas a lo largo del set completo de muestras, el índice de heterocigosidad estimada ($H_e = 0.19$) reveló un nivel reducido de variabilidad genética para la especie. El análisis de varianza molecular (AMOVA) demostró que el 82% de la variación observada para *I. guayusa* ocurrió dentro de poblaciones, y solo el 18% entre poblaciones. Los índices de distancias genéticas de Nei ($0.013 \leq D_s \leq 0.086$) revelaron un nivel reducido de divergencia genética entre individuos provenientes de provincias diferentes. El bajo grado de diversidad genética encontrado para *I. guayusa* puede ser atribuido al hecho de que esta especie es cultivada exclusivamente mediante propagación clonal; una actividad cultural que probablemente ha homogenizado el acervo genético de la especie a lo largo de su rango geográfico de cultivo. El análisis de coordenadas principales (PCoA) demostró que el germoplasma colectado puede estructurarse en tres grupos distintos caracterizados por un leve contraste genético en gradiente direccional, de norte a sur. La inclusión de un mayor número de muestras provenientes de provincias sub-representadas (ej. Sucumbíos) y poblaciones silvestres, si existen, ayudaría a resolver los vacíos en el conocimiento respecto a la diversidad genética y estructura poblacional de la especie y la historia de su cultivo en la región.

Palabras clave: Aquifoliaceae, Guayusa, propagación clonal, baja diversidad genética.

Abstract

We assessed the degree of genetic diversity of *Ilex guayusa*, a tree species of ethnobotanic and commercial relevance for indigenous communities of the Ecuadorian Amazon. We characterized 157 individuals, from small cultivation sites across six provinces, using nine Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers. A total of 91 polymorphic bands were detected across the complete sample-set, but estimated heterozygosity ($H_e = 0.19$) revealed a reduced level of genetic variability. Partitioning of genetic diversity (AMOVA) indicated that 82% of the variation observed for *I. guayusa* occurred within populations, and only 18% between populations. Pairwise-Nei genetic distance indices ($0.013 \leq D_s \leq 0.086$) implied a reduced level of genetic divergence between individuals from different provinces. The low degree of genetic diversity found for *I. guayusa* could be ascribed to the fact that the species is exclusively cultivated via clonal propagation; a cultural activity which has probably homogenized the species' genetic pool across its geographic range of cultivation. However, PCoA analysis resolved collected germplasm into three distinct groups displaying a subtle genetic contrast in a directional gradient, from north to south. The inclusion of a higher number of samples from underrepresented provinces (i.e. Sucumbíos), and wild populations, if they exist, would help

resolve knowledge gaps regarding the genetic diversity and population structure of the species and its cultivation history in the region.

Keywords: Aquifoliaceae, Guayusa, clonal propagation, low genetic diversity.

INTRODUCTION

Ilex guayusa Loes. (Aquifoliaceae) is a tree species native to the Amazonian rainforests of northern South America [1]. In Ecuador, it is almost exclusively found in small cultivation sites (commonly known as *chacras*) along the western basin of the Amazon. It currently represents the most harvested and widely utilized non-food plant species by indigenous groups, like the Kichwa, Achuar and Shuar [2,3]. These ethnic groups typically use the leaves of *I. guayusa* to prepare ceremonial beverages conferring good luck for hunting and fishing and for protection against snake bites [2-5]. *Ilex guayusa* leaves are also employed for ritualistic purging, and to treat ailments like gastritis, stress and infertility [5,6]. The leaves of *I. guayusa* are rich in caffeine, terpenes, phenols and other methylxanthines, and exhibit putative anti-inflammatory, microbicidal, anti-oxidant and anti-obesity properties [4,5,7].

Historically, dried *I. guayusa* leaves were only sold in low volumes as a specialty product in local markets throughout the Ecuadorian Amazon. However, since 2009 and principally owing to the efforts of RUNA^{RM}, a social enterprise based in the USA and Ecuador, *I. guayusa* has gained commercial notoriety in international markets. It is commercialized as soluble teas and canned drinks with energizing and stimulant properties, mainly in the United States and Canada. New export markets have thus generated an increase in the number of *I. guayusa* producers in the Ecuadorian Amazon, from approximately 300 in 2011, to over 1,600 in 2013 [8]. Certainly, the growth in popularity of *I. guayusa* can bring socio-economic change to the region, but further expansion in its commercial production must be carefully evaluated as the species is native to a fragile and highly biodiverse ecosystem, vulnerable to the detrimental effects of intensive monocropping [8].

Despite its rich ethnobotanic relevance and rising commercial prospects, the biology, cultivation history and genetics of *Ilex guayusa* are poorly understood. This research presents a first assessment of the genetic diversity of *I. guayusa* in the Ecuadorian Amazon using Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) markers. This preliminary survey of the degree and geographic distribution of the genetic diversity of the species is necessary for establishment of diversity conservation strategies, design of plant improvement programs and generation of sustainable-agroforestry systems that best utilize plant genetic resources in vulnerable ecosystems.

MATERIALS AND METHODS

Plant material and DNA isolation

RUNA's technicians, in collaboration with students from USFQ, collected leaf samples from 157 *Ilex guayusa* individuals, from small cultivation sites listed in their database of *I. guayusa* leaf providers. The sites were distributed across the provinces of Sucumbíos (1), Napo (91), Orellana (7), Pastaza (35), Morona Santiago (11) and Zamora Chinchipe (12); all located in the Ecuadorian Amazon (Fig 1). Collected samples were georeferenced using a Garmin E-Trex Legend HCx GPS system (Garmin International Inc., USA). For every individual, young and healthy leaves were collected from the lower branches of trees and preserved at -20°C. Genomic DNA was isolated from leaf samples using the CTAB procedure described by Kieleczawa [9]. Following extraction, DNA quality and concentration were assessed using a NanoDrop 1000 Spectrophotometer (Thermo Scientific, USA). DNA samples were diluted to a final concentration of 20 ng/μl.



Figure 1. Location of the 157 *I. guayusa* individuals collected marked as pink circles.

PCR amplification

Nine anchored ISSR primers were used for the molecular characterization of *Ilex guayusa* (Table 1). These primers belong to the universal UBC ISSR primer set (University of British Columbia, Canada) and had been successfully employed by Zhou [10] for the genetic characterization of diverse *Ilex* species. Genomic DNA (40 ng) was PCR amplified in a 20 µl reaction containing 50 mM KCl, 20 mM TrisHCl (pH 8.4), 1 µg/µl BSA, 2.0 mM of

MgCl₂, 0.16 mM Primer Mix, 0.5 mM dNTPs, and 2 units Taq Polymerase (Life Technologies, Carlsbad, California). PCR amplification conditions consisted of an initial denaturation at 94°C for 4 min; followed by 40 cycles of a 1 min denaturation at 94°C, annealing of 50 sec at 52°C, an extension at 72°C for 1 min; and a final extension period of 7 min at 72°C. All reactions were performed in a T-Personal Series Thermocycler (Biometra, Goettingen, Germany). Amplified products were separated and visualized via electrophoresis in 1.75% w/v

agarose gels, run at 90 V for 2 hours, and stained with SYBR Safe DNA gel stain (Life Technologies, Carlsbad, California). Gel band sizes were estimated using a 1 Kb DNA ladder (Life Technologies, Carlsbad, California) and band scoring was performed visually based on band-size differentiation. All bands were scored

as presence/absence markers, and a binary raw-data matrix, where the presence of a band was encoded as one (1) and the absence of a band as zero (0), was generated for all gel banding patterns.

Table 1. Information of nine ISSR anchored primers used for the molecular characterization of 157 *Ilex guayusa* individuals from the Ecuadorian Amazon.

Primer code	Primer sequence	Number of amplified bands	Number of polymorphic bands	Polymorphism percentage
UBC-815	(CT)8G	11	10	90.91
UBC-824	(TC)8G	7	6	85.71
UBC-825	(AC)8T	15	13	86.67
UBC-826	(AC)8C	12	12	100.00
UBC-827	(AC)8G	15	14	93.33
UBC-840	(GA)8YT	11	10	90.91
UBC-846	(CA)8RT	11	7	63.64
UBC-857	(AC)8YG	18	16	88.89
UBC-860	(TG)8RA	6	3	50.00
Total		106	91	85.85

Data analysis

For all identified loci expected heterozygosity (H_e) was determined using the GenAlEx 6.501 software package [11]. Accordingly, within- and between-population estimates of molecular variance (AMOVA) and Nei genetic diversity indices were obtained using GenAlEx 6.501; assuming individual provinces as independent genetic groups, and excluding Sucumbios because only one sample was available for this province. Principal coordinates analysis (PCoA) was performed with DARwin 5.0.15 using the DICE genetic dissimilarity coefficient [12].

RESULTS

Collectively, all evaluated ISSR markers yielded a total 91 polymorphic bands across the complete sample set (157 individuals). The total number of polymorphic loci scored per primer ranged from 3 (UBC-860) to 16 (UBC-857), with an average of 10.1 loci per primer. Of the

91 bands analyzed, 73 polymorphic loci occurred in low frequencies (<0.5%) across the sample-set, but none were exclusive to any given province or genotype group. The expected heterozygosity estimate for *Ilex guayusa* ($H_e = 0.19$) revealed a low degree of genetic diversity for the collected germplasm. Accordingly, pairwise-Nei genetic distance indices implied a reduced level of genetic variability for this species (Table 2). The greatest degree of genetic differentiation was detected between individuals from Napo and Zamora Chinchipe ($D_s = 0.086$); the two most geographically distant provinces. The lowest genetic distance was detected between individuals from the neighboring provinces Napo and Orellana ($D_s = 0.013$). While a Mantel test did not reveal a significant association between genetic and geographic distances ($r=0.060$; $p=0.037$), geographically distant provinces generally displayed a higher degree of genetic divergence.

Table 2. Nei genetic distance matrix comparing *Ilex guayusa* individuals from different provinces in the Ecuadorian Amazon. Sucumbíos was excluded from the analysis as only one sample was available for this province.

Napo	Orellana	Pastaza	Morona Santiago	Zamora Chinchipe	Napo
0.000					Orellana
0.013	0.000				Pastaza
0.040	0.032	0.000			Morona Santiago
0.040	0.023	0.025	0.000		Zamora Chinchipe
0.086	0.075	0.044	0.027	0.000	

Analysis of molecular variance (AMOVA) demonstrated that the highest percentage (82%) of genetic variation for *Ilex guayusa* was found within groups (individuals belonging to the same province), relative to among groups (18%). This factor indicates a low degree of population differentiation. Nevertheless, Principle Coordinates Analysis (PCoA) (Fig 2) could resolve collected germplasm into three robust genetic clusters as determined by its first two coordinates, each respectively accounting for 23% and 11% of observed variation. Cluster

A included individuals from the most-northern areas of the provinces of Napo and Orellana, as well as the only individual from the province of Sucumbíos. Cluster B included individuals from central and northern quadrants of Napo, and individuals from the province of Orellana that were geographically proximal to Napo's eastern provincial border. Finally, Cluster C comprised all individuals from the southern quadrants of Napo, and individuals from the southern Amazonian provinces of Pastaza, Morona-Santiago and Zamora-Chinchipe.

Factorial analysis: (Axes 1 / 2)

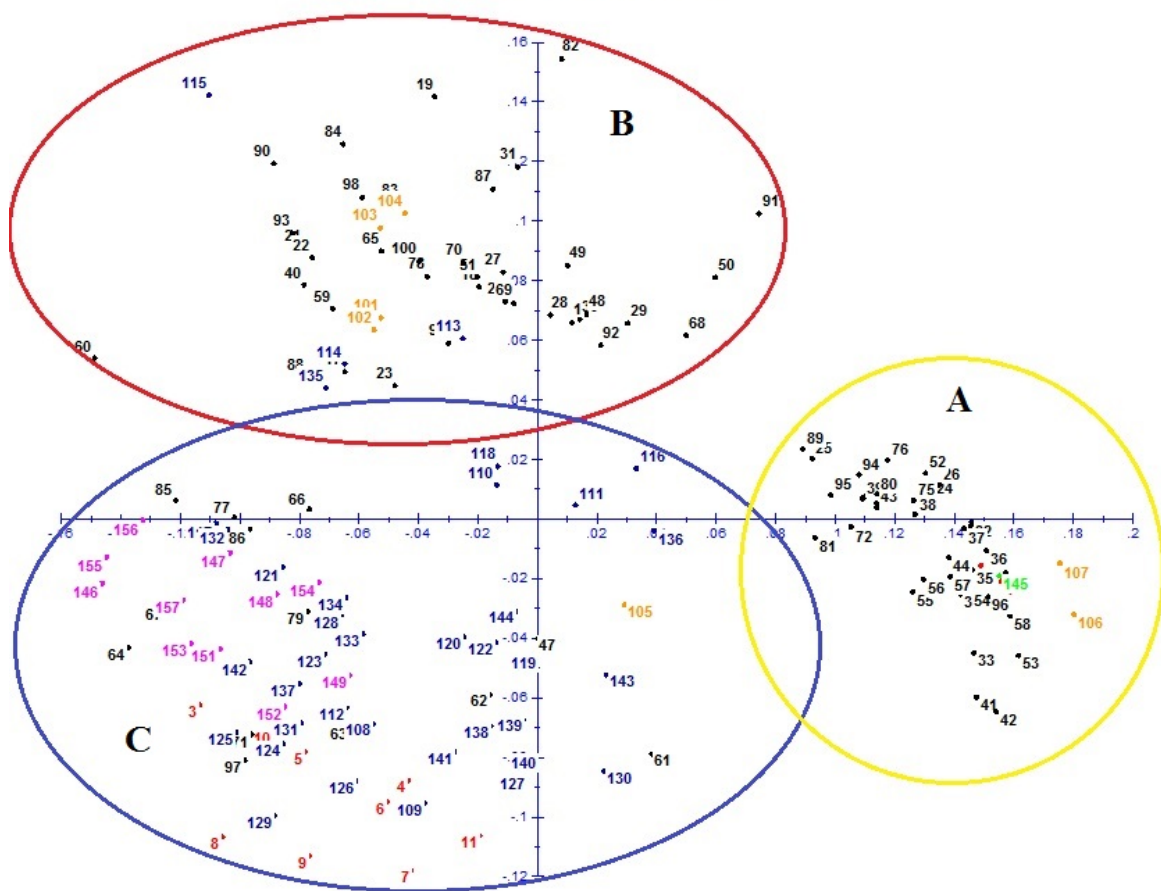


Figure 2. PCoA of the 157 *Ilex guayusa* individuals. Each number corresponds to an individual, from one of the six provinces of Ecuadorian Amazon, grouped in clusters A, B and C: Sucumbíos (green), Napo (black), Orellana (orange), Pastaza (blue), Morona-Santiago (red) and Zamora-Chinchipe (purple).

DISCUSSION

The main objective of this study was to assess the level of genetic diversity of *Ilex guayusa*, a species of great ethnobotanic and commercial importance for indigenous communities of the Ecuadorian Amazon [2]. Overall, expected heterozygosity ($H_e = 0.19$) revealed a reduced level of genetic variability for the species. For comparison, using five isoenzyme markers, Winge *et al.* [13] detected a comparatively higher degree of heterozygosity ($H_e = 0.50$) for *Ilex paraguariensis*, a close relative of *I. guayusa*. The RAPD-based characterization of four natural populations of *I. paraguariensis* from southern Brazil revealed that the average (Nei) genetic distance between individuals within a population was 0.392 [14], whereas the maximum degree of genetic differentiation between *I. guayusa* individuals analyzed in this study was 0.086 (Table 2). At first hand, the low level of genetic variability observed for Ecuadorian *I. guayusa* appears contradictory, especially when considering the extensive number of polymorphic loci (91) detected across the evaluated sample-set. However, it is important to highlight that approximately 80% of all detected polymorphisms occurred in low frequencies (<5%), and the vast majority of these did not exhibit correlative patterns of allelic fixation for specific genotypes or genotype groups (*i.e.* individuals from specific provinces).

The low degree of genetic diversity found for *Ilex guayusa* could most likely be ascribed to the fact that all collected germplasm originates from small cultivated plots. In the Ecuadorian Amazon, indigenous groups cultivate *I. guayusa* exclusively via clonal propagation through stem cuttings, a cultural activity that has probably homogenized the species' genetic pool across its geographic range of cultivation [16-18]. Historically, *I. guayusa* has existed in close relationship with Amazonian ethnic and cultural processes, and the species' sampled geographic distribution likely reflects the migration patterns of indigenous groups [15]. Moreover, no reports exist of wild *I. guayusa* populations, and it is therefore impractical to extrapolate on whether the species displays a generalized low degree of genetic diversity. The results of this study also imply that in the Ecuadorian Amazon, cultivated *I. guayusa* originates from a specific and reduced gene

pool. Partitioning of genetic diversity (AMOVA) indicated that 82% of the variation observed for this species occurred within populations (provinces), and only 18% between populations. Natural populations of *I. paraguariensis* have also shown a reduced degree of genetic differentiation, principally accounted to the species' outcrossing nature [14]. In outcrossing perennial tree species, natural populations generally exhibit a high degree of allelic exchange via gene flow; a factor which limits genetic divergence between populations [19]. Yet, because samples analyzed in this study come from cultivated plots established through clonal propagation, it seems probable that the high degree of genetic homogeneity observed for *I. guayusa* results from the widespread propagation of a selection of homogenous genotypes with desirable characteristics and established for cultivation prior to the anthropogenic-driven dispersion of the species across the Amazon basin [5].

Remarkably, while genetic differentiation between established groups was limited, a subtle genetic structure could be established for Ecuadorian *Ilex guayusa*. Principle Coordinates Analysis (PCoA) could resolve collected germplasm into three distinct groups. All clusters included a high proportion of individuals from the province of Napo, which was over-represented in this study. However, each cluster was distinctly and respectively characterized by the presence of individuals from the remaining northern, central and southern provinces of the Ecuadorian Amazon (Fig 2). For decades, Napo has represented the center of economic activity in the Ecuadorian Amazon, and around 50% of its population is composed of migrants from neighboring provinces. It is probable that some of these migrants brought specific variants of *I. guayusa* for cultivation [20]. Incidentally, PCoA clustering tended to group individuals from Napo in a directional gradient, from north to south, possibly highlighting the geographically structured introduction of novel *I. guayusa* alleles from distinct, yet proximal geographic locations in neighboring provinces. Certainly, the inclusion of a higher proportion of individuals from underrepresented provinces (*i.e.* Sucumbíos), as well as wild populations (if these should exist), would help us better resolve the geographic distribution of *I. guayusa* genetic diversity along the Amazon basin of

Ecuador, and formulate stronger conclusions regarding its cultivation history in the region. This information will be crucial for the establishment of adequate conservation strategies aimed at preserving and promoting the use of unique sources of genetic variation which can increase the productivity and environmental resilience of cultivated orchards under sustainable agro-forestry systems. Expectantly, the latter will enable for a controlled and sustainable expansion of *I. guayusa* cultivation in the Ecuadorian Amazon which can meet rapidly growing commercial demands, and reduce the need for intensive mono-cropping systems and their associated detrimental effects on vulnerable ecosystems.

ACKNOWLEDGEMENTS

This project was funded in part by the support of the Inter-American Institute for the Cooperation in Agriculture's Sustainable Forest Management Program and the Finnish Foreign Ministry. This research adhered to the legal requirements of Ecuador (Contrato Marco de Acceso a los Recursos Genéticos MAE-DNB-CM-2016-0046). We would like to thank Eliot Logan Hines for all his support during the development of this research. We would like to acknowledge the RUNA^{RM} Foundation for their financial support and their active participation in the collection of *Ilex guayusa* samples. We would also like to extend our gratitude to all researchers from Plant Biotechnology Laboratory at Universidad San Francisco de Quito who have directly or indirectly contributed or participated in the development of the project.

REFERENCES

- [1] Tropicos. (2016, August 4). *Ilex guayusa* Loes. Missouri Botanical Garden. Retrieved from <http://www.tropicos.org/Name/2000086>
- [2] Innerhofer, S., & Bernhardt, K. (2011). Ethnobotanic garden design in the Ecuadorean Amazon. *Biodiversity Conservation*, 20, 429-439. doi: <http://doi.org/10.1007/s10531-010-9984-9>
- [3] Bennett, C. (1992). Hallucinogenic plants of the Shuar and related indigenous groups in Amazonian Ecuador and Peru. *Brittonia*, 4, 483-493. doi: <http://doi.org/10.2307/2807199>
- [4] Brown, P. (2012). Ritual Black Drink consumption at Cahokia. *Proceedings of the National Academy of Science*, 109(35), 13944-13949. doi: <http://doi.org/10.1073/pnas.1208404109>
- [5] Lewis, W., Kennelly, E., Bass, G., Wedner, H., & Fast, D. (1991). Ritualistic use of the holly *Ilex guayusa* by Amazonian Jivaro Indians. *Journal of Ethnopharmacology*, 33, 25-30. doi: [http://doi.org/10.1016/0378-8741\(91\)90156-8](http://doi.org/10.1016/0378-8741(91)90156-8)
- [6] Tene, V., Malagón, O., Finzi, P., Vidari, G., Armijos, C., & Zaragoza, T. (2007). An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Loja and Zamora-Chinchipec, Ecuador. *Journal of Ethnopharmacology*, 111, 63-81. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.032>
- [7] Hao, D., Gu, X., Xiao, P., Liang, Z., Xu, L., & Peng, Y. (2013). Research progress in the phytochemistry and biology of *Ilex* pharmaceutical resources. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 3(1), 8-19. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apsb.2012.12.008>
- [8] Collen, W., Piñeiro, A., Krause, T., Logan-Hines, E. (noviembre de 2013). *Ilex guayusa* como motor para el desarrollo sostenible en los sistemas agroforestales en la Amazonía occidental. En: *Primer encuentro de bosques, recursos genéticos forestales y agroforestería*. Encuentro realizado en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en Quito, Ecuador.
- [9] Kieleczawa, J. (2006). *DNA sequencing II: optimizing preparation and cleanup*. Vol. 2. Ontario: Jones & Bartlett learning.
- [10] Zhou, X. (2009). *Inter-simple Sequence Repeat Molecular Markers in Ilex and the Tissue Culture System of Ilex cornuta Lindl Ex Paxt* (Dissertation Thesis). Henan Agricultural University, Henan

- [11] Peakall, R., & Smouse, P. (2012). GenA1Ex 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, 28, 2537–2539. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.01155.x>
- [12] Perrier, X., & Jacquemoud-Collet, J. (2006). DARwin software. Retrieved from <http://darwin.cirad.fr/>
- [13] Winge, H., Wollheim, C., Cavalli-Molina, S., Assmann, E. M., Bassani, K. L. L., Amaral, M. B., & Mariath, J. E. A. (1995). Variabilidade genética em populações nativas de erva-mate e a implantação de bancos de germoplasma. *Erva-mate: Biologia e Cultura no Cone Sul*, 323-345.
- [14] Gauer, L., & Cavalli-Molina, S. (2000). Genetic variation in natural populations of maté (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae) using RAPD markers. *Heredity*, 84, 647-656. doi: <http://doi.org/10.1046/j.1365-2540.2000.00687.x>
- [15] Schultes, R. (1979). Discovery of an Ancient Guayusa Plantation in Colombia. *Botanical Museum Leaflets*, 27(6), 143-153. doi: <http://doi.org/10.2307/41762818>
- [16] Dueñas, J., Jarrett, C., Cummins, I., & Logan-Hines, E. (2016). Amazonian Guayusa (*Ilex guayusa* Loes): A Historical and Ethnobotanical Overview. *Economic Botany*, 20(10), 1-7. doi: <http://doi.org/10.1007/s12231-016-9334-2>
- [17] Van Der Hulst, R., Mes, T., Falque, M., Stam, P., Den Nijs, J., & Bachmann, K. (2003). Genetic structure of a population sample of apomictic dandelions. *Nature Heredity*, 90, 326-335. doi: <http://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800248>
- [18] Pluess, A., & Stocklin, J. (2004). Population Genetic Diversity of the Clonal Plant Geum reptans (Rosaceae) in the Swiss Alps. *American Journal of Botany*, 91(12), 2013-2021. doi: <http://doi.org/10.3732/ajb.91.12.2013>
- [19] Gottlieb, L. (1973). Enzyme differentiation and phylogeny in *Clarkia franciscana*, *C. rubicunda* and *C. amoena*. *Evolution*, 27, 205-214. doi: <http://doi.org/10.2307/2406961>
- [20] Del Popolo, F., Oyarce, A., Ribotta, B., & Rodriguez, J. (2007). Indigenous peoples and urban settlements: spatial distribution, internal migration and living conditions. Vol. 78. Chile: United Nations Publications. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7219/S0700810_en.pdf?sequence=1

AUTHOR'S CONTRIBUTIONS

Andres Torres supervised research and wrote the paper; Juan Mosquera performed the experiments, analyzed the data and contributed in writing the paper; Viviana Jaramillo supervised research and helped in conducting experiments and data analysis; Venancio Arahana helped to design the experiments and data analysis; María de Lourdes Torres conceived and supervised the research, obtained the funds, and performed critical reading of the manuscript.

Composición y estructura de la comunidad de quirópteros en la parroquia Simón Bolívar, Sucumbíos, EcuadorPatricio Mena Valenzuela¹ *, Rubén Cueva Loachamín²¹ Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad, Rumipamba 341 y Av. De los Shyris, Casilla Postal: 17-07-8978. Quito, Ecuador.² Wildlife Conservation Society, Programa Ecuador, Avenida Granados N40-53 y París, Quito, Ecuador.*Corresponding Author / Autor para correspondencia, e-mail patricio.mena@ambiente.gob.ecEditado por/Edited by: Diego F. Cisneros-Heredia, PhD(c)
Recibido/Received: 2016-10-31 Aceptado/Accepted: 2017-05-15
Publicado en línea/Published online: 2017-12-13DOI: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.459>**Composition and structure of the chiropteran community at parroquia Simón Bolívar, Sucumbíos, Ecuador****Abstract**

We compare records of bats at four sites along an elevational gradient (640–1100 m) on the northeastern slope of the Cordillera Real of Ecuador. Two sites were covered by native forest (640m and 1100m) and two were intervened areas with crops and pastures surrounded by native forest (1100 m). Surveys were conducted in March 2012 (12 nights, 400 meters of mistnets for 48 hours). We captured 128 individuals of 30 species in total, 25 belong to the family Phyllostomidae, four Vespertilionidae, and one Thyropteridae. Thirteen species were recorded at native forest at 1100 m (S1), 16 in the native forest next to the Coca River at 640 m (S2), seven in grasslands surrounded by native forest at 1100 (S3), and 11 in grasslands and crops surrounded by native forest at 1100 (S4). The most abundant species was *Carollia brevicauda*, followed by *C. perspicillata*, which together accounted for 22.7% of the community. Sites S2 and S4 showed the highest similarity (11%). Bats of the frugivorous guild dominated the community (61%). Species richness, relative abundance, diversity indices, and trophic structure shows important variation at all sites. Native forest next to the Coca River (S2) had the highest values in richness and abundance, probably due to the combination of forest in good condition with small crops and pastures. It is estimated that the area would hold about 43 species.

Keywords: Andes, Bats, Chiroptera, Diversity, Sucumbíos, Trophic structure.**Resumen**

Se compararon los registros de murciélagos en cuatro sitios de la parroquia Simón Bolívar, Sucumbíos, Ecuador ubicados entre 640 y 1100 m de altitud en la ladera Amazónica de la Cordillera Oriental del Ecuador. Dos sitios correspondieron a bosque nativo (640 m y 1100 m) y dos fueron áreas intervenidas con cultivos y pastizal rodeadas de bosque nativo (1100 m). El muestreo se llevó a cabo en marzo de 2012 (12 noches, 400 metros de red durante 48 horas). En total, se capturaron 128 individuos distribuidos en 30 especies, de las cuales 25 pertenecen a la familia Phyllostomidae, cuatro Vespertilionidae y un Thyropteridae. Se registraron 13 especies en el bosque nativo ubicado a los 1100 m (S1), 16 en el bosque nativo ubicado en la margen derecha del río Coca a 640 m (S2), siete en pastizal rodeado de bosque nativo (S3), y 11 en el pastizal y chacra rodeados por bosque nativo (S4). La especie más abundante fue *Carollia brevicauda*, seguida de *C. perspicillata*, que representaron en conjunto el 22,7% de la comunidad. Los sitios S2 y S4 mostraron la mayor similitud (11%). El gremio frugívoro dominó la comunidad con más del 61%. Se concluye que la riqueza de especies, la abundancia relativa, los índices de diversidad y la estructura trófica experimentaron una variación con relación a los sitios muestreados, probablemente debido a la combinación de bosques en buen estado de conservación con pequeñas áreas de cultivo y pasto. El bosque nativo junto al río Coca (S2) presentó los mayores valores en riqueza y abundancia. De acuerdo al estimador, el área albergaría unas 43 especies.

Palabras clave: Andes, Chiroptera, Diversidad, Estructura trófica, Murciélagos, Sucumbíos.Mena Valenzuela, P. & Cueva Loachamín, R. (2017). *Composición y estructura de la comunidad de quirópteros en la parroquia Simón Bolívar, Sucumbíos, Ecuador*. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 9(15), 65-79

INTRODUCCIÓN

Los bosques de la Amazonía están considerados como altamente diversos [1]. Esta gran diversidad se debe principalmente a la alta precipitación no estacional, la cercanía a los Andes, la complejidad de los suelos, la abundancia de ríos y una particular historia biogeográfica, que crean un mosaico muy variado de hábitats [2–4]. La Amazonía, por su alta concentración de especies y amenaza, está considerada como uno de los 10 puntos calientes de biodiversidad (*hotspots*) en los trópicos [5]. La riqueza biológica de la Amazonía ecuatoriana es, sin duda, una de las más importantes de la región [6, 7]; más del 50% de los mamíferos de Ecuador se encuentran en la Amazonía [8]. En Ecuador, los quirópteros están entre los grupos más diversos con 171 especies [9], lo que constituye casi el 41% de los mamíferos registrados (414 especies).

Los murciélagos son de gran interés desde el punto de vista biológico, ecológico y de conservación. Su función en los ecosistemas ha sido remarcada pues la mayoría son dispersores de semillas y polinizadores [10-14 y controladores de las poblaciones de insectos [15]. El análisis e interpretación ecológica de las comunidades de murciélagos desde su función provee una nueva perspectiva y valoración de estos organismos en el ambiente [16-18]. Este trabajo se enfoca en caracterizar y comparar la comunidad de quirópteros presentes en cuatro sitios en la ladera Amazónica norte de la Cordillera Oriental del Ecuador. Como parte de esta caracterización procedemos a identificar y comparar los grupos funcionales/categorías tróficas de los quirópteros presentes en los hábitats estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los sitios de muestreo se ubican en la provincia de Sucumbíos, cantón Gonzalo Pizarro, parroquia Simón Bolívar (Fig. 1). Los sitios se establecieron entre el poblado Simón Bolívar y el río Coca, cubriendo un rango altitudinal entre 1200 m y 640 m. El ingreso se realizó por la vía hacia la casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. El área incluye bosques nativos y áreas intervenidas

que comprenden asociaciones de bosque con pastizal y bosque con cultivos. Los bosques de la zona alta presentan fuertes pendientes que descienden al río Coca; en algunos lugares hay pequeñas superficies planas y onduladas. Los márgenes del río Coca están formados por paredes verticales y en algunos lugares terrazas planas a onduladas con afloramientos rocosos, cubiertos de bosque nativo donde predominan *Iriartea deltoidea* Palmas de pambil y *Wettinia maynesis* Chonta o Kili. Ecológicamente, el área corresponde a la formación vegetal de Bosque Siempreverde Piemontano [19] y, de acuerdo a Sierra, corresponde a Bosques Amazónicos de Tierras Bajas (<600 m de altitud), Bosque Siempreverde Piemontano (600 m a 1300 m de altitud) y los Bosques Siempreverdes de Montaña (1300–2000 m de altitud) [20]. A continuación, una descripción detallada de los sitios de muestreo:

(S1) Bosque nativo en buen estado de conservación: Este bosque se encuentra en la parte alta a 1100 m de altitud (Fig. 1). El ingreso se realiza por el km 11,5 de la vía de acceso a la casa de máquinas. Este bosque es continuo y en buen estado de conservación. La topografía es irregular y se desprenden pequeñas quebradas que desembocan en el río Coca. El sotobosque es denso, el estrato medio es definido y el dosel está formado por copas de árboles grandes, aunque hay pequeños claros dispersos con vegetación pionera herbácea y arbustiva, producto de la caída de ramas y árboles viejos. El área presenta pequeñas islas de *Guadua* sp. Caña guadua. Las especies arbóreas sobresalientes son representantes de las familias Moraceae, Rubiaceae, Annonaceae, Lauraceae y Fabaceae. Son comunes *Cecropia* spp. Guarumos, *Cyathea* sp. Helechos arbóreos y varias especies arbustivas del género *Piper*. En los árboles están presentes las epifitas (Bromeliaceae), anturios (Araceae) y orquídeas (Orchidaceae). Las redes fueron colocadas en las coordenadas 0.114425°N y 77.441922°O.

(S2) Bosque nativo de la margen derecha del río Coca: Está ubicado en el km 19 de la vía de acceso a la casa de máquinas (Fig. 1). El sitio de estudio fue ubicado cerca al río Coca, la vegetación está asentada en un substrato pedregoso con una capa delgada de suelo de topografía plana. Los árboles no forman un dosel continuo, la vegetación arbórea forma pequeñas islas con sotobosque denso. La

topografía está formada por quebradas, pozas pequeñas y áreas inundadas de pequeña y gran extensión que se llenan de agua cuando llueve. El dosel está formado por abundantes *Wettinia maynensis* Palmas de kili o Chonta e *Ireartea deltoidea* Pambil, otras especies que caracterizan al sitio son los árboles de *Ladenbergia oblongifolia* Cascarillo, *Cedrela odorata* Cedro, *Protium fimbriatum* Copal y *Brosimum utile* Sande, también sobresale *Cecropia* spp. Guarumos, *Tovomita wenddeliana* Pulpo, *Vismia* spp. Achotillo, y varias especies de *Miconia* spp. Colca. Esta área ha sido intervenida; durante el trabajo de campo observamos vestigios de extracción selectiva de varias especies maderables, así como algunas áreas de cultivo abandonadas en las que se está regenerando la vegetación nativa. Las redes fueron colocadas en un sitio boscoso de coordenadas 0.132783°N y 77.437111°O a 640 m de altitud.

(S3) Pastizal rodeado de bosque nativo: Es un pastizal pequeño de aproximadamente 1,5 ha, con muy pocos árboles aislados y que se encuentra rodeado de un bosque nativo intervenido. El bosque presenta hasta tres estratos con algunos árboles emergentes y el sotobosque es denso. Se notan algunos signos

de intervención antrópica como árboles talados y tablones aserrados. La topografía es irregular, con una pendiente pronunciada en la parte occidental. Las redes fueron colocadas en el centro del pastizal en las coordenadas 0.093383°N y 77.429592°O a 1100 de altitud (Fig. 1).

(S4) Pastizal y chacra rodeados de bosque nativo: Este sitio se encuentra al costado derecho de la vía de acceso a la casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (Fig. 1). Se ingresa por el km 4, al lado derecho hay un sendero que desciende a una terraza donde los propietarios realizan actividades agropecuarias. Es un mosaico de vegetación formado por pasto con pocos árboles dispersos, cultivos, pequeñas áreas con bosque secundario y un remanente de bosque maduro en la ladera occidental de donde descienden quebradillas que desembocan en el río Coca. Las especies cultivadas en la chacra fueron *Musa paradisiaca* Plátano, *Theobroma cacao* Cacao, *Coffea arabica* Café, *Citrus limonum* Limón, *Bactris gasipaes* Chontaduro y *Cardulovica palmata* Paja toquilla. Las redes fueron colocadas entre la chacra y el pastizal, en las coordenadas 0.059542°N y 77.433011°O, a 950 m de altitud.

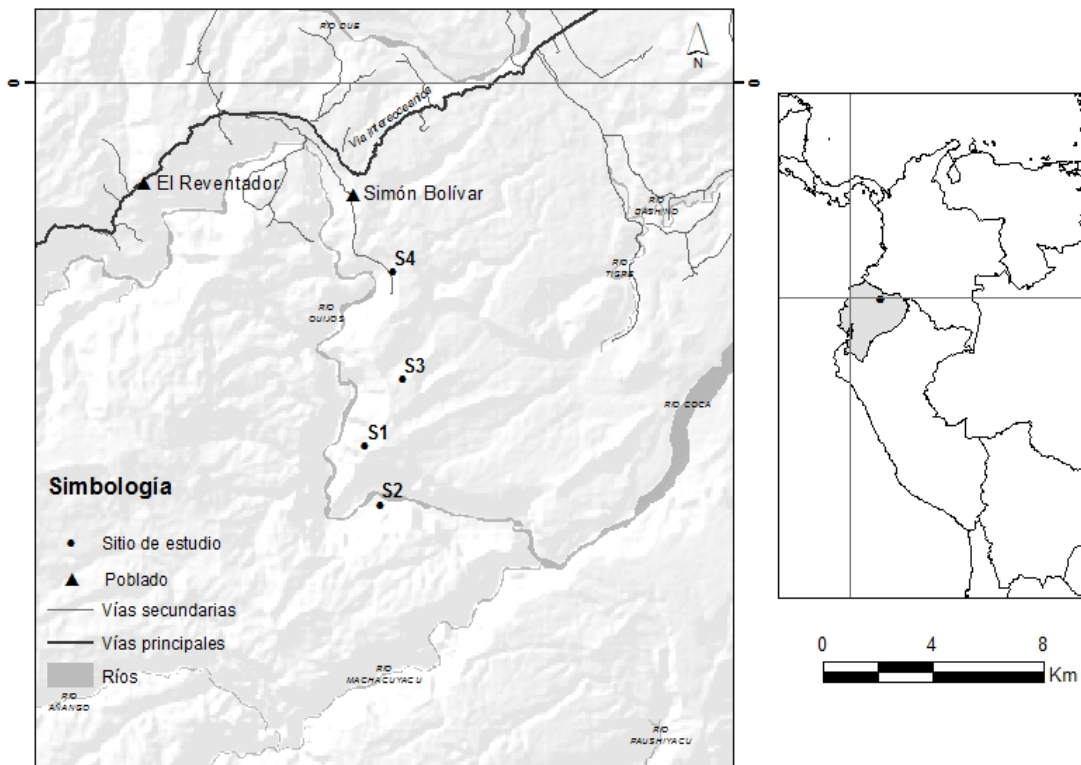


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo de murciélagos (S) en la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbios, Ecuador.

Métodos de campo

El trabajo de campo se realizó entre el 16 y 26 de marzo de 2013. Los murciélagos fueron capturados en redes de niebla [21] colocadas en lugares con alta probabilidad de captura. En cada sitio, se situaron ocho redes de niebla de 12 m de longitud por 2,5 m de ancho, formando dos líneas de cuatro redes cada una, ubicadas una a continuación de la otra y separadas de acuerdo a la topografía del terreno y experiencia de los investigadores. Las redes permanecieron abiertas desde las 18h15 hasta las 22h00 (tres horas 45 minutos red/noche), durante dos noches consecutivas en cada uno de los cuatro sitios de muestreo. Las redes fueron revisadas cada 20 minutos aproximadamente. Los murciélagos capturados fueron identificados en el campo usando las guías de campo de Albuja [22], Tirira [23] y el conocimiento y experiencia de los investigadores. Se tomaron medidas corporales con un calibrador digital Buffalo Tools, la masa con una Pesola, se tomaron fotografías y posteriormente los murciélagos fueron liberados.

El análisis de datos consideró la riqueza y abundancia. La riqueza es el número de especies por sitio y la suma de las especies registradas en todos los sitios estudiados. La abundancia es el número de individuos por especie. La abundancia relativa (P_i) de las especies de cada sitio y del total del muestreo se

presentan en curvas de dominancia-diversidad [24]. La diversidad entre sitios se comparó con el índice Shannon [24] y Shannon Exponencial [25, 26]. Se analizó la estructura funcional agrupando los registros de captura en categorías tróficas: insectívoros, frugívoros; nectarívoros y omnívoros. Se midió la similitud entre sitios mediante el índice de Jaccard [24], con esta información se realizó un análisis de conglomerados [27]. La representatividad del muestreo se presenta en una curva de acumulación de especies y el número posible de especies presentes en el área se calculó mediante un estimador (Jack-nife 1) con el programa estadístico BiodiversityPro. La categoría de amenaza de las especies se presenta de acuerdo al Libro Rojo de mamíferos del Ecuador [8] y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) [28]. La nomenclatura taxonómica de las especies se basa en Tirira [9].

Métodos de laboratorio

Los ejemplares de difícil identificación fueron colectados para su posterior determinación en el laboratorio. Estos fueron preparados como pieles o preservados en una solución de etanol al 95%. Estos especímenes fueron depositados en la colección de mamíferos del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad.



Carollia brevicauda, Phyllostomidae

Carollia perspicillata, Phyllostomidae

Carollia perspicillata, Phyllostomidae



Phyllostomus hastatus, Phyllostomidae

Lonchophylla robusta, Phyllostomidae

Miconycteris hirsuta, Phyllostomidae

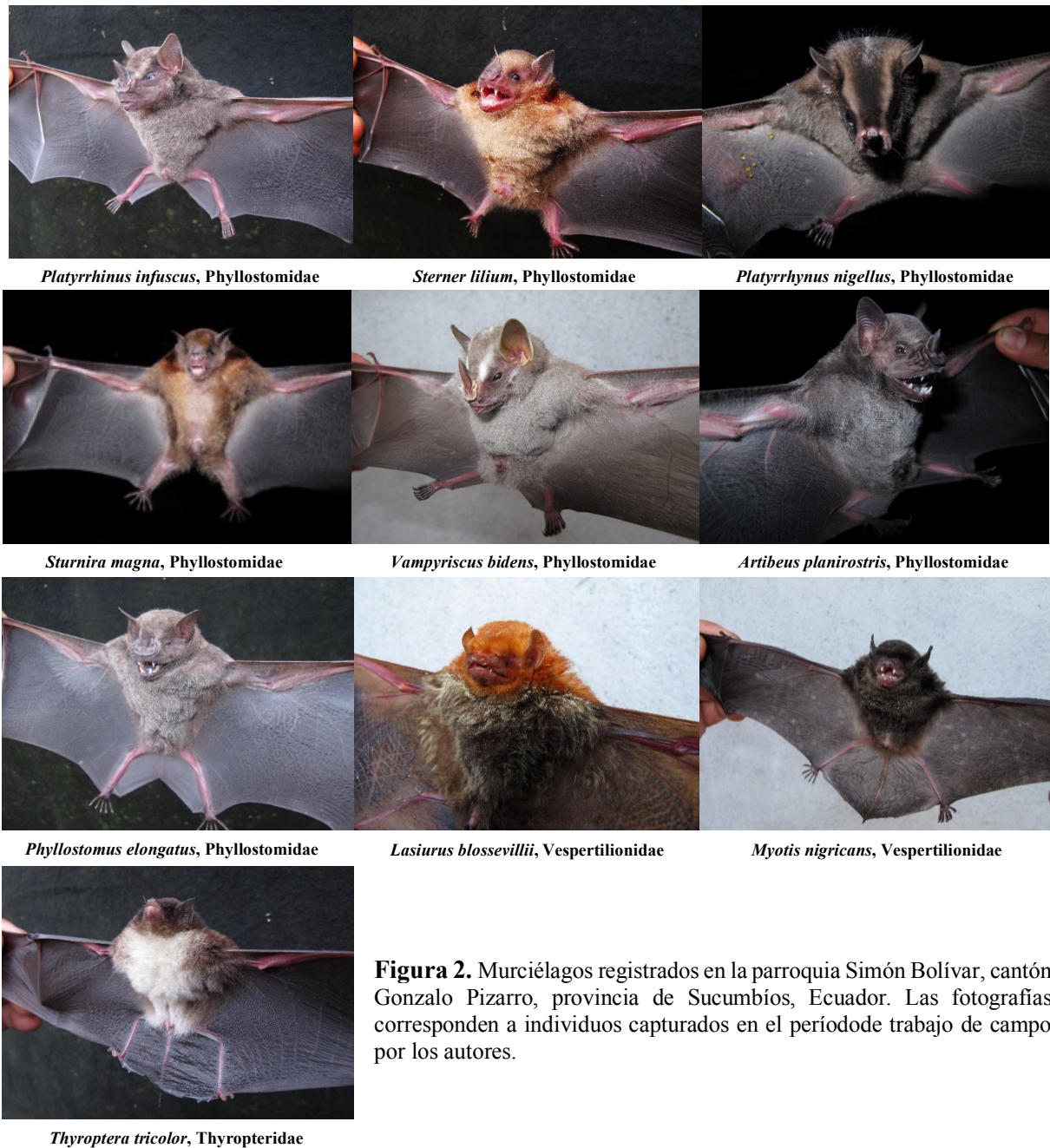


Figura 2. Murciélagos registrados en la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, Ecuador. Las fotografías corresponden a individuos capturados en el período de trabajo de campo por los autores.

RESULTADOS

Riqueza, abundancia y composición total

Capturamos un total de 128 murciélagos de 30 especies y tres familias en toda el área de estudio (Tabla 1, Fig. 2). La familia más diversa fue Phyllostomidae con 25 spp., seguida por Vespertilionidae (4 spp.) y Thyropteridae (1 spp.). La subfamilia Stenodermatinae (Phyllostomidae) fue la más diversa con 12 spp., seguida de Phyllostominae (6 spp.), Carrollinae (4 spp.) y Glossophaginae (3 spp.). El 94,53% (121 individuos) de los murciélagos

capturados pertenecieron a la familia Phyllostomidae. La curva de acumulación, calculada en relación al esfuerzo de muestreo incremental con la inclusión de cada sitio adicional, se muestra en ascenso (Fig. 3). Esto sugiere que, aumentando el esfuerzo, se incrementaría el número de especies. Según el estimador (Jack-nife 1), la riqueza de especies del área de estudio llegaría a 44 especies. Se estima por lo tanto que, el número de especies registradas en este estudio representa el 69% de los quirópteros posiblemente presentes en el área

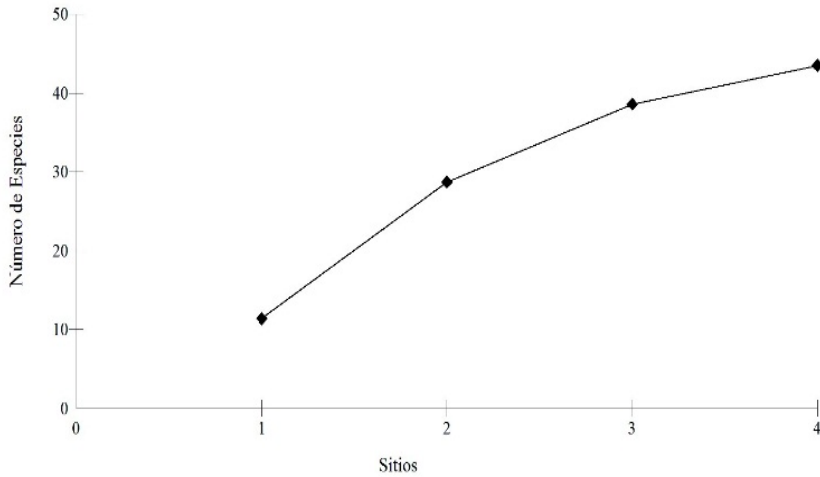
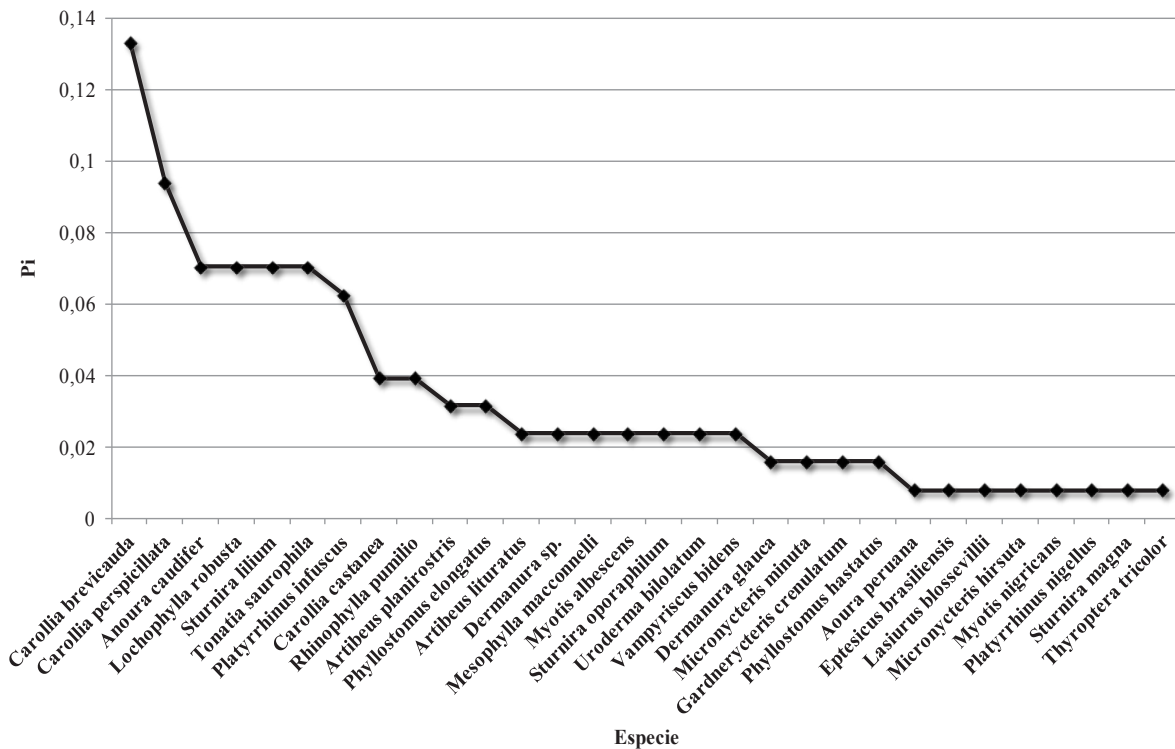


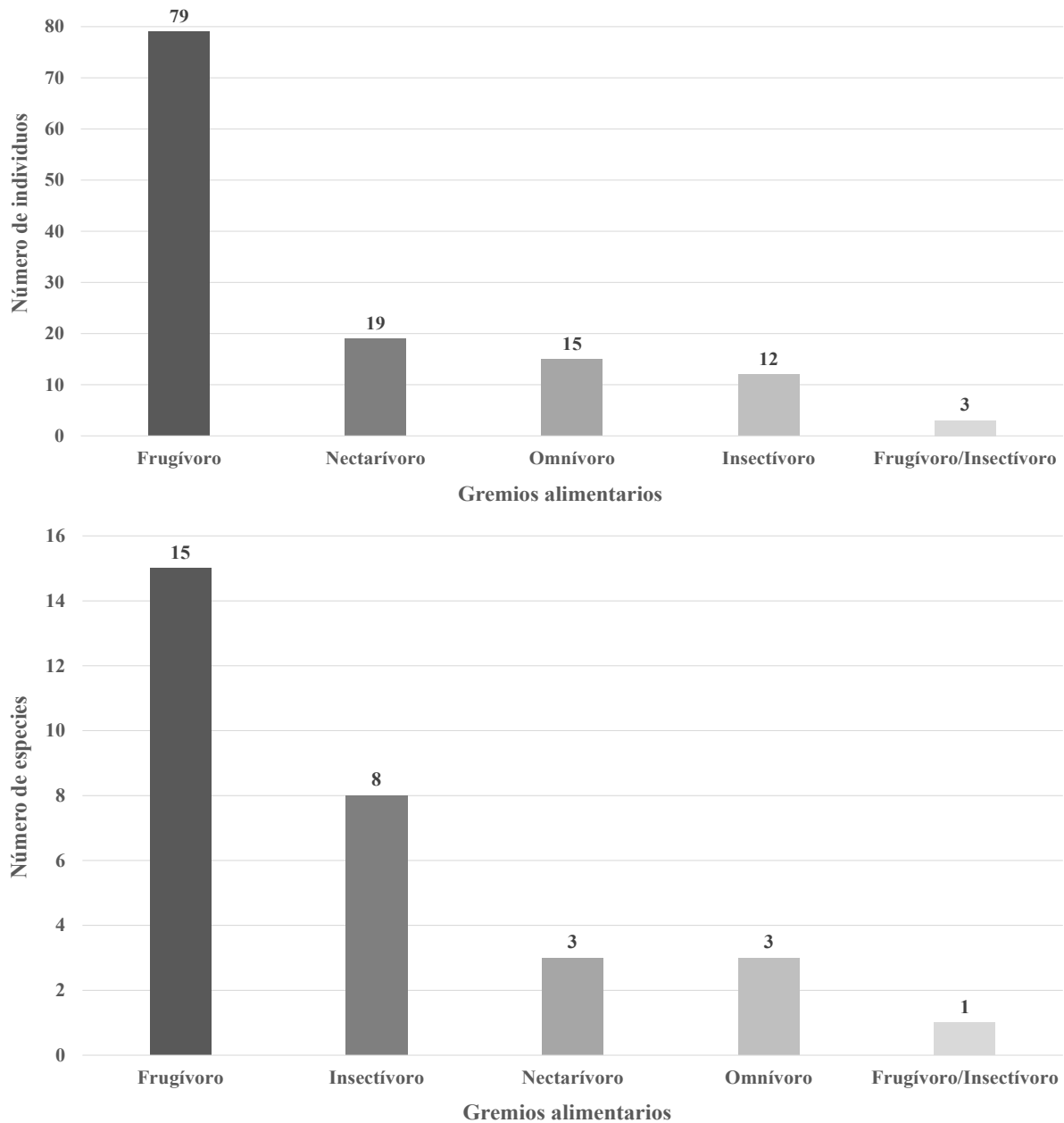
Figura 3. Curva de acumulación de especies de murciélagos registradas en la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, Ecuador, entre el 16 y 26 de marzo de 2013. La curva se expresa en relación al esfuerzo de muestreo incremental con la inclusión de cada sitio adicional (S1 a S4, ver texto para descripción del esfuerzo de colección y de los sitios)

Las especies más abundantes fueron el Murciélago sedoso de cola corta *Carollia brevicauda* y el Murciélago común de cola corta *C. perspicillata*, con 17 y 12 individuos respectivamente. Estas dos especies constituyeron el 22,7% del total de especímenes capturado. Tres especies de glosófaginos (*Anoura caudifer*, *A. peruana* y *Lonchophylla robusta*) acumulan una abundancia considerable ($n = 19$) y constituye casi el 15% de los individuos capturados. *Carollia*

brevicauda fue la especie dominante ($P_i = 0,133$) en toda el área de estudio (Fig. 4). Los murciélagos registrados en el área de estudio pertenecen a cinco gremios alimentarios: frugívoros (50%), insectívoros (26,7%), omnívoros (10%), nectarívoros (10%) y frugívoro/insectívoro (3%) (Tabla 1, Fig. 4). Los frugívoros fueron los más abundantes con 79 individuos (61,7%), seguidos por nectarívoros (14%), omnívoros (11,7%), e insectívoros (9,4%) (Fig. 4).

Figura 4. Datos de la comunidad de quirópteros en cuatro sitios de estudio en la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, Ecuador, entre el 16 y 26 de marzo de 2013. Arriba: Curva de dominancia-diversidad, P_i = Proporción de individuos. Centro: Riqueza de especies. Abajo: Abundancia





De las 30 especies de murciélagos registrados, solamente dos especies están mencionadas dentro de la categoría de Casi Amenazada (NT): *Sturnira oporophilum* a nivel global [28] y *Sturnira magna* a nivel nacional [8]. Veintitres especies son consideradas como Preocupación menor (LC) a nivel global y nacional. Para cinco especies no se ha evaluado su estado de conservación.

Riqueza, abundancia y composición por sitio

En el Bosque nativo en buen estado de conservación (S1) capturamos 45 murciélagos

de 13 especies y dos familias (Tabla 1). La familia más diversa fue Phyllostomidae con 12 spp., y solo se registró una especie de la familia Vespertilionidae. Las especies más abundantes fueron *Lonchophylla robusta* Murciélago anaranjado nectarario y *Platyrrhinus infuscus* Murciélago de nariz ancha marrón, con nueve y seis individuos respectivamente. En este sitio estuvieron presentes dos especies de murciélagos Glossophaginae (*Lonchophylla robusta* y *Anoura caudifer*), la suma de sus abundancias constituye el 31% de los murciélagos capturados. La especie dominante fue *Lonchophylla robusta* Murciélago nectarario anaranjado ($P_i=0,2$) (Fig. 5). Los murciélagos

registrados en S1 pertenecen a tres gremios alimentarios: frugívoros (61,5%), insectívoros (23,1%) y nectarívoros (23,1%) (Tabla 1, Fig. 5). Los frugívoros fueron los más abundantes

con 26 individuos (57,8%), seguidos por los nectarívoros (31%) y los insectívoros (11,1%) (Fig. 5).

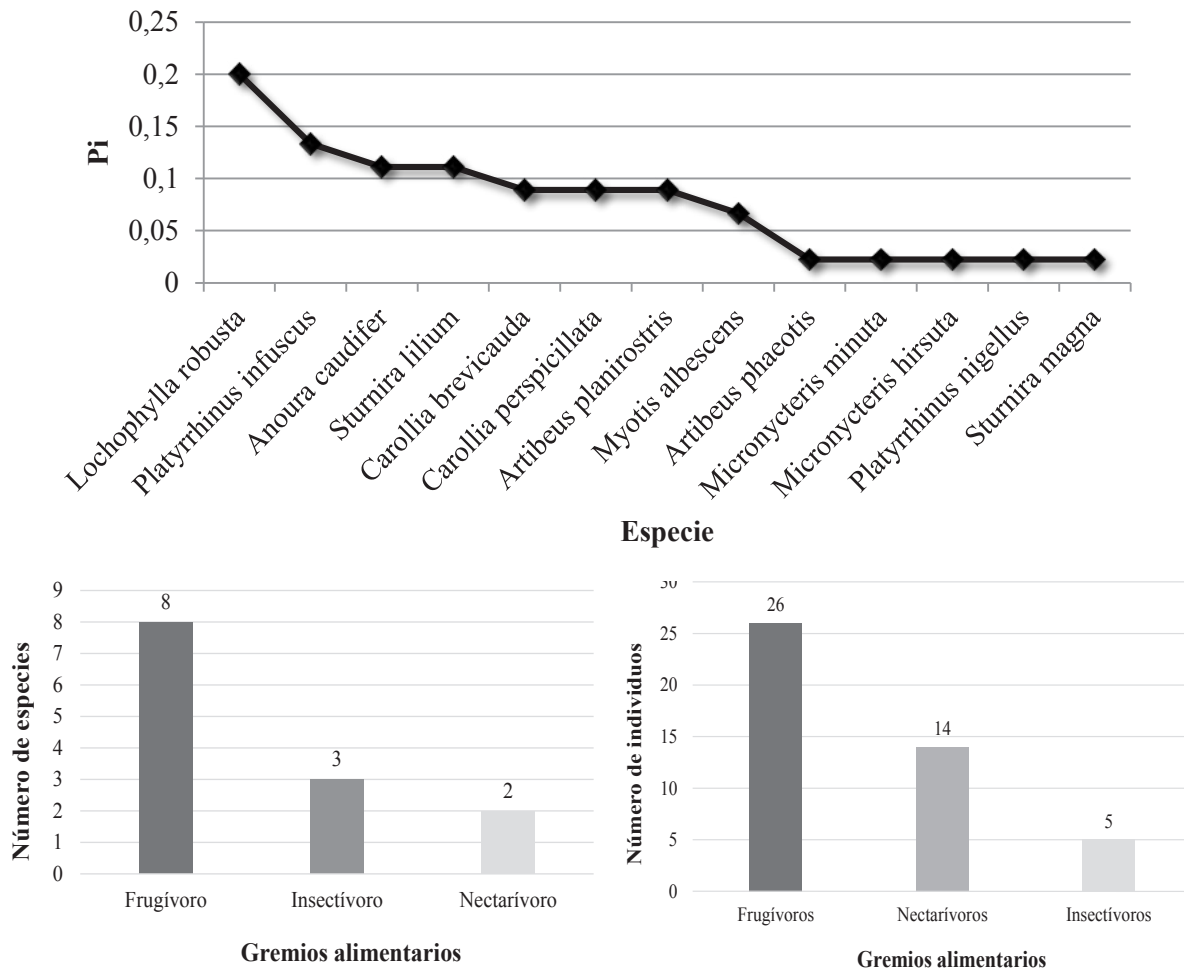


Figura 5. Datos de la comunidad de quirópteros capturados en Bosque nativo en buen estado de conservación (sitio S1) de la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, Ecuador. Arriba: Curva de dominancia-diversidad, Pi = Proporción de individuos. Abajo Izquierda: Riqueza de especies. Abajo Derecha: Abundancia.

En el Bosque nativo de la margen derecha del río Coca (S2) capturamos 46 murciélagos de 16 especies de la familia Phyllostomidae (Tabla 1). Las especies más abundantes fueron *Tonatia saurophila* Murciélago grande de orejas redondas con 9 individuos, *Carollia brevicauda* Murciélago sedoso de orejas cortas con 5, y *C. castanea* Murciélago castaño de cola corta con 5. Estas tres especies constituyeron el 41% de los murciélagos capturados y los dos primeros, el 30%. También capturamos cuatro individuos de *Anoura caudifer* Murciélago longirostro con cola, que constituyen el 8% de los murciélagos capturados. La curva de dominancia-diversidad muestra a *Tonatia saurophila* como la especie

dominante ($P_i=0,195652$) (Fig. 6). Los murciélagos registrados en S2 pertenecen a cinco gremios alimentarios: frugívoros (56,3%), omnívoros (18,8%), insectívoros (12,5%), nectarívoro (6,3%) y frugívoros/insectívoros (6,3%) (Tabla 1, Fig. 6). Los frugívoros fueron los más abundantes con 22 individuos (47,8%), seguidos por los omnívoros con 30% (Fig. 6).

En el Pastizal rodeado de bosque nativo (S3) capturamos 10 murciélagos de siete especies y dos familias (Tabla 1). La familia más diversa fue Phyllostomidae con 4 spp., mientras que la familia Vespertilionidae tuvo 3 spp. La especie

más abundante fue *Sturnira oporaphilum* Murciélago de hombros amarillos de oriente con 3 individuos, y fue la especie dominante ($P_i=0,3$) (Fig. 7). Los murciélagos registrados en S3 pertenecen a tres gremios alimentarios: frugívoros, insectívoros y nectarívoros, siendo los dos primeros los más representativos con 86% de las especies de la comunidad (Tabla 1, Fig. 7). Los frugívoros fueron los más abundantes con seis individuos (60%) (Fig. 7). En el Pastizal y chacra rodeados de bosque nativo (S4) capturamos 27 murciélagos de 11 especies y dos familias (Tabla 1). La familia Phyllostomidae fue la más diversa con 10 spp.,

mientras que la familia Tyropteridae tuvo una especie. Las especies más abundantes fueron *Carollia brevicauda* Murciélago sedoso de cola corta y *C. perspicillata* Murciélago común de cola corta, con 6 y 5 individuos respectivamente, y entre las dos constituyeron el 40,7% de los murciélagos capturados en este sitio. La especie dominante fue *Carollia brevicauda* ($P_i=0,22$) (Fig. 8). Los murciélagos registrados en S4 pertenecen a tres gremios alimentarios: frugívoros (81,8%), insectívoros (9,1%) y omnívoros (9,1%) (Tabla 1, Fig. 8). Los frugívoros fueron los más abundantes con 25 individuos (92,6%) (Fig. 8).

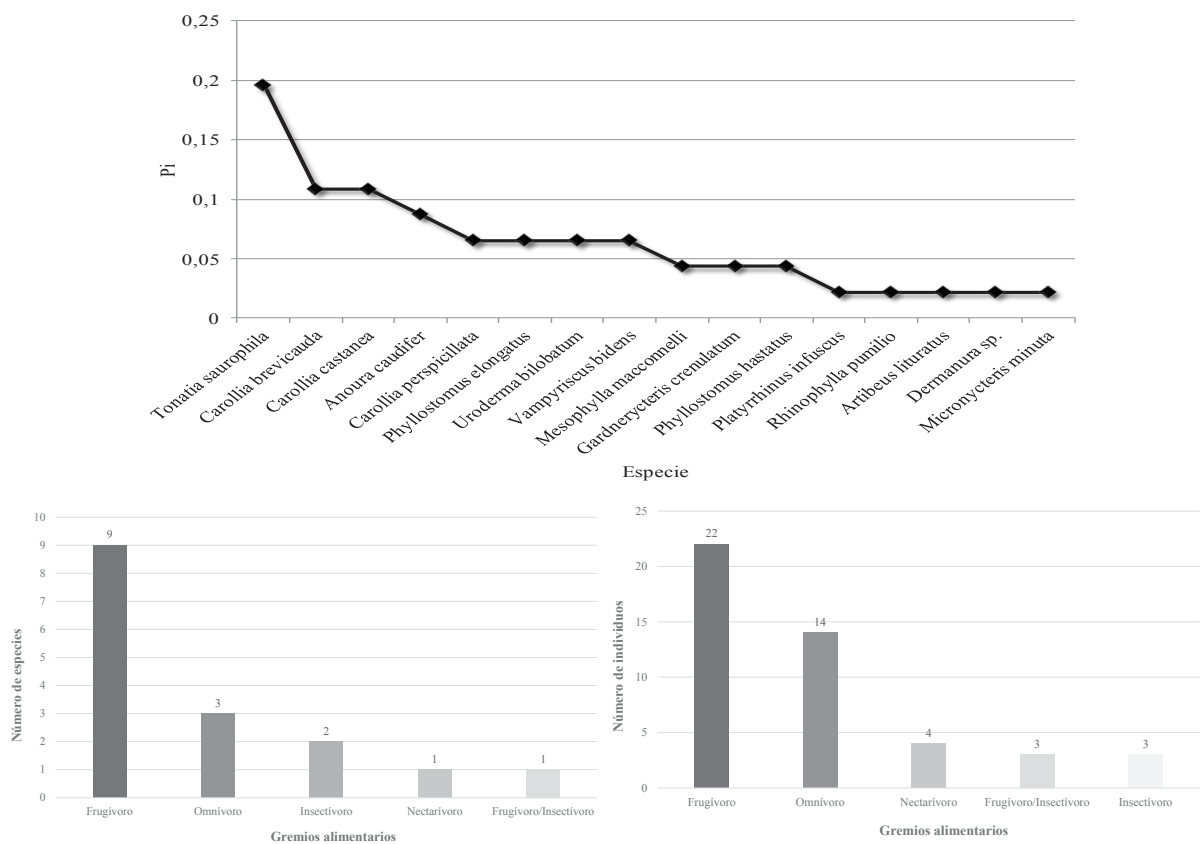


Figura 6. Datos de la comunidad de quirópteros capturados en Bosque nativo de la margen derecha del río Coca (sitio S2) de la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, Ecuador. Arriba: Curva de dominancia-diversidad, P_i = Proporción de individuos. Abajo Izquierda: Riqueza de especies. Abajo Derecha: Abundancia

Tabla 1. Murciélagos capturados en cuatro sitios de una localidad piemontana de la cordillera nororiental de Ecuador. Gremio alimentario: Frugívoro = Fr; Nectarívoro = Ne; Omnívoro = Om; Insectívoro = In. Sitios de estudio: S1 = Bosque nativo en buen estado de conservación; S2 = Bosque nativo de la margen derecha del Río Coca; S3 = Pastizal rodeado de bosque nativo; S4 = Pastizal y chacra rodeados de bosque nativo.

Familia / Especie	Nombre común	GA	S1	S2	S3	S4	Total
Phyllostomidae							
Carollinae							
<i>Carollia brevicauda</i>	Murciélago sedoso de cola corta	Fr	4	5	2	6	17

<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago común de cola corta	Fr	4	3	5	12
<i>Carollia castanea</i>	Murciélago castaño de cola corta	Fr		5		5
<i>Rhinophylla pumilio</i>	Murciélago frutero pequeño común	Fr		1	4	5
<u>Glossophaginae</u>						
<i>Anoura caudifer</i>	Murciélago longirostro con cola	Ne	5	4		9
<i>Lochophylla robusta</i>	Murciélago nectario anaranjado	Ne	9			9
<i>Anoura peruana</i>	Murciélago longirostro peruano	Ne			1	1
<u>Phyllostominae</u>						
<i>Tonatia saurophila</i>	Murciélago grande de orejas redondas	Om		9		9
<i>Phyllostomus elongatus</i>	Murciélago nariz de lanza menor	Om		3	1	4
<i>Micronycteris minuta</i>	Murciélago orejudo diminuto	In	1	1		2
<i>Micronycteris hirsuta</i>	Murciélago orejudo peludo	In	1			1
<i>Gardnerycteris crenulatum</i>	Murciélago rayado de nariz peluda	In		2		2
<i>Phyllostomus hastatus</i>	Murciélago nariz de lanza mayor	Om		2		2
<u>Stenodermatinae</u>						
<i>Sturnira lilium</i>	Murciélago pequeño de hombros amarillos	Fr	5		4	9
<i>Platyrrhinus infuscus</i>	Murciélago de nariz ancha marrón	Fr	6	1	1	8
<i>Artibeus planirostris</i>	Murciélago frutero de rostro plano	Fr	4			4
<i>Artibeus lituratus</i>	Murciélago frutero grande	Fr		1	1	1
<i>Dermanura sp.</i>	Murciélago frutero	Fr		1	2	3
<i>Mesophylla macconnelli</i>	Murciélago de Macconnell	Fr		2	1	3
<i>Sturnira oporaphilum</i>	Murciélago de hombros amarillos de Oriente	Fr			3	3
<i>Uroderma bilolatum</i>	Murciélago toldero común	Fr/In		3		3
<i>Vampyriscus bidens</i>	Murciélago de orejas amarillas de dos dientes	Fr		3		3
<i>Dermanura glauca</i>	Murciélago frutero chico plateado	Fr	1		1	2
<i>Platyrrhinus nigellus</i>	Murciélago peruano de nariz ancha	Fr	1			1
<i>Sturnira magna</i>	Murciélago grande de hombros amarillos	Fr	1			1
<u>Vespertilionidae</u>						
<i>Myotis albescens</i>	Murciélago vespertino plateado	In	3			3
<i>Eptesicus brasiliensis</i>	Murciélago marrón brasileño	In			1	1

<i>Lasiurus blossevillii</i>	Murciélago rojo del Sur	In	1	1
<i>Myotis nigricans</i>	Murciélago vespertino negro	In	1	1
Thyropteridae				
<i>Thyroptera tricolor</i>	Murciélago con ventosas de Spix	In	1	1
Total			45	46
			10	27
			128	

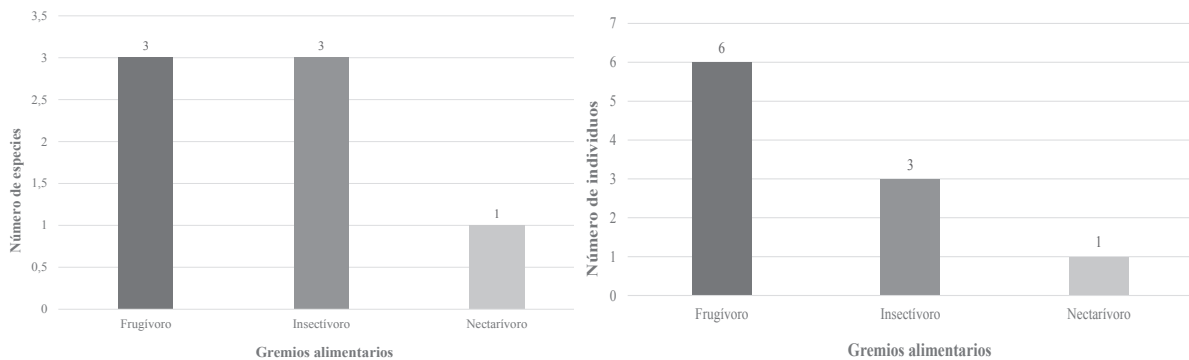
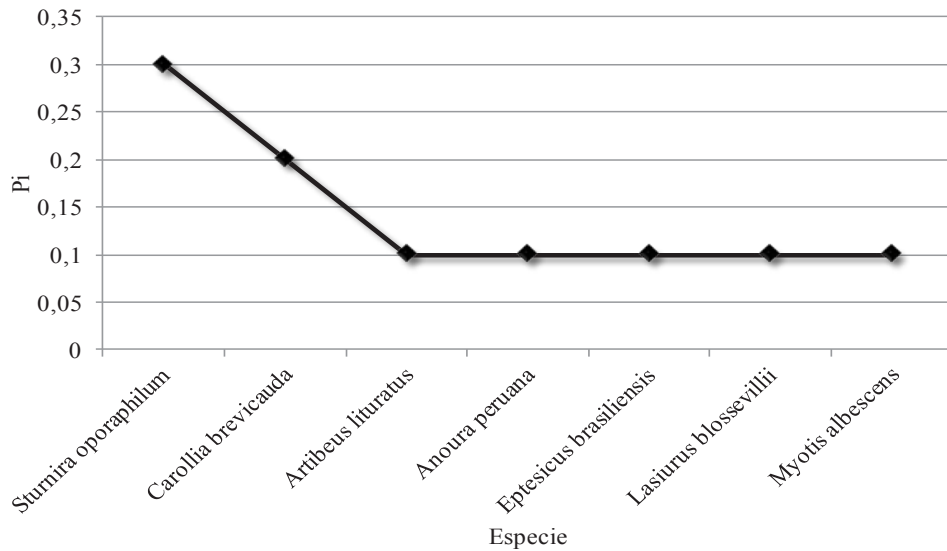


Figura 7. Datos de la comunidad de quirópteros capturados en Pastizal rodeado de bosque nativo (S3) de la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbios, Ecuador. Arriba: Curva de dominancia-diversidad, P_i = Proporción de individuos. Abajo-Izquierda: Riqueza de especies. Abajo-Derecha: Abundancia

La riqueza de especies entre los sitios varió de 7 a 16 especies. El Bosque de la margen derecha del río Coca (S2) tuvo la mayor riqueza con 16 especies. La abundancia de los sitios varió entre 10 y 46 individuos, con los sitios S1 y S2 mostrando las mayores abundancias de individuos. Una especie (*Carollia brevicauda*) fue registrada en todos los sitios, tres especies son compartidas entre tres sitios comunes y ocho especies entre dos sitios (Tablas 1–2). S2 presentó el mayor índice de diversidad (Shannon = 2,55) y el mayor número efectivo de especies (Shannon Exponencial = 12,82) (Tabla 2). S2 tuvo el mayor número de gremios,

mientras que los restantes sitios presentaron tres gremios. En todos los lugares, el gremio más abundante fueron los frugívoros. Los nectarívoros fueron abundantes en S1 y los omnívoros fueron abundantes en S2 (Tablas 1–2). Cada sitio tuvo especies únicas; el mayor número (6) fue registrado en S1 y S2 (Tablas 1–2). El análisis de similitud de especies de murciélagos entre los cuatro sitios de muestreo indica que S2 y S4 son los más similares (42,11%) (Fig. 9). Por otro lado, el análisis de similitud de relación a los grupos tróficos indica que S1 y S3 son los más similares (Fig. 9).

Notas sobre aspectos reproductivos

Entre los murciélagos capturados registramos 68 machos y 60 hembras. Observando la proporción de individuos entre machos y hembras de las especies más abundantes se observa que la proporción en *Carollia brevicauda* (n=17) fue 1,4:1; *Carollia perspicillata* (n=12) fue 1:1; *Lonchophylla*

robusta (n=9) y *Anoura caudifer* (n=9) fue 1:1,3, en ambos casos, y *Platyrrhinus infuscus* (n=8) fue 1:1,7. Cuatro hembras se encontraban preñadas (*Sturnira lilium*, *Carollia perspicillata*, *Tonatia saurophila* y *Phyllostomus elongatus*). Además, tres individuos fueron juveniles, y corresponden a las especies *Anoura caudifer*, *Carollia brevicauda* y *Platyrrhinus infuscus*.

Tabla 2. Comparación de las variables analizadas entre los cuatro sitios de muestreo.

	S1 Altitud: 1.100 m	S2 Altitud: 640 m	S3 Altitud: 1.100 m	S4 Altitud: 950 m	Total 640-1.100 m
Riqueza	13	16	7	11	30
Abundancia	45	46	10	27	128
Diversidad: Shannon	2,328	2,551	1,834	2,138	
Número efectivo de especies (Shannon Exponencial)	10,26	12,82	6,26	8,48	
No. Gremios alimentarios	3	5	3	3	5
No. Frugívoros	26	22	6	25	79
No. Nectarívoros	14	4	1	-	19
No. Insectívoros	5	3	3	1	12
No. Omnívoros	-	14	-	1	15
No. Frugívoro/Insectívoro	-	3	-	-	3
No. especies únicas	6	6	5	1	-

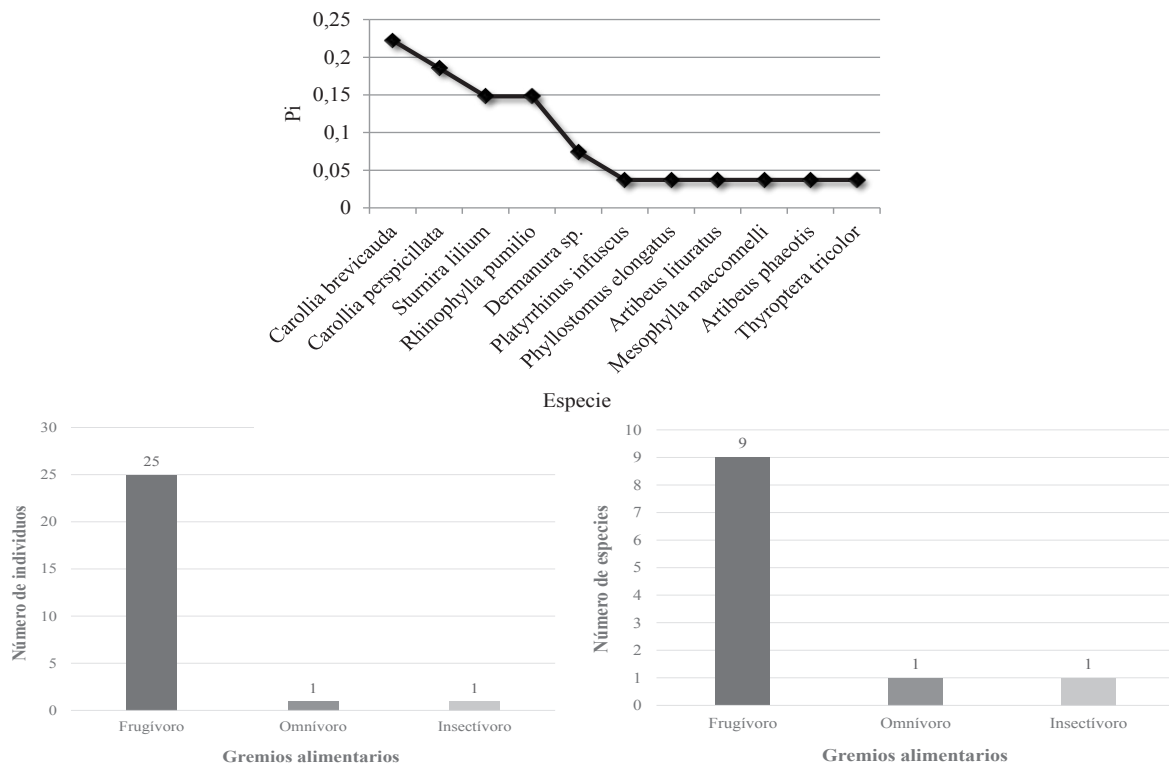


Figura 8. Datos de la comunidad de quirópteros capturados en Pastizal y chacra rodeados de bosque nativo (S4) de la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, Ecuador. Arriba: Curva de dominancia-diversidad, Pi = Proporción de individuos. Abajo Izquierda: Riqueza de especies. Abajo Derecha: Abundancia

DISCUSIÓN

Las 30 especies de murciélagos registradas en la parroquia Simón Bolívar representan el 17,6% de la riqueza del Ecuador. Si a estas especies se suman las 10 especies registradas en otros sitios dentro del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair [29], constituyen 23,5% de la riqueza de especies nacional, lo que indica una alta diversidad para este lugar. Cada sitio incrementó su riqueza con especies únicas. Esta diversidad puntual contribuye a la alta diversidad beta del área. La riqueza y la abundancia en los sitios boscosos (S1 y S2) fue mayor que en los sitios intervenidos (S3 y S4). Sin embargo, el mosaico formado por el pastizal y chacra rodeado de bosque nativo y pequeños fragmentos de bosque secundario en el interior está en tercer lugar, dejando en último lugar el pasto rodeado de bosque (S3). Este último lugar es un área pequeña y presentó la más baja diversidad taxonómica y trófica. Esto se debe a que esta área no ofrece refugio ni mayores recursos alimenticios. Los murciélagos capturados en este lugar seguramente fueron individuos que se encontraban de paso. Estos pequeños espacios con poca cobertura vegetal seguramente no mantienen una comunidad de quirópteros establecida. Los murciélagos capturados seguramente fueron aquellos que provenían de los alrededores boscosos (donde crecen especies pioneras de arbustos y árboles como *Piper* sp. y *Cecropia* sp, cuyos frutos constituyen alimento importante para los murciélagos frugívoros).

La fauna de quirópteros en el área estudiada es diversa y abundante, con seguridad el muestreo en otros lugares de la gradiente del área incrementará la riqueza. Los murciélagos presentes en la zona de estudio corresponden en su mayoría a especies de bosques húmedos tropicales bajos, aunque capturamos también una especie de distribución montana (*Anoura peruana*). La riqueza, abundancia, diversidad, así como la composición trófica varía entre los sitios estudiados. La mayor riqueza y abundancia la representan los murciélagos frugívoros (Phyllostominae y Stenodermatinae) dispersores de semillas. En todos los sitios los frugívoros fueron los más abundantes, las especies más abundantes en todos los sitios fueron los frugívoros de la subfamilia Carollinae; aunque otro grupo abundante fueron los nectarívoros Glossophaginae presentes en tres de los cuatro sitios. Las especies dominantes en los cuatro sitios estudiados fueron diferentes, pero tres de los sitios fueron dominados por especies frugívoras. El patrón de abundancia de frugívoros en el área de estudio es similar a los patrones encontrados en otros lugares del Neotrópico [30, 31], lo cual se explicaría por la permanente oferta de frutos [31, 32]. Este estudio muestra la gran diversidad de murciélagos de la familia Phyllostomidae endémicos de la región Neotropical [9, 33]. El 83% de las especies y el 94,53% de los individuos registrados pertenecen a esta familia. Estos murciélagos juegan roles ecosistémicos importantes al dispersar las semillas, polinizar las plantas y alimentarse de invertebrados y vertebrados [15, 34, 35].

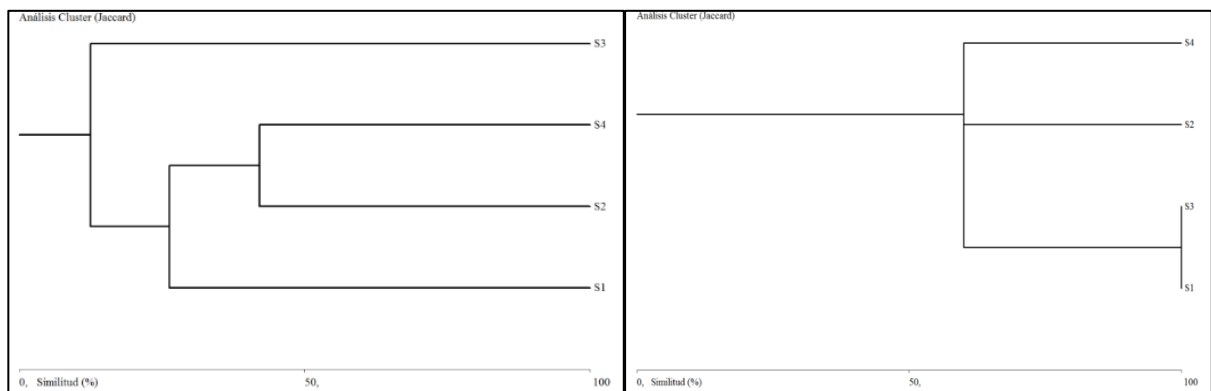


Figura 9. Dendrogramas mostrando el análisis de similitud (índice Jaccard) de especies (izquierda) y grupos tróficos (derecha) de la comunidad de quirópteros en cuatro sitios en la parroquia Simón Bolívar, cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, Ecuador, entre el 16 y 26 de marzo de 2013.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio formó parte del proyecto Estudio Florístico y Faunístico del Área de la Vía de Acceso a la casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair, ejecutado por el Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad. Un agradecimiento especial al Ing. Luciano Cepeda y a la Dra. Judith Ayala por el apoyo y facilidades en el campo, a Mesías Silva y Edwin Rebolier, empleados del Proyecto Coca Codo Sinclair, por su valiosa colaboración y asistencia en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

- [1] Ter Steege, H., Pitman, N., Sabatier, D., Castellanos, D., Van der Hout, P., Daly, D., Silveira, M., Phillips, O., Vásquez, R., Van Andel, T., Duivenvoorden, J.F., Adalardo, A., Ek, R., Lilwah, R., Thomas, R., Van Essen, J., Baider, C., Maas, P., Mori, S., Terborgh, J., Núñez, P., Mogollón, H. & Morawetz, W. (2003). A spatial model of tree α diversity and tree density for the Amazon. *Biodiversity and Conservation*, 12 (11), 2255–2277.
- [2] Vázquez, A. M. & Ulloa, R. (1997). Estrategia para la conservación de la diversidad biológica en el sector forestal del Ecuador. Quito: Proyecto FAO-PAFE y EcoCiencia.
- [3] Chase J. & Leibold, M. (2003). *Ecological niches: Linking classical and contemporary approaches*. Chicago: University of Chicago Press.
- [4] Tilman, D. & Pacala, S. (1993). The maintenance of species diversity in plant communities. En Ricklefs, R.; Schluter, D. (eds.). *Species diversity in ecological communities*. Chicago: University of Chicago Press (pp. 13–25).
- [5] Myers, N. (1988). Threatened biotas “hotspots” in tropical forest. *Environmentalist*, 8, 1–20.
- [6] Valencia, R., Balslev, H. & Paz y Miño, G. (1994). High tree alpha-diversity in Amazonian Ecuador. *Biodiversity and Conservation*, 3 (1), 21–28.
- [7] Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Brooks, T.M., Pilgrim, J.D., Konstant, W.R., Da Fonseca, G.A.B. & Kormos, C. (2003). *Wilderness and biodiversity conservation*. URL: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1732458100.
- [8] Tirira, D. (2011). *Libro rojo de los mamíferos del Ecuador*. 2° edición. Quito: Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Publicación Especial sobre los mamíferos del Ecuador 8.
- [9] Tirira, D.G. (2014). *Mamíferos del Ecuador: lista actualizada de especies/Mammals of Ecuador: Updated checklist species*. Versión 2014.2. Quito: Asociación Ecuatoriana de Mastozoología y Fundación Mamíferos y Conservación. URL: www.mamiferosdel ecuador.com (actualización: 16 diciembre 2014).
- [10] Fleming, T.H. & Heithaus, E.R. (1981). Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of the tropical forest. *Biotropica*, 13, 45–50.
- [11] Howe, H. & Smaliwood, H. (1982). Ecology of seed dispersal. *Ann Rev. Ecol. Syst*, 13, 201–205.
- [12] Connell, H. & Slatyer, R. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist*, 111, 1119–1144.
- [13] Guevara, S., Meave, J., Moreno, P.C., Laborde, J. & Castillo, S. (1994). Vegetación y flora de potreros en la sierra de los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana*, 28, 1–27.
- [14] Medellín, R. & Gaona, O. (1999). Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, México. *Biotropica*, 31(3), 478–485.
- [15] Kalko, E. (1998). Organization and diversity of tropical bat communities through space and time. *Zoology*, 101, 281–297.
- [16] Kalko, E., Handley, C. & Handley D. (1996). Organization, diversity and long-term dynamics of a neotropical bat community. En Cody, M.L., Smallwood, J.A. (eds.). *Long-Term Studies of Vertebrate Communities*. San Diego: Academic Press, 503–553.
- [17] Soriano, P. (2000). Functional structure of bat communities in tropical rainforests and andean cloud forests. *Ecotropicos*, 13(1), 1–20.
- [18] Flores-Saldaña, M. (2008). Estructura de las comunidades de murciélagos en un

- gradiente ambiental en la reserva de la biosfera y tierra comunitaria de origen Pilón Pajas, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 15(2), 309–322.
- [19] Palacios, W., Cerón, C., Valencia, R. & Sierra, R. (1999). Las formaciones Naturales de la Amazonía del Ecuador. En Sierra, R. (ed.). *Propuesta preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Quito: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
- [20] Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Quito: Proyecto GEF/INEFAN-BIRF y EcoCiencia.
- [21] Suárez, L. & Mena, P. (1994). *Manual de Métodos para inventarios de Vertebrados terrestres*. Quito: EcoCiencia.
- [22] Albuja, L. (1999). *Murciélagos del Ecuador*. 2da edición. Quito: Cicetrónica. Ltda. Offset.
- [23] Tirira, D. (2007). *Guía de campo de los Mamíferos del Ecuador*. 2da edición. Quito: Ediciones Murciélago Blanco.
- [24] Magurran, A.E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- [25] Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363–375.
- [26] Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88, 2427–2439.
- [27] Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. & Black, W.C. (1999). *Análisis Multivariante*. Quinta edición. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- [28] UICN. (2013). *Red List of Threatened Species*. Versión 2012.2. URL: www.iucnredlist.org (fecha de consulta: 06 mayo 2013.)
- [29] Coca Codo Sinclair. (2013). *Flora y fauna representativa del bosque piemontanos y montano bajo del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair*. Publicación Técnico-Divulgativa de la Empresa Pública Estratégica Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair. Quito: Imprenta Murgráfica.
- [30] Bolaños, T. (2000). *Dieta y estructura trófica de la comunidad de Chiroptera en cuatro áreas de bosque andino en el sector sur-occidental de la sabana de Bogotá, Colombia*. Trabajo de grado. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- [31] Soriano, P. (1983). *La comunidad de quirópteros de las selvas nubladas de los Andes de Mérida. Patrón reproductivo de los murciélagos frugívoros y las estrategias fenológicas de las plantas*. Tesis de Maestría. Mérida: Universidad de los Andes.
- [32] Rivas, P., Sánchez, P. & Cadena, A. (1996). *Estructura trófica de la comunidad de quirópteros en bosques de galería de la Serranía de la Macarena (Meta, Colombia)*. *Mammalogy: A memorial volume Honoring Dr. J. Knox Jones, Jr.* Texas: Museum of Texas University.
- [33] Mantilla-Meluk, H., Jiménez-Ortega, A.M. & Baker, R.J. (2009). *Phyllostomid bats of Colombia: Annotated checklist, distribution, and biogeography*. *Special Publications Museum of Texas Tech University*. 56: 1–44.
- [34] Timm, R. (1994). *The mammal fauna*. En McDade, L., Bawa, K., Hespenheide, H. & Hartshorn, G. (eds.). *La Selva: ecology and natural history of a Neotropical rainforest*. Chicago: University of Chicago Press (pp. 229–237).
- [35] Patterson, B., Willig, M. & Stevens, R. (2003). *Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization*. En T. Kunz y M. Fenton (eds.). *Bat ecology*. Chicago: University of Chicago Press (pp. 536–579).

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Juan M. Aguilar concibió la investigación, Boris A. Tinoco gestionó la adquisición de fondos y participó en la dirección del proyecto, Juan M. Aguilar adquirió, analizó e interpretó los datos; Boris A. Tinoco y Juan M. Aguilar participaron en la redacción del manuscrito.

**First information concerning nestling diet in the Bare-necked Fruitcrow
*Gymnoderus foetidus***

Tim Marlow

*The Stable Flat, Willoughby House, Moor Lane, Willoughby, CV23 8DB, UK.** Corresponding author/ Autor para correspondencia, e-mail: tim.marlow2@yahoo.co.uk**Editado por/Edited by:** Diego F. Cisneros-Heredia
Recibido/Received: 2017-03-23. **Aceptado/Accepted:** 2017-06-24
Publicado en línea/Published online: 2017-12-31DOI: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.891>**Primera información sobre la dieta de los polluelos del Cuervo Higuero Cuello pelado
*Gymnoderus foetidus*****Abstract**

Despite being widespread throughout most of the Amazon, the Bare-necked Fruitcrow *Gymnoderus foetidus* is poorly known and nestling diet is undocumented. I report herein the first observations on the nestling diet in this cotinga.

Keywords: Aves, cotinga, Cotingidae, diet, fruit, foraging, insects.

Resumen

A pesar de tener una amplia distribución en la mayor parte de la Amazonía, el Cuervo Higuero Cuello pelado *Gymnoderus foetidus* es poco conocido y la dieta de los polluelos no se ha documentado. En esta nota reporto las primeras observaciones sobre la dieta de pichones de esta cotinga.

Palabras Clave: Aves, cotinga, Cotingidae, dieta, frutas, forrajeo, insectos.

The Bare-necked Fruitcrow *Gymnoderus foetidus* occurs throughout most of the Amazon, principally in seasonally flooded forest along riverbanks and at the edges of oxbow lakes, although it also occupies drier areas in some parts of its range [1, 2]. Despite being widespread, the species is poorly known [2]. Kirwan and Green [2] stated that “only a few nests have ever been found” [1, 3]. Nesting has been documented between August and March at Sani Lodge in eastern Ecuador [4] and in September-November at Cocha Cashu, southeast Peru [5]. Elsewhere, a nest in Brazil was under construction in late January [6] with another, at an unknown stage, found in October [7]. The scant data available suggest that nests are typically sited on branches at considerable height with estimates mostly ranging from 20 – 40 m above ground [5, 4], although one nest in

Brazil was estimated as being just 6-10 m up [6]. The only records of young are from Ecuador and involve an early stage individual at Sani Lodge in late March [4] and a fledged juvenile in early August at the same locality [2]. Nestling diet is undocumented. Adults are “principally frugivorous” [2] and stomach contents of specimens largely comprise fruit and seeds [3, 8]. Field observations also suggest fruit is predominant with nests at Cocha Cashu often constructed near fruiting trees belonging to the family Lauraceae which appeared to be a favoured resource [5]. Labels attached to thirteen specimens in Louisiana State University Museum of Zoology make no mention of any arthropod remains in the stomach contents [3]. Evidence for insectivory comes from remains reported in stomach contents of birds collected in Suriname [9] and

observations of aerial feeding on ants or termites from Brazil [10]. Lane concluded that “insectivory may be fairly infrequent and opportunistic, as in the cases noted by Whittaker [10], or possibly seasonal” [3]. The comparatively recent growth in the construction

of canopy towers at Amazonian lodges provides occasional opportunities to observe this and other canopy dwelling species whose breeding behaviour is inadequately known.



Figure 1. Adult *Gymnoderus Foetidus* with insect prey visible in the bill. Photo by Jonás Oláh.

On 28 October 2016, an adult female *Gymnoderus foetidus* was discovered tending a single nestling, estimated to be in the early growth stage, at a height of c. 40m above ground in a *Ceiba* (Bombacaceae) tree at Sani Lodge, province of Napo, Ecuador. The adult was first noticed when it departed the tree at c. 06h00. It returned approximately five minutes later with a large red berry-like fruit, which it offered to the nestling on the top of a thick branch. The nest was not visible, the nestling’s head and neck only coming in to view when it reached up to take food from the adult. The adult then settled over the nestling, apparently brooding it. After c. 20 minutes the adult again left the nest and returned some 10-15 minutes later with three of the same fruits which it fed to the nestling. The adult then settled over the nestling again. By the time the adult next left the nest, at c. 07h00, the early-morning mist was

lifting and the temperature rising. After a fairly lengthy absence (time unrecorded) the adult returned with a large insect that it fed to the nestling. Over the next three hours, the adult was observed to return to the nest every 40-60 minutes with insect prey. Once an insect was gleaned from branches immediately adjacent to the nest, an unusual foraging technique amongst the Cotingidae although reminiscent of that employed by Amazonian Umbrellabird *Cephalopterus ornatus* [2]. Fruit was not delivered again during the observation period which ended at 10h30.

Whilst Pipridae and Cotingidae are largely frugivorous, arthropods and even vertebrates supplement their diet. The former often comprise the majority, or even the entirety of food items delivered to chicks in the nest [11–13]. An entirely frugivorous diet is somewhat

nutrient poor [12; 14] and it has been suggested that nestling development and growth rates benefit from the ingestion of insect prey rich in proteins [11]. Studies of the Palkachupa Cotinga *Phibalura boliviana* have shown that the percentage of fruit in the nestling diet increases with age [15], which would appear to support the view that insect food is particularly valuable during the early stages of a chick's development.

Whilst recognising that the observations reported here are anecdotal, it is interesting to consider the behaviour observed. It is probable that insect prey was harder to locate in the comparative cold of the early morning and the subsequent switch to provisioning with insect food as the air temperature increased and the mist evaporated is consistent with this hypothesis. Temporal changes over the course of the day in the diet of *Phibalura boliviana* have been documented [16] with an increase in the amount of time spent foraging for insects between early and mid-morning noted. Avalos [16] remarked that "foraging of insects could be related to insect abundance at certain times of day" and the availability or ease of capture of invertebrate prey relative to air temperature seems the most likely causal factor. The observations presented here are not entirely consistent with the behaviour described by Avalos [16] in *P. boliviana*, the switch in food items having occurred earlier. This is potentially unsurprising when the two species relative ranges are considered: *Gymnoderus foetidus* inhabits Amazonia, whilst *P. boliviana* occurs in subtropical forest at elevations of 1,300–1,900 m where average air temperatures will be slower to rise in the mornings. *Gymnoderus foetidus* has been observed taking airborne ants or termites at heights of c. 50m above the canopy as early as 05h45–06h00 [10]. It is also possible that some insect foraging patterns across the day may be related to the optimal activity periods of different prey. Though there is little evidence of insectivory in *G. foetidus*, data are limited and the delivery of food types to a nestling noted here may simply reflect the typical foraging behavior of the adult. An alternative possibility is that the observed behavior represented a deliberate strategy on the part of the adult. It seems reasonable to assume that the adult would possess knowledge of fruiting trees local to the nest site in which instance fruit could be

harvested more quickly than insects could be located and caught. Fruit could have been delivered early in the morning to ensure a rapid and reliable delivery of energy rich food to a nestling which would not have eaten for a protracted period.

ACKNOWLEDGEMENTS

I thank Guy Kirwan for his considerable assistance with the preparation of this manuscript.

REFERENCIAS

- [1] Snow, D.W. (1982). *The Cotingas*. London: British Museum (Natural History) and Oxford University Press.
- [2] Kirwan, G.M., & Green, G. (2011). *Cotingas and Manakins*. London: Christopher Helm.
- [3] Lane, D.F. (2003). First description of song display and other notes on the Bare-necked Fruitcrow (*Gymnoderus foetidus*, Cotingidae). *Ornitologia Neotropical*, 14, 491–497. Retrieved from <https://sora.unm.edu/node/119547>
- [4] Greeney, H.F., & Gelis, R.A. (2008). Further breeding records from the Ecuadorian Amazon lowlands. *Cotinga*, 29, 62–68. Retrieved from <http://www.neotropicalbirdclub.org/wp-content/uploads/2015/05/C29-Greeney-Gelis.pdf>
- [5] Robinson, S.K. (1997). Birds of a Peruvian oxbow lake: populations, resources, predation and social behaviour. In Remsen, J.V. (Ed.) *Studies in Neotropical Ornithology Honoring Ted Parker*. Ornithological Monographs 48, 613–639. Washington, D.C.: American Ornithologists Union. doi: <http://doi.org/10.2307/40157558>
- [6] Bérault, E. (1970). The nesting of *Gymnoderus foetidus*. *Ibis*, 112, 256. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1970.tb00097.x>
- [7] Sick, H. (1957). Roßhaarpilze als Nesthau-Material brasilianischer Vögel. *Journal of Ornithology*, 98, 421–431. doi: <http://doi.org/10.1007/BF01671688>
- [8] Schubart, O, Aguirre, A.C., & Sick, H. (1965). Contribuição para o

- conhecimento da alimentação das aves brasileiras. *Arquivos de Zoologia*, 12, 95–249.
- [9] Haverschmidt, F. (1968). *Birds of Surinam*. London: Oliver and Boyd.
- [10] Whittaker, A. (1996). Notes on breeding behaviour, diet and anting of some cotingas. *Bulletin British Ornithological Club*, 116(1), 58–62. Retrieved from <http://www.biodiversitylibrary.org/part/76898#/>
- [11] Morton, E. (1973). On the evolutionary advantages and disadvantages of fruit eating in tropical birds. *The American Naturalist*, 107(953), 8–22. doi: <http://doi.org/10.1086/282813>
- [12] Moermond, T.C., & Denslow, J.S. (1985). Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology, and nutrition, with consequences for fruit selection. *Ornithological Monographs*, 36, 865–897. doi: <http://doi.org/10.2307/40168322>
- [13] Stutchbury, B., & Morton, E. (2001). *Behavioral Ecology of Tropical Birds*. London: Academic Press.
- [14] Herrera, C.M. (2001). Seed dispersal by vertebrates. In C.M. Herrera & O. Pellmyr (Eds.). *Plant-animal Interactions. An Evolutionary Approach* (185–208). Oxford: Blackwell Science.
- [15] Avalos, V. (2015). Diet composition of nestlings and adults of the threatened Bolivian Swallow-tailed Cotinga *Phibalura flavirostris boliviana* (Aves: Passeriformes: Cotingidae) in Bolivia. *Journal of Threatened Taxa*, 7(10), 7649–7654. doi: <http://dx.doi.org/10.11609/JoTT.o4181.7649-54>
- [16] Avalos, V. (2009). Aspectos del comportamiento de forrajeo de *Phibalura flavirostris boliviana* (Cotingidae, Passeriformes). *Ecología en Bolivia*, 44, 62-66. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282009000100007

Publicación de contaminantes atmosféricos de la estación de monitoreo de la ciudad de Cuenca, utilizando servicios estándares OGCChester Sellers¹, Claudia Espinoza²¹Universidad del Azuay, Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, calle 24 de mayo 767 y Hernán Malo, Casilla 01-01-981, Cuenca, Ecuador.²Empresa Pública Municipal de Movilidad Transito y Transporte de Cuenca, calle Carlos Arizaga Toral y Tarquino Cordero, Cuenca, Ecuador.*Corresponding Author / Autor para correspondencia, e-mail: csellers@uazuay.edu.ec

Editado por/Edited by: María del Carmen Cazorla.

Recibido/Received: 2016-11-21. Aceptado/Accepted: 2017-02-07.

Publicado en línea/Published online: 05-04-2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.300>**Publication of atmospheric pollutants from the monitoring station of the city of Cuenca, using OGC service****Abstract**

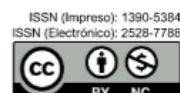
Air pollution is a threat to human health and the environment itself. It requires taking action about prevention, control and mitigation of impacts. For this purpose, the Municipal Canton of Cuenca through the Municipal Transit Mobility and Transport deployed a continuous monitoring station of air pollutants. This monitoring station, however, has limitations related to the publication of the information captured which currently is published only in printed documents and lacking of web publication. The aim of this work is to develop a mechanism to manage and publish the recorded information with the continuous monitoring station of air pollutants aiding the local authorities, technical and civil society in general. This is done by generating an overall or general air quality index (IGCA in Spanish) and by publishing have been used the national standard, this is the Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA in Spanish) and the international standard of the Environmental Protection Agency (EPA). For web publishing, it has been used the standard Sensor Observation Service (SOS) of the Open Geospatial Consortium (OGC). The results are presented as a platform for management, monitoring and publication of Cuenca city air pollutants (O₃, CO, NO₂, SO₂, and PM_{2.5}). Besides presenting the overall air quality index and indexes for each recorded pollutant, it is also published statistical graphs showing the temporary behavior of pollutants. This platform has the potential to become a tool for environmental management and decision making contributing to the “buen vivir” (well-being/living) of Cuenca.

Keywords: Atmospheric Contaminants, Sensor Observation Service, Sensor Enablement, Air Quality Index, Particulate Matter, Ozone.

Resumen

La contaminación del aire ambiente es una constante amenaza para la salud humana y el ambiente, requiriendo la toma de decisiones respecto a la prevención, control y mitigación de sus impactos. Para tal fin el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Cuenca (GAD Municipal de Cuenca), y en particular la Empresa Municipal de Movilidad Transito y Transporte (EMOV-EP), dispone de una estación de monitoreo continuo de contaminantes atmosféricos. Este sistema de monitoreo, sin embargo, presenta limitaciones relacionadas con la publicación de la información capturada, siendo actualmente publicada únicamente en medios impresos y almacenada sin divulgación en la web. El objetivo de este trabajo es desarrollar un mecanismo para gestionar y publicar la información registrada en la estación de monitoreo continuo de contaminantes atmosféricos para beneficio de autoridades locales, técnicos y la sociedad civil en general. Esto se realiza a través de la generación de un índice general de la calidad aire (IGCA) y la difusión de dicha información en la web por medios que sean de fácil acceso y comprensión para la sociedad en común. Para el IGCA se utiliza la normativa nacional Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

Sellers, C. & Espinoza, C. (2017). Publicación de contaminantes atmosféricos de la estación de monitoreo de la ciudad de Cuenca, utilizando servicios estándares OGC *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 9(15), 84-96



(TULSMA) y la normativa internacional proporcionada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América (EPA, por sus siglas en inglés). Para el aplicativo web se utiliza el servicio estándar Sensor Observation Service (SOS) del Open Geospatial Consortium (OGC). Los resultados se presentan como una plataforma base para la gestión, monitoreo y publicación de los contaminantes atmosféricos de la ciudad (O_3 , CO, NO_2 , SO_2 , $PM_{2.5}$). Además de mostrar un índice general de calidad del aire (IGCA) e índices por contaminante registrado, también se publican gráficas estadísticas del comportamiento temporal de las variables contaminantes. Esta plataforma presenta el potencial de convertirse en una verdadera herramienta para la gestión ambiental y la toma de decisiones que contribuya con el buen vivir de los Cuencanos.

Palabras clave: Contaminantes Atmosféricos, Sensor Observation Service, Sensor Web Enablement, Índice de Contaminación Atmosférica, Material Particulado, Ozono.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica y la alteración de su equilibrio es una constante amenaza para la salud humana y el ambiente per se. El monitoreo ambiental demuestra relaciones de respuestas cada vez más rápidas entre el estado de la calidad del aire y la calidad de salud y vida [1]. Las afecciones que se presentan sobre varios sistemas vitales de los seres humanos y ecosistemas expuestos a una constante contaminación del aire, tienen un costo psicológico y económico que estamos asumiendo las sociedades y que tiene un constante y notable incremento en nuestro país y especialmente en Cuenca [2]. Esta realidad motiva la necesidad urgente de tomar decisiones para la prevención, control y mitigación de los impactos de la contaminación. Razón que justifica y estimula la implementación y despliegue de redes de sensores que miden el estado del entorno en el que vivimos. Estos sensores aportan grandes volúmenes de datos en formatos, escalas y unidades de medidas diferentes y a su vez capturan información de diversa índole y naturaleza relacionada con actividades humanas como el transporte y emisiones industriales o relacionada con fenómenos naturales como la radiación solar y el vulcanismo, entre otros [1], [3].

En Cuenca se monitorea la calidad del aire mediante sensores pasivos desde el año 2005. La Empresa Municipal de Movilidad Transito y Transporte de la ciudad de Cuenca (EMOV-EP) dispone de una estación de monitoreo continuo en tiempo real con sensores dedicados a medir contaminantes atmosféricos. La estación está equipada para registrar, a intervalos de 1 segundo, varios contaminantes atmosféricos. Entre estos constan cinco principales aportantes a la contaminación atmosférica: Ozono (O_3),

Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Azufre (SO_2), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y Material Particulado 2,5um ($PM_{2.5}$).

Tabla 1. Contaminantes monitoreados estación tiempo real y su simbología.

Contaminante	Símbolo
Material Particulado 2,5µm	PM2,5
Dióxido de Nitrógeno	NO2
Dióxido de Azufre	SO2
Monóxido de Carbono	CO
Ozono	O3

Sin embargo, a pesar de disponer de este sistema de monitoreo, se han detectado dos limitaciones que afectan la posibilidad de realizar análisis temporal e interpretar el comportamiento de estos contaminantes. La primera es que los principales contaminantes atmosféricos no se analizan para obtener un índice general de calidad del aire de la ciudad. La segunda limitación se relaciona con la gestión de esta información. Por un lado, se almacena en un archivo de datos con extensión CSV y XLSX, es decir en archivos de tipo texto. Por otro lado, la información ha sido publicada únicamente en medios impresos, y no en medios digitales. La Red de Monitoreo Ambiental de la ciudad de Cuenca [4], tiene un trabajo que menciona estos aspectos, el mismo realiza el diseño lógico del sistema sin llegar a su implementación, tampoco se basa en el servicio estándar de sensores. Este trabajo desarrolla un mecanismo para gestionar y publicar la información registrada en la estación de monitoreo continuo de contaminantes atmosféricos para beneficio de autoridades

locales, técnicos y la sociedad civil en general. Esto se realiza a través la generación de un índice general de la calidad aire (IGCA) y la divulgación de dicha información en la web por medios que sean de fácil acceso, fácil comprensión y de provecho para la sociedad. Para la generación del IGCA se utiliza la normativa nacional Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria [5] y la

normativa internacional proporcionada por Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América [6]. Para la publicación de la información se utiliza el servicio estándar Sensor Observation Service (SOS) del Open Geospatial Consortium (OGC) que proporciona acceso estructurado y estándar a la información registrada por sensores [7].

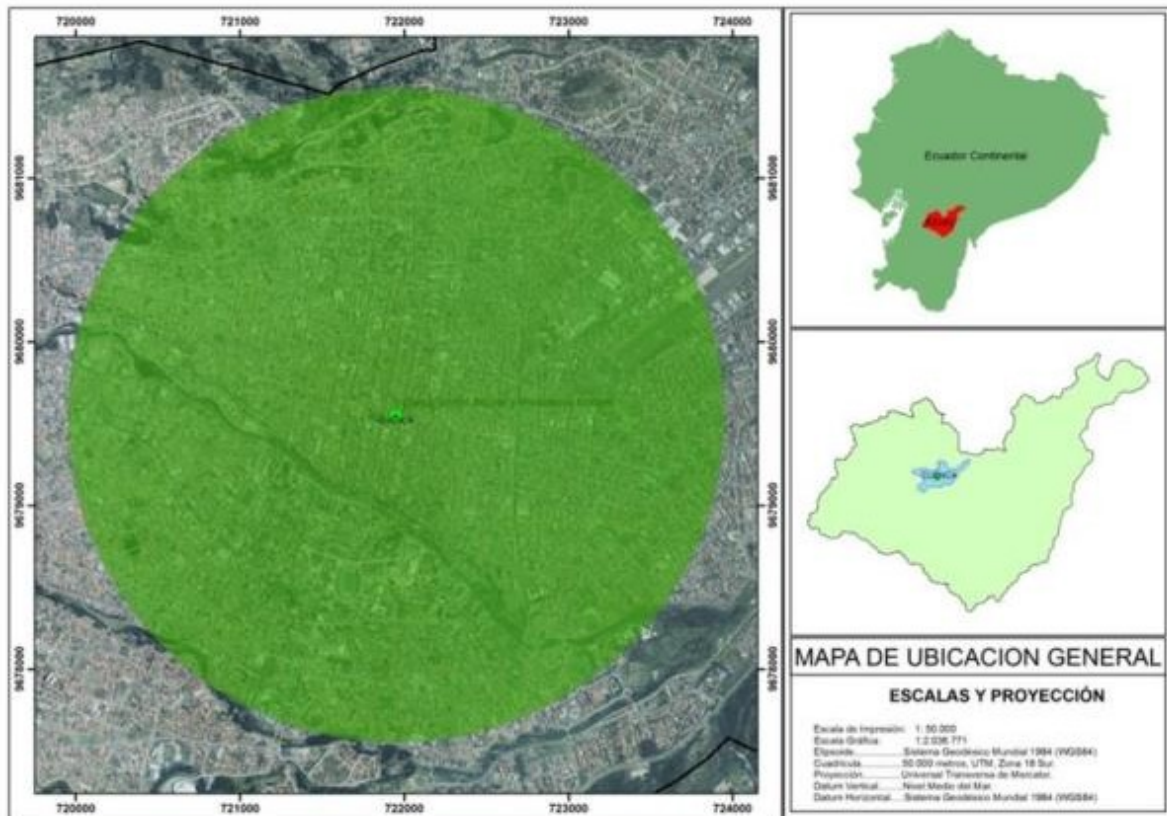


Figura 1. Alcance nominal estación “MUN” MÉTODOS

MATERIALES Y METODOS

El ámbito de aplicación de este trabajo se localiza en la ciudad de Cuenca, cantón del mismo nombre, provincia del Azuay. La capital cuencana se caracteriza por estar localizada en un valle de origen glacial con una cota (altura) promedio de 2550 msnm, presenta una morfología irregular y compleja característica de los valles interandinos, tiene una temperatura promedio de 16.1°C y una presión barométrica local promedio de 751.89 mmHg. La ciudad cuenta con una estación automática de monitoreo en tiempo real de contaminantes atmosféricos (Tabla 1), estación cuyo rango efectivo de cobertura es de 4 km de radio, es decir que abarca la mayor parte de ciudad

(Figura 1). La estación se encuentra localizada en los altos del edificio de la EMOV- EP con las siguientes coordenadas 2.89 S, 79.00 O, y utiliza el acrónimo MUN.

Primero se describe la obtención del índice de calidad del aire (ICA), del índice general de calidad del aire (IGCA), y luego la implementación de los mecanismos de publicación.

Índice calidad del aire (ICA)

El cálculo del índice de calidad del aire (ICA) para una clase de contaminante dado se basa en el valor promedio generado en el período de

tiempo consultado sobre el contaminante (EPA - Environmental Protection Agency, 1999).

$$ICA_{O_3} = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} * (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Ecuación 1: Fórmula para el cálculo del índice de calidad del aire

ICA = Índice de calidad del aire.

C_p = Concentración promedio observada y corregida en ppm o ug/m³.

BP_{Hi} = Punto de ruptura mayor o igual a C_p

BP_{Lo} = Punto de ruptura menor o igual a C_p

I_{Hi} = Valor del ICA correspondiente a BP_{Hi}

I_{Lo} = Valor del ICA correspondiente a BP_{Lo}

La concentración promedio observada (C_p) se obtiene en dos pasos. i) se calcula el promedio de las mediciones (Co) en un lapso de tiempo. Sin embargo, previo a esto se deben realizar varios pasos tendientes a homogenizar las unidades de los datos capturados por los sensores a partes por millón (ppm), con la excepción del material particulado de 2.5 ug/m³ que se mantiene en microgramos por metro cúbico (ug/m³). Conjuntamente se deben eliminar los registros pertenecientes a la calibración de sensores y registros erróneos debido a fallas eléctricas u otros errores registrados que pueden afectar la valoración de

cada contaminante o del índice general de calidad del aire. Finalmente, los valores se redondean a tres decimales. ii) el valor promedio (Co) debe ser corregido a las condiciones locales [5].

La corrección es resultante de considerar la temperatura (t) y presión barométrica local (Pbl) del lugar y momento en que se tomaron las observaciones (Ecuación 2), obteniéndose un valor de corrección, el cual debe multiplicarse por los valores registrados de cada contaminante para obtener la concentración promedio observada y corregida (C_p). A renglón seguido para un periodo de tiempo dado se obtiene el promedio, el mínimo y el máximo registrados para la concentración por contaminante (C_p) corregida.

$$C_p = Co * \frac{760 \text{ mmHg}}{Pbl \text{ mmHg}} * \frac{(273^\circ + t^\circ)^\circ \text{ K}}{298 \text{ K}}$$

Ecuación 2: Fórmula de corrección local

C_p = Concentración Corregida en ppm o ug/m³

Co = Concentración Observada en ppm o ug/m³

Pbl = Presión Barométrica Local en mmHg

t = Temperatura °C

Tabla 2. Clasificación rango de valores contaminantes Agencia de Protección Ambiental. Fuente [14].

ICA	COLOR	O3 8h ppb	O3 8h ppm	PM2.5 24 h µg/m3	PM2.5 1h µg/m3	CO 8h ppm	SO2 24h ppb	SO2 24h ppm	NO2 1h ppb	NO2 1h ppm
0 - 50	Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		59,00	0,06	54,00	15,40	4,40	34,00	0,03	0,00	0,00
51 -100	Amarillo	60,00	0,06	55,00	15,50	4,50	35,00	0,04	0,00	0,00
		75,00	0,08	154,00	40,40	9,40	144,00	0,14	0,00	0,00
101- 150	Naranja	76,00	0,08	155,00	40,50	9,50	145,00	0,15	0,00	0,00
		95,00	0,10	254,00	65,40	12,40	224,00	0,22	0,00	0,00
151 - 200	Rojo	95,00	0,10	255,00	65,50	12,50	225,00	0,23	0,00	0,00
		115,00	0,12	354,00	150,40	15,40	304,00	0,30	0,00	0,00
201 - 300	Purpura	116,00	0,12	355,00	150,50	15,50	305,00	0,31	650,00	0,65
		374,00	0,37	424,00	250,40	30,40	604,00	0,60	1240,00	1,24
301 - 500	Marrón	--	--	425,00	250,50	30,50	605,00	0,61	1650,00	1,65
		--	--	604,00	500,40	50,40	1004,00	1,00	2040,00	2,04

La Tabla 2 muestra cómo se obtienen los valores de BP_{Hi} , BP_{Lo} , I_{Hi} , I_{Lo} , a su vez fusiona las tablas de referencia de EPA para evaluar la concentración de los contaminantes y cómo se establecen los índices. La fusión de tablas se realiza para facilitar el ingreso y la consulta de los parámetros en la base de datos. Esta tabla está conformada principalmente por tres bloques de columnas, que en el primer bloque está la columna de nombre ICA que representa los rangos de valores de 0 a 500 de los índices

posibles según los parámetros establecidos por EPA; un segundo de la columna COLOR que representa la codificación en formato de colores asociado al rango de valores posibles de índices; y el tercer bloque las restantes columnas que representan el contaminante, su unidad de medida en ppb y ppm con las concentraciones mínimas y máximas para cada rango de valores índices ICA, es decir los puntos de ruptura por contaminante mínimos y máximos.

Tabla 3. Codificación rangos ICA. Fuente [14].

Valores Índices de Calidad del Aire (ICA)	Niveles de cuidado para la salud	Colores
Cuando el ICA se encuentra en este rango:	Las condiciones son:	Simbolizado con el color
0 - 50	Bueno	Verde
51 -100	Moderado	Amarillo
101- 150	Desfavorable para grupos Sensibles	Naranja
151 – 200	Desfavorable	Rojo
201 - 300	Muy Desfavorable	Purpura
301 - 500	Peligroso	Marrón

A continuación, se muestra un ejemplo de aplicación de la Ecuación 1. Considerando el valor promedio observado y corregido (C_p) de ozono 0.03 ppm registrado en un período de tiempo determinado. En la Tabla 2 se localiza la columna que representa el contaminante ozono (“O₃- 8h ppm”). Se busca el rango en el que se ubica el valor citado, para este caso (BP_{Hi} = 0.05, BP_{Lo} = 0.00). Se verifica que se encuentra

en el rango de la zona de color verde que corresponde a ICA (I_{Hi} = 50, I_{Lo} = 0), valores que son reemplazados en la Ecuación 1.

$$ICA_{O_3} = (I_{Hi} - I_{Lo}) / (BP_{Hi} - BP_{Lo}) * (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

$$ICA_{O_3} = (50 - 0) / (0.05 - 0.00) * (0.03 - 0.00) + 0$$

$$ICA_{O_3} = 50 / 0.05 * 0.03$$

ICA O₃ = 25.42

El valor obtenido 25.42 recae en el rango de 0 a 50 correspondiente al color verde, indicando que la calidad del aire para ozono es BUENA y no existen restricciones para ningún grupo ni actividad al aire libre (Tabla 3).

Índice general de calidad del aire (IGCA)

El procedimiento anterior se aplica de igual forma a todos los contaminantes atmosféricos (CO, NO₂, SO₂, O₃, PM_{2.5}) que son registrados por la estación MUN. Luego, para la determinación del índice de calidad general del aire (IGCA) se procede a evaluar qué elemento contaminante presenta el mayor valor índice (máximo color) y se asume a éste como el índice general de calidad del aire que representa a todos los contaminantes registrados. En otras palabras, el índice máximo de todos los contaminantes determinará el índice general de calidad del aire registrado en la estación.

Según el grado de contaminación ICA se presenta una codificación por colores (Tabla 3), donde cada color corresponde a un rango de valores y peligrosidad de las condiciones de contaminación presentes al momento de la observación. Estos rangos codificados tienen asociados un aviso de las implicaciones generales a la salud, si los hubiere, en caso de exposición (Tabla 4).

Sensor observation service (SOS)

Sensor Web Enablement (SWE) es un grupo de especificaciones del OGC de interfaces y codificaciones que permiten la integración e interoperabilidad en tiempo real de redes de sensores heterogéneas. Estas especificaciones son útiles para acceder y distribuir de una forma estandarizada datos de sensores que son útiles para la creación de aplicaciones, plataformas y productos relacionados inundaciones, monitoreo de contaminación móviles, webcams y robots, así como sensores remotos de captura de imágenes sean estos sensores remotos satelitales o aéreos [8] [3] [9].

Tabla 4. Consideraciones para la salud según el ICA Fuente: [15].

Índice de Calidad del Aire General		Las condiciones de salud
0 - 50	Bueno	Sin Impactos para la salud en este rango
51 -100	Moderado	Personas inusualmente sensibles deberían considerar limitar su exposición.
101- 150	Desfavorable para grupos Sensibles	Los siguientes grupos deberían limitar su exposición. * Personas con problemas pulmonares, ejemplo asma. * Niños y adultos mayores * Personas activas en exteriores
151 - 200	Desfavorable	Los siguientes grupos deberían limitar la exposición prolongada. * Personas con problemas pulmonares, ejemplo asma. * Niños y adultos mayores * Personas activas en exteriores El resto de personas debe limitar exposiciones prolongadas en el exterior.
201 - 300	Muy Desfavorable	Los siguientes grupos deberían limitar la exposición prolongada. * Personas con problemas pulmonares, ejemplo asma. * Niños y adultos mayores * Personas activas en exteriores El resto de personas debe limitar exposiciones en el exterior.
301 - 500	Peligroso	Todos los grupos deben limitar lo más posible su exposición al ambiente

El Servicio de Observación de Sensores (SOS) es uno de los servicios web de SWE para consultar los datos de sensores en tiempo real y series temporales de datos. Los datos de los sensores ofrecidos son codificados en XML y comprenden descripciones de los propios sensores, es decir metadatos, que son codificados en el Lenguaje de Modelado de Sensores (SensorML) [10] mientras que los valores observados son codificados según la especificación de Observaciones y Mediciones (O&M) [11]. El servicio web, así como el esquema de las observaciones, son estándares abiertos definidos. Más en concreto, la implementación del servicio de SOS permite [8].

- Descubrir sistemas de los sensores, observaciones y procesos de observación.
- Determinar las capacidades del sensor y la calidad de las mediciones.

- Acceder a los parámetros del sensor que automáticamente permiten a software procesar y geo- localizar las observaciones.
- Recuperar en tiempo real las observaciones de series de datos y coberturas en la codificación estándar.
- Acceder a las observaciones de interés.
- Proporcionar notificaciones de los sensores o de los servicios de sensores basados en criterios especificados por el usuario.

La Figura 2 muestra el diagrama UML básico para poder registrar los datos de los sensores en conformidad con la especificación SOS ([8] [12] [13]). Esta estructura es fundamental para ser implementada en el esquema de la base de datos.

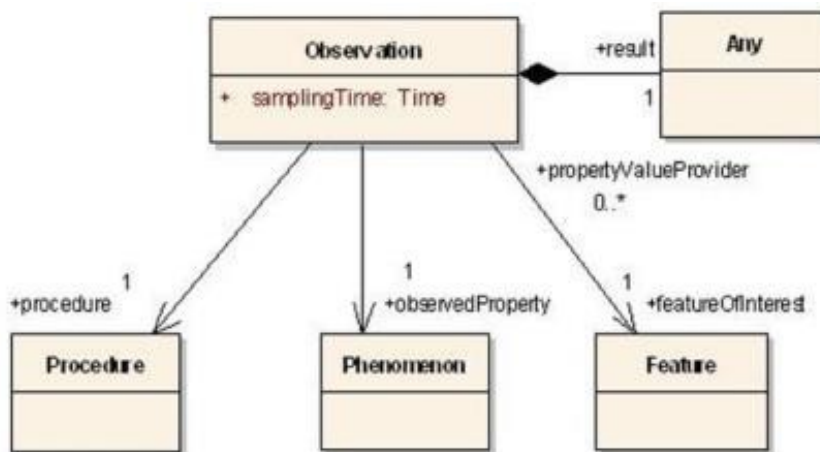


Figura 2. Esquema UML general de la base de datos en conformidad con la especificación SOS. Fuente: [12]

Tabla 5. Contaminantes y unidad de medida registrados

Contaminante	Símbolo	Datalogger	Unidad
Material Particulado 2,5 µm	PM2.5	ug/m3	Microgramos por metro cubico
Dióxido de Nitrógeno	NO2	ppb	Partes por Billón
Dióxido de Azufre	SO2	ppb	Partes por Billón
Monóxido de Carbono	CO	ppm	Partes por Millón
Ozono	O3	ppb	Partes por Billón

Implementación

La implementación se llevó a cabo siguiendo 5 etapas:

Etapas I. Captura y almacenamiento de los datos registrados por la estación MUN

La captura de datos de los sensores de la estación es cada segundo y se transmiten a un servidor local cada minuto. Los datos se almacenan en formato CSV y XLSX, registrándose el tipo de elemento observado, el intervalo de la captura de la observación, la hora y fecha de la observación, un valor redondeado y el valor crudo observado por el sensor. Los

datos almacenados se encuentran en formato RAW, esto significa que las magnitudes y unidades son propias de cada elemento registrado (Tabla 5). Esta información será posteriormente tratada y procesada en la etapa

Etapa II. Base de datos e inserción de registros

Se creó en PostGIS el esquema de tablas y relaciones necesarias para el registro apropiado de los datos provenientes de la estación de monitoreo, en base a los requerimientos a las especificaciones de SOS establecido por OGC. El esquema completo de las tablas puede ser consultado en [13].

Con la base de datos creada, se insertaron los registros históricos de la estación de monitoreo

III para el cálculo del ICA e IGCA. Estos archivos son almacenados en un repositorio que se encuentra en las oficinas centrales de la EMOV-EP.

MUN comprendidos en el periodo enero del 2013 hasta mayo del 2013. La Tabla 6.a muestra un fragmento de código SQL para la inserción de un registro histórico. La Tabla 6.b explica la estructura y los parámetros SQL utilizados en el código de inserción de registros de contaminantes. La Tabla 6.c presenta los parámetros básicos que son necesarios para cumplir con la especificación SOS, por ejemplo, el tipo de contaminante, sus descripciones, códigos, sensores, los valores registrados, el día, hora, minuto y segundo de la observación.

Tabla 6. Inserción de registros históricos en base de datos: **a)** Código SQL; **b)** Descripción parámetros insert; **c)** Parámetros SQL insert.

(a)
 INSERT INTO observation (time_stamp, procedure_id, feature_of_interest_id, phenomenon_id, text_value, observation_id) values ('',2013-05-07 13:51;', 'urn:ogc:object:feature:Sensor:sensor - 5'';', 'foi_5001', 'urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0.30:SO2', '', 3.881;', '', 874686;');

(b)

Campo	Descripción
Time stamp	Fecha en formato "Año/mes/día"
procedure id	Identificador del procedimiento
feature of interest	Objeto de interés
phenomenon id	Identificador del fenómeno
text value	Valor registrado contaminante
observation id	Numero identificador de la observación

(c)

Contaminante	Símbolo	foi	procedure id	feature of interest	text value	obser id
Ozono	O3	foi_2_001	urn:ogc:object:feature:Sensor:sensor-2	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0.30:O3	59.53	953778
Monóxido de Carbono	CO	foi_3_001	urn:ogc:object:feature:Sensor:sensor-3	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0.30:CO	1.76	927414
Dióxido de Nitrógeno	NO2	foi_4_001	urn:ogc:object:feature:Sensor:sensor-4	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0.30:NO2	18.21	901050
Dióxido de Azufre	SO2	foi_5_001	urn:ogc:object:feature:Sensor:sensor-5	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0.30:SO2	3.88	874686
Material Particulado 2,5 um	PM2.5	foi_6_001	urn:ogc:object:feature:Sensor:sensor-6	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0.30:PM2,5	4.5	980084

Etapa III. Cálculo del índice general de calidad del aire

El procesamiento y cálculo del índice de calidad del aire por elemento contaminante y del índice general de calidad del aire se realizó de acuerdo

a lo expuesto en la sección de métodos. Este cálculo se realiza a nivel de base de datos.

Etapa IV. Implementación de servicio SOS y cliente WEB.

En esta etapa se plantea la presentación web del índice de calidad del aire, que a este punto se encuentran calculado a nivel de base de datos. La arquitectura de los servicios implementados se basa en tres capas:

Capa de recursos: Los datos crudos han sido almacenados en la base de datos PostGIS descrito en la etapa II. Los datos procesados para el cálculo del IGCA ha sido descrito en la etapa III.

Capa de servicios: El servicio SOS ha sido implementado utilizando el siguiente software open source: Apache, Apache Ant, Eclipse y North52 SOS.

Capa de publicación: El cliente web SOS ha sido implementado con el cliente OpenLayers, también de código abierto. Una explicación detallada de la instalación y funcionamiento de estos servicios se puede encontrar en: (52°North, n.d.-b).

Etapa V. Pruebas de fiabilidad y funcionamiento

Antes de proceder a la publicación web, se realizaron pruebas de funcionamiento para mejorar la interacción del usuario con la interface web. Además, se realizaron pruebas de tiempos de descarga de datos provenientes del

servidor central de la EMOV-EP y de tiempo de respuesta de la base de datos en periodos de consulta extensos, cuyos resultados son presentados en la siguiente sección.

RESULTADOS

Los resultados se presentan como una plataforma base para la gestión, monitoreo y publicación de los contaminantes atmosféricos de la ciudad. Además de mostrar un índice general de calidad del aire (IGCA) e índices por contaminante registrado, también se publican gráficas estadísticas del comportamiento temporal de las variables contaminantes. Los resultados son accesibles en la siguiente dirección web:

<http://gis.uazuay.edu.ec/OpenLayers-2.12/sos/>.

La Figura 3 muestra el cliente web. En la parte superior del cliente se encuentran los botones de consulta de los cinco contaminantes monitoreados y del índice general de calidad ambiental IGCA. Pulsando sobre los iconos de los contaminantes se observa el último valor registrado en la base de datos. Debajo, se observa el mapa de la ciudad de Cuenca con la localización de la estación de monitoreo y su área potencial de 4 km. Al pie y a la derecha de la imagen, se muestran gráficos estadísticos que ayudan a una mejor comprensión de las concentraciones de los contaminantes.



Figura 3. Plataforma base de monitoreo.

En función del valor IGCA obtenido y según su rango y color, se puede examinar el significado del índice en la tabla de comparaciones. Esta codificación de colores se asociada a un mensaje de alerta indicando las implicaciones a la salud del índice consultado, es decir los grupos sensibles y las precauciones que se debe tomar (Figura 5).

Se presentan también gráficos estadísticos del comportamiento diario de los contaminantes (Figura 5.a) y el comportamiento mensual de estos (Figura 5.b).

El cliente permite consultar observaciones entre rangos de fechas. Así se personalizan los reportes de acuerdo a las necesidades, pudiendo hacer consulta de registros históricos para establecer las condiciones registradas en un periodo de tiempo pasado. La Figura 6.a muestra una gráfica estadística sobre comportamiento de la variable contaminante en un periodo de tiempo consultado. Esta gráfica, a su vez, se asocia a otras dos tablas de datos que muestran las estadísticas de los valores consultados (máximo, mínimo, promedio y número de mediciones) y los datos o valores individuales de cada medición en el período de tiempo consultado (Figura 6.b).



Figura 4. Consulta sobre implicaciones para la salud

Pruebas de fiabilidad

Las pruebas de tiempo de descargas vía FTP con el servidor de la EMOV-EP, proporcionaron resultados de taza de transferencia promedio de 1.15 minutos, que no representan una alta carga transaccional por lo que este tipo de comunicación para la réplica de datos no es un factor relevante para el sistema, ya que presenta la seguridades del caso y los datos se pueden acceder cada hora, con lo que la publicación de los índices se ajusta a las disponibilidad del servidor remoto que en este caso sería de cada hora. A mayor disponibilidad de descarga de datos, mayor será la cadencia de presentación de los índices de contaminación atmosférica en el cliente.

Para las pruebas de tiempo de respuesta y rendimiento se realizaron consultas entre rangos de fechas que involucren un gran volumen de datos a ser consultados y presentados tanto en la base de datos como en el cliente implementado. Se consultó el contaminante OZONO, entre el 7 de mayo 2013 y el 25 de mayo 2013, obteniéndose un total de 26382 registros. El

tiempo estimado de respuesta de la base de datos fue de 0.0713 milisegundos, mientras que en el cliente de 1.5 segundos. Considerando la cantidad de registros obtenidos de la consulta, los tiempos de respuesta obtenidos están en rangos aceptables de rendimiento tanto para la base de datos como para el cliente SOS implementado. La gran cantidad de registros en el periodo seleccionado es debido a que se están registrando y visualizando los datos según como fueron ingresados por la estación de monitoreo, esto es cada segundo.

DISCUSIÓN

En la implementación se ha trabajado exclusivamente con datos históricos. Para los datos en tiempo real se planea implementar un canal de comunicaciones FTP, para capturar y replicar los datos en el servidor local de la Universidad del Azuay. Esta conexión para el consumo de datos en tiempo real será iterativa, automática y de acuerdo a la disponibilidad de servicio del servidor remoto. Los datos registrados serán ingresados vía SQL en la base de datos PostGIS ya instalada en el servidor de

procesamiento. En cuanto al enlace de datos vía FTP, si bien no es la forma más eficiente para la adquisición de datos, proporciona la seguridad y cadencia de respuesta suficiente para poder asegurar la transmisión correcta de los datos. En desarrollos futuros se prevé establecer un enlace directo de fibra óptica.

La base de datos implementada soporta la estructura estandarizada de SOS con la

descripciones de los sensores, localización de los sensores y demás información necesaria para el manejo del sistema de gestión de contaminantes atmosféricos. La información contenida en la base de datos se encuentra normalizada, esto es en las mismas unidades de medida y corregidas con los parámetros locales de temperatura y presión barométrica.

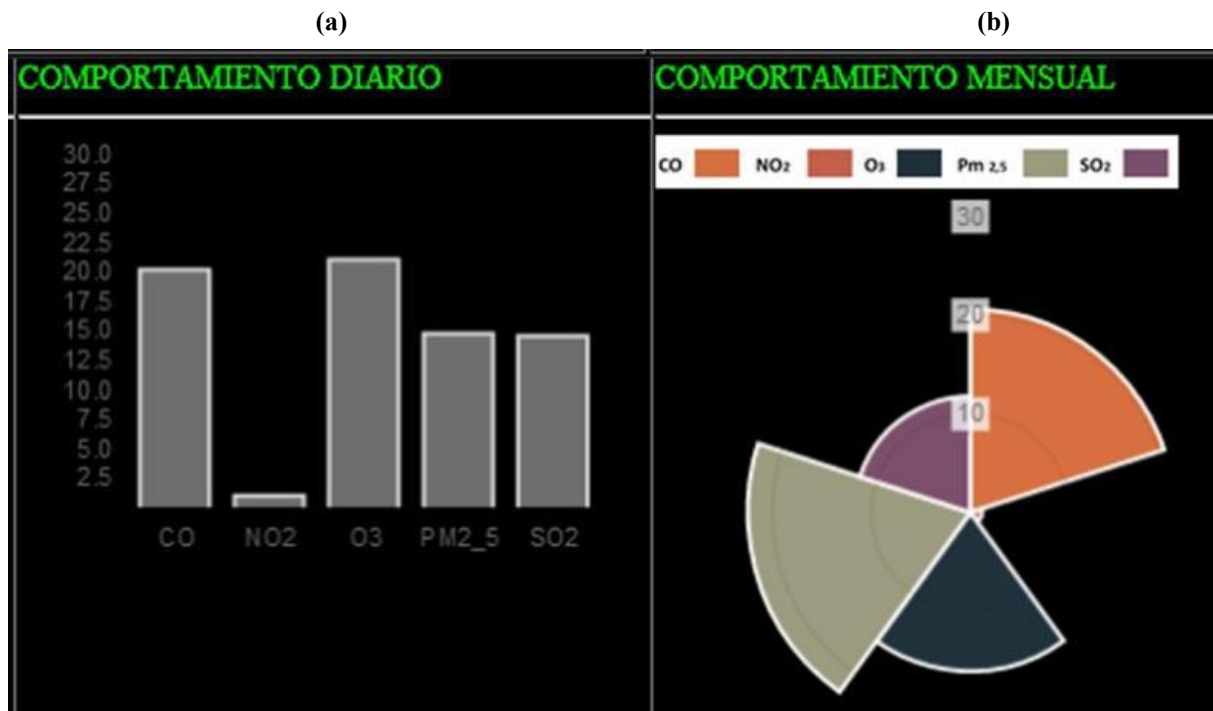


Figura 5. Gráfico estadístico comportamiento de contaminantes. (a) diario y (b) mensual

Se utilizó software open source para la base de datos, servicio SOS y cliente ligero SOS. Esto permite evitar costos de licenciamiento además de poder personalizar el cliente, y adaptarlo mejor a las prestaciones buscadas en la implementación. Otra consideración de vital importancia es que los servicios y el cliente implementado cumplan con todas las especificaciones establecidas por OGC y SWE para el manejo e incorporación de sensores y la información generada por estos sensores. Finalmente, también se buscó presentar los datos de forma intuitiva y amigable para el usuario.

El cliente web se implementó con OpenLayers SOS. Se optó por este cliente ya que es personalizable y se puede manipular el código fuente para visualizar los datos, gráficos y reportes de forma que se ajuste a las necesidades. Adicionalmente es de fácil implementación. Otros clientes que se revisaron no presentaban un nivel personalización deseable en un sistema de estas características. Adicionalmente, se prevé en el futuro complementar el cliente web con un manual de usuario para facilitar su uso por parte del público en general.



Figura 6. Consulta de observaciones en un rango de tiempo dado. (a) Gráfica de comportamiento O3 y (b) Estadística y datos consultados O3.

CONCLUSIONES

El presente trabajo ha permitido que tanto la ciudadanía como el personal técnico y científico especializado de la EMOV-EP dispongan de una herramienta para la gestión, monitoreo y publicación de la calidad ambiental de la ciudad de Cuenca, en donde cada persona sin importar su nivel de conocimientos, puede acceder a los reportes de los contaminantes atmosféricos de la estación de monitoreo continuo. La interface es fácil de usar y la información se encuentra en formato de índices que son de fácil comprensión e intuitivos. Esta plataforma sirve de base para futuros desarrollos que mejoren su interface, extiendan las herramientas de gestión de la información, y aumenten las variables a ser monitoreadas como por ejemplo: temperatura, radiación solar, presión barométrica, precipitación, radiación ultravioleta, ruido, índices de tráfico etc. e inclusive observaciones proporcionadas por los mismos ciudadanos a partir de estaciones meteorológicas hogareñas o dispositivos móviles (información geográfica voluntaria). Esta plataforma presenta el potencial de convertirse en una verdadera herramienta para la gestión ambiental y la toma de decisiones que aseguren el buen vivir de los Cuencanos.

AGRADECIMIENTOS

La Universidad del Azuay y el autor de este artículo, agradecemos a la EMOV_EP, en la persona de la funcionaria Ing. Claudia Espinoza, por la apertura y predisposición para facilitar el acceso a la información.

REFERENCIAS

- [1] B. Brunekreef and S. T. Holgate, "Air pollution and health." *Lancet*, vol. 360, no. 9341, pp. 1233–42, Oct. 2002.
- [2] Emov-EP. (2011). Inventario de Emisiones 2011 Red de Monitoreo de Calidad de Aire - EMOV EP.
- [3] G. Percivall, C. Reed, and J. Davidson, "Open Geospatial Consortium Inc. OGC White Paper OGC ® Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture." no. December, pp. 1–14, 2007.
- [4] A. Espinoza Molina, "Diseño de un sistema de información geográfica para la Red de Monitoreo Ambiental de la ciudad de Cuenca. Quito, 2011. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2042/1/104351.pdf>," 2011.
- [5] TULSMA. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente. Retrieved from: http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=item&id=125%3Atexto-unificado-de-legislaci%C3%B3n-ambiental-secundaria-del-ministerio-de-ambiente-tulas&lang=es
- [6] EPA - Environmental Protection Agency. 2009. A Guide to Air Quality and Your Health. Retrieved from http://www.epa.gov/airnow/airnow_brochure_08-09.pdf.
- [7] Bröring, A, Stasch, C., & Echterhoff, J. 2012. OGC Sensor Observation Service Interface Standard. Retrieved from <http://www.opengeospatial.org/standards/sos>.

- [8] Bröring, A, Echterhoff, J., Jirka, S., Simonis, I., Everding, T., Stasch, C., Liang, S., et al. 2011. New generation sensor web enablement. *Sensors*, 11(3), 2652- 2699.
- [9] Rueda, C., & Gertz, M. 2008. Real-Time Integration of Geospatial Raster and Point Data Streams. *Scientific and Statistical Database Management*, 0619139, 605-611.
- [10] Botts, M., & Robin, A. 2007. OpenGIS Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification. Retrieved from <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>.
- [11] Cox, S. 2011. OGC Observations and Measurements - XML Implementation. Retrieved from <http://www.opengeospatial.org/standards/om>.
- [12] 52°North. -a. SOS data model and data base implementation. Retrieved from <https://wiki.52north.org/bin/view/SensorWeb/SosDataModeling>.
- [13] 52°North. -b. Sensor Observation Service - implementation. Retrieved b from <http://52north.org/communities/sensorweb/sos/index.html>.
- [14] EPA - Environmental Protection Agency. 1999. Air Quality Index Reporting; Final Rule - Part 3. Retrieved from http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/fr_notices/airqual.pdf.
- [15] EPA - Environmental Protection Agency. 2009. A Guide to Air Quality and Your Health. Retrieved from http://www.epa.gov/airnow/aqi_brochure_08-09.pdf.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Chester Sellers concibió la investigación, desarrolló la metodología, diseñó el modelo, estructuró diseño web, implementó el sistema y redactó el artículo; Claudia Espinoza proporcionó el acceso y recopilación de los datos, revisó críticamente el manuscrito.

Efecto Fin de Semana en la calidad del aire de la ciudad de Cuenca, Ecuador

René Parra

Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingenierías, Instituto de Simulación Computacional, Quito
170901, Ecuador.

* Corresponding author/ Autor para correspondencia, e-mail: rrparra@usfq.edu.ec

Editado por/Edited by: Fabricio Yépez, PhD
Recibido/Received: 2016-04-14. Aceptado/Accepted: 2017-02-17
Publicado en línea/Published online: 2017-12-15

DOI: <http://doi.org/10.18272/aci.v9i15.291>

Weekend Effect in the Air Quality of the City of Cuenca – Ecuador

Abstract

The Weekend Effect (WE) is a phenomenon that occurs in some urban areas, characterized by increased concentrations of O₃ despite of the decreasing in emissions of its precursors (NO_x and VOC) during weekend days, in comparison to weekdays. Study of WE is relevant for understanding the behavior of pollutants, and hence, for air quality control. In this study, we analyzed hourly records of the period 2013–2015, from the air quality station in the historic center of the city of Cuenca, Ecuador. For each year, 3 mean-daily profiles were obtained for CO, NO₂, PM_{2.5} and O₃, corresponding to weekdays, Saturdays and Sundays. CO, NO₂ and PM_{2.5} profiles declined on Saturdays and Sundays, in comparison to weekdays. However, O₃ profiles showed equal or higher concentrations on Saturdays and Sundays. Mean increase of the maximum O₃ 8–h mean concentrations of Sundays, in comparison to weekdays, ranged between 8.6 and 15.8%. These results suggest the presence of WE around in the historic center of Cuenca, zone where probably there is a VOC-limited regime for photochemical O₃ production.

Keywords: Ozone, VOC-limited regime, NO_x-limited regime, air quality

Resumen

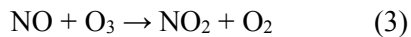
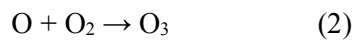
El Efecto Fin de Semana (EFS) es un fenómeno que suele presentarse en algunas zonas urbanas, caracterizado por un incremento de las concentraciones de O₃ durante los fines de semana, aunque hay una reducción de las emisiones de sus precursores (COV y NO_x) en relación con los días laborables. La identificación y estudio del EFS es relevante a fin de entender el comportamiento de los contaminantes del aire y como elemento fundamental para el control de la contaminación atmosférica. En este estudio, se analizaron los registros horarios del periodo 2013–2015 de la estación de calidad de aire localizada en el centro histórico de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Para cada año, se generaron 3 perfiles promedio de las concentraciones horarias de CO, NO₂, MP_{2.5} y O₃ para los días laborables, sábados y domingos. Los perfiles de CO, NO₂ y MP_{2.5} presentaron concentraciones menores durante los sábados y domingos, con respecto a los días laborables. Sin embargo, los perfiles de O₃ presentaron concentraciones iguales o mayores durante los sábados y domingos. El incremento medio de las concentraciones máximas octohorarias de O₃ de los domingos, con respecto al promedio de los días laborables, varió entre 8,6 y 15,8%. Estos resultados indican potencialmente la presencia del EFS en el centro histórico de la ciudad de Cuenca, zona en la que probablemente hay un régimen limitado por COV para la generación de O₃.

Palabras Clave: Ozono, Régimen limitado por COV, Régimen limitado por NO_x, calidad del aire

El ozono troposférico (O₃) es un contaminante secundario del aire, cuyas concentraciones se incrementan por las reacciones de los óxidos de nitrógeno (NO_x = NO [óxido nítrico] + NO₂

[dióxido de nitrógeno]) y de los compuestos orgánicos volátiles (COV), bajo la influencia de la radiación solar. Las concentraciones de O₃ en

la tropósfera de fondo varían en función de las siguientes reacciones [1]:



El NO_2 se destruye por acción de la radiación solar, en NO y O elemental (reacción 1). El átomo de O se combina con el O_2 para formar O_3 (reacción 2). En ausencia de COV , el O_3 de la reacción (2) se combina con el NO , para regenerar NO_2 y O_2 (reacción 3). Cuando hay emisiones de COV , estos compuestos se oxidan a radicales libres (RO_2^*), que luego reaccionan con el NO para producir NO_2 (reacción 4), sin el consumo, y como consecuencia, produciendo la acumulación de O_3 .



La relación entre los COV , NO_x y O_3 es compleja. La Fig. 1 presenta las concentraciones de O_3 resultantes a partir de concentraciones iniciales diferentes de COV y NO_x . El incremento de las emisiones de NO_x promueve la generación de O_3 cuando hay abundantes cantidades de COV , pero restringe o incluso reduce la generación de O_3 cuando la presencia de COV es escasa. En una parcela de aire, la abundancia relativa entre COV y NO_x (expresada en términos de la relación COV/NO_x) determina si los NO_x promueven o inhiben la generación de O_3 [2]. Cuando la relación COV/NO_x es alta (8 o mayor), los NO_x limitan la formación de O_3 (Régimen Limitado por NO_x , Fig. 1). Cuando la relación COV/NO_x es baja (8 o menor), los COV limitan la producción de O_3 (Régimen Limitado por COV , Fig. 1). Típicamente en las zonas urbanas con alto tráfico vehicular, las relaciones VOC/NO_x implican regímenes limitados por COV [3, 4]. A más de las emisiones en la atmósfera urbana, en la dinámica del O_3 participan otros componentes como las concentraciones de contorno, el transporte advectivo, la dispersión y otras reacciones fotoquímicas.

El Efecto Fin de Semana (EFS) es un fenómeno que suele presentarse en algunas zonas urbanas, caracterizado por un incremento de las

concentraciones de O_3 , a pesar de que hay una reducción de las emisiones de sus precursores (COV y NO_x), en relación a los días laborables. El EFS se reportó inicialmente en New York y Baltimore en la década de los 1970s [5, 6], y desde entonces ha sido identificado en otras ciudades de los Estados Unidos y Europa [7, 8, 9, 10]. En un estudio del EFS en California se plantearon siete hipótesis al respecto [2]:

1. Reducción de las emisiones de NO_x : Típicamente en los sábados y domingos se reduce la intensidad de tráfico vehicular en las zonas urbanas. Por lo tanto, también se reducen las emisiones de NO_x y con ello se pueden incrementar las concentraciones de O_3 , al tratarse de un régimen limitado por COV (Fig. 1).
2. Desplazamiento de las emisiones de NO_x : Durante las mañanas de los fines de semana, las emisiones de NO_x se producen más tarde, en comparación con los días laborables, por lo que las emisiones del fin de semana entran directamente en un sistema fotosintéticamente más activo, y por ello, generan O_3 de manera más eficiente.
3. Incremento de emisiones durante las noches de viernes y sábados: Típicamente hay mayor tráfico vehicular durante las noches de los viernes y sábados, en comparación con otros días. Estas emisiones nocturnas participan al día siguiente en la formación de O_3 .
4. Descenso de contaminantes de capa remanente alta: Durante las noches, la parte baja de atmósfera en contacto con la superficie se vuelve estable (impide los movimientos verticales de las masas de aire) por el descenso de temperatura; en tanto que la capa alta permanece en condiciones inestables (promueve los movimientos verticales) o neutras (no impide, pero tampoco promueve los movimientos verticales). De este modo, la capa alta permanece como una reserva remanente nocturna de contaminantes, que desciende a superficie al día siguiente, cuando se calienta la parte baja de la atmósfera y desaparece la estabilidad atmosférica. El descenso de O_3 de esta capa remanente podría tener mayor influencia durante los fines de semana, en comparación con los días laborables.
5. Incremento de emisiones durante los fines de semana: Se produce una mayor cantidad

de O_3 durante los fines de semana debido a que hay mayores emisiones de COV y NO_x .

6. Aerosoles y Radiación Ultravioleta (RU): Las emisiones de hollín (carbono elemental) y de otras partículas es mayor durante los días laborables, en comparación con los fines de semana, en razón del descenso del tráfico vehicular. Debido a que el hollín absorbe la RU, sus menores concentraciones

durante los fines de semana absorben menores cantidades de RU, por lo que hay niveles más altos de radiación solar en superficie para la generación de O_3 .

7. Destrucción de O_3 en superficie: Se destruye una menor cantidad de O_3 durante los fines de semana, en razón de que hay menores emisiones de NO (reacción 3)

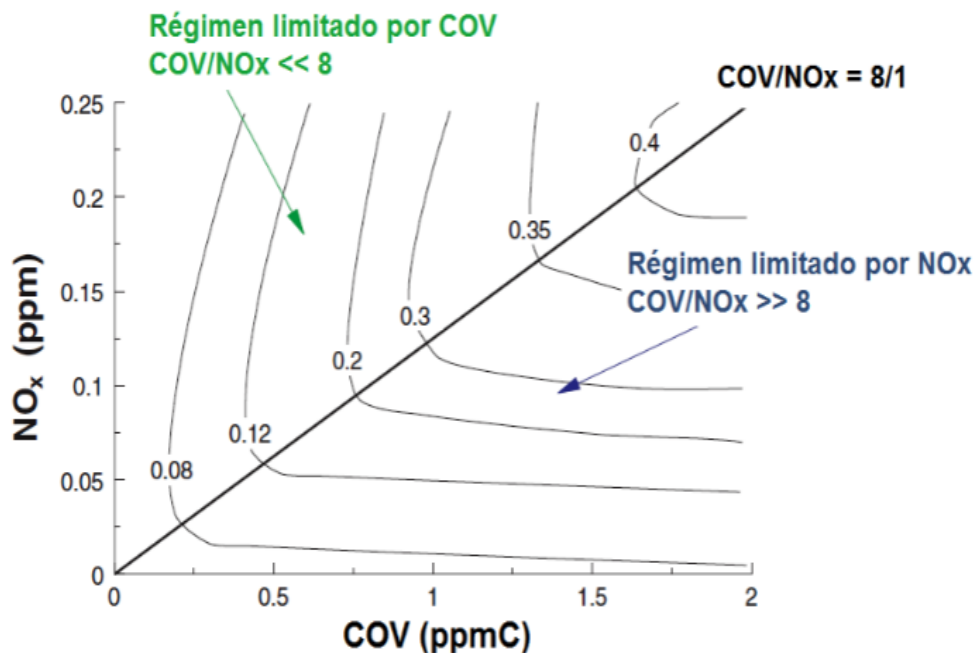


Figura 1. Isopletas de concentraciones máximas horarias de O_3 (ppm) obtenidas en función de diferentes concentraciones iniciales de NO_x y COV; y regiones que corresponden a regímenes de generación de O_3 (limitados por COV o NO_x). Adaptado de NRC [3].

El estudio de la contribución de las hipótesis del EFS constituye un elemento relevante para entender el comportamiento de los contaminantes, como principio básico para el control de la contaminación atmosférica. A fin de identificar la ocurrencia del EFS, se analizaron los registros de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca, localizada en la región Sierra, al sur del Ecuador (Fig. 2). Cuenca es la capital del cantón Cuenca y se localiza a una cota media de 2550 msnm. El cantón Cuenca presenta una topografía compleja, un porcentaje importante del territorio del cantón se emplaza sobre la Cordillera Occidental de los Andes, con cotas que superan los 4000 msnm. La red de monitoreo de la calidad del aire de Cuenca opera desde el año 2008. En su inicio estuvo conformada por estaciones con monitoreo pasivo y semiautomáticas de material particulado. Desde junio del 2012 entró en operación una estación automática

(Estación Mun) instalada en la zona del centro histórico de la ciudad (Fig. 2), que registra en tiempo real las concentraciones de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), NO_2 , O_3 y material particulado fino (diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras, $MP_{2.5}$). El tráfico vehicular es la fuente más importante de emisiones de contaminantes del aire en el cantón Cuenca. De acuerdo al inventario del año 2011, esta fuente contribuyó con el 92% de las emisiones de CO, 76% de NO_x , 43% de $MP_{2.5}$, 34% de COV y 30% de SO_2 [11]. Las emisiones del tráfico vehicular se localizan principalmente en la zona urbana de Cuenca. En el periodo 2013–2015, la concentración establecida para el O_3 en la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire ($100 \mu g/m^3$) se superó en 15 días (Tabla 1), de los cuales 9 excedencias corresponden a días laborables y 6 a días de fin de semana.

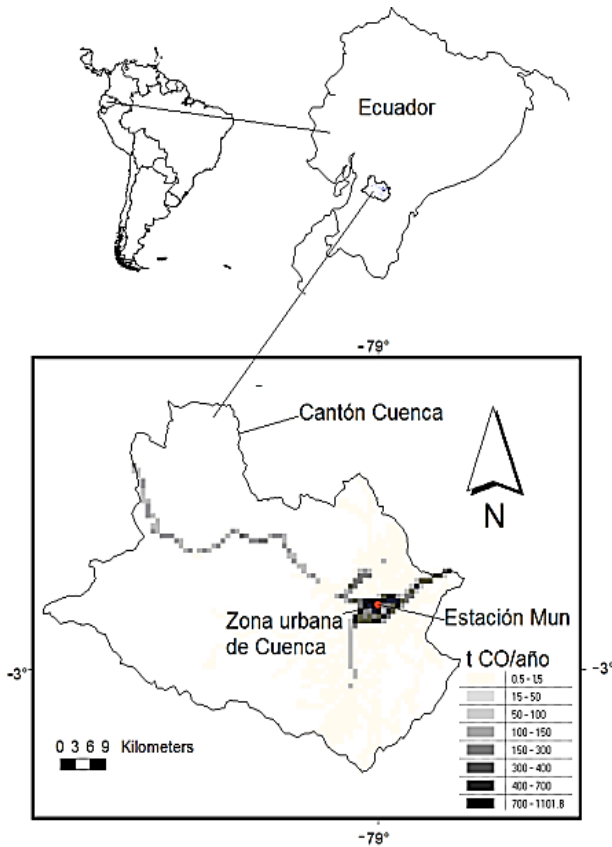


Figura 2. Ubicación de la ciudad de Cuenca y de la estación de calidad del aire localizada en el centro histórico (Estación Mun). Los colores en gris indican la intensidad de las emisiones de CO (t/a), según el inventario de emisiones atmosféricas del año 2011 [11].

Tabla 1. Número de días con excedencias de la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire para el O₃ (100 µg/m³, concentración máxima octohoraria) en la ciudad de Cuenca durante los años 2013, 2014 y 2015 [12, 13, 14].

Año	Días laborables	Fines de semana	Total
2013	8	5	13
2014	-	-	-
2015	1	1	2
Total	9	6	15

Se procesaron los registros horarios del periodo 2013–2015 de la Estación Mun (Fig. 2) de la ciudad de Cuenca. Para cada año se generaron 3 perfiles promedio de las concentraciones horarias de CO, NO₂, MP_{2.5} y O₃ para los días laborables, sábados y domingos. Adicionalmente se obtuvieron las concentraciones octohorarias máximas de O₃, con el fin de cuantificar los respectivos porcentajes de variación por semana, entre los sábados y domingos con respecto a los días laborables. Las concentraciones octohorarias de O₃ se cuantificaron con el promedio de las concentraciones entre las 10h00 y 17h00, considerando que típicamente en este periodo las concentraciones son mayores en relación a las demás horas del día. Este enfoque es similar al utilizado en el estudio del EFS en Santiago de Chile [15], y en la identificación de ESF en la zona urbana de Quito [16].

Los perfiles de CO, NO₂ y MP_{2.5} en los años 2013–2015 presentan concentraciones menores durante los sábados y domingos, con respecto a los días laborables. La Fig. 3 presenta los perfiles diarios de CO, NO₂ y MP_{2.5} para el año 2015. Los perfiles de los años 2013 y 2014 presentan configuraciones similares. Los perfiles de O₃ presentan concentraciones iguales o mayores durante los sábados y domingos (Fig. 4). Durante el periodo 2013–2015, el porcentaje medio de incremento de las concentraciones máximas octohorarias de los sábados y domingos, con respecto al promedio de los días laborables, varió entre 4,8–11,8% y 8,6–15,8% respectivamente (Fig. 5). Estos resultados indican potencialmente la presencia del EFS en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, especialmente durante los domingos. El rango de variación media de la concentración octohoraria máxima de los domingos (8,6–15,8%) es similar a la variación obtenida para el Centro Histórico de Quito (11,7–18,4%), zona para la cual se ha identificado el EFS [16].

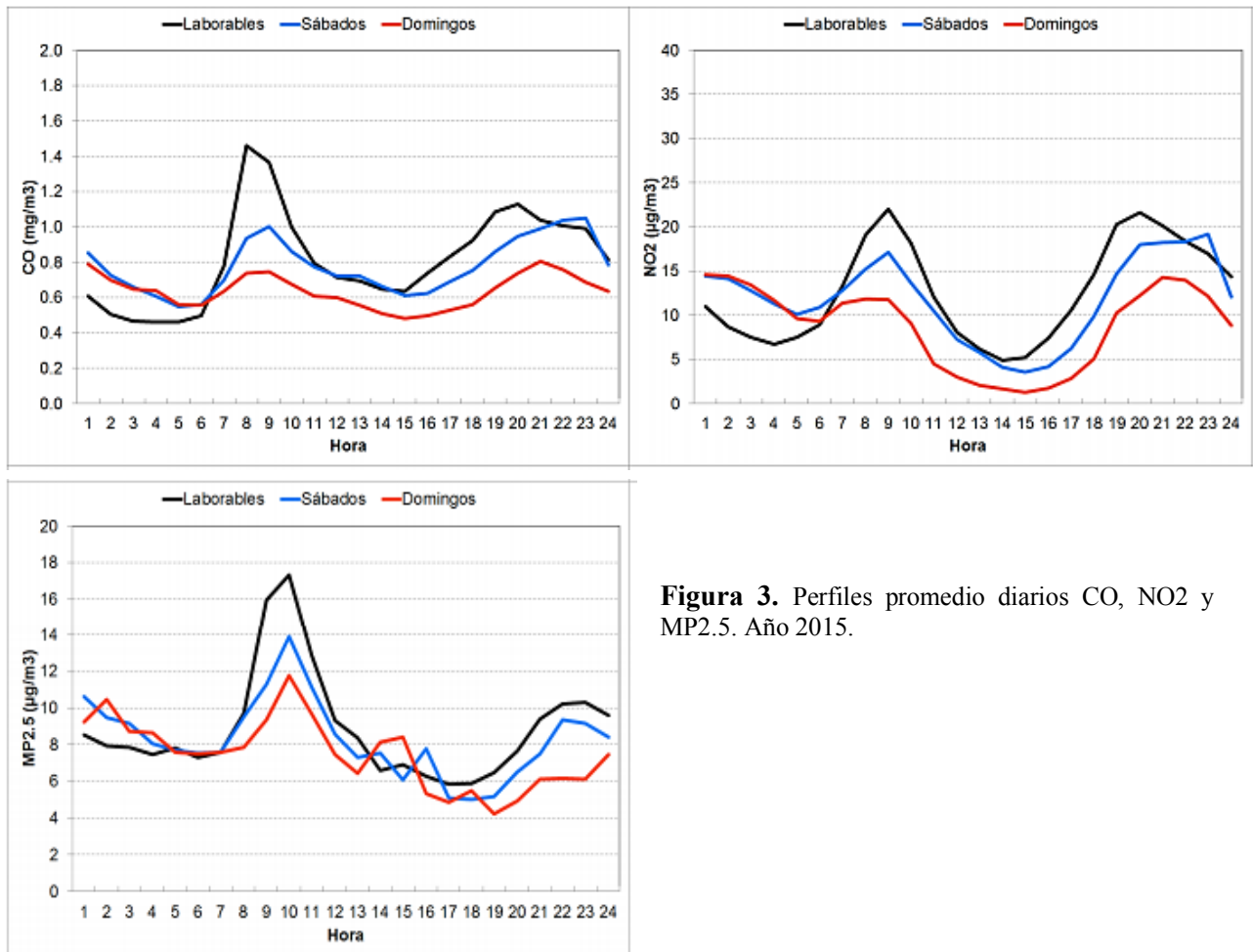


Figura 3. Perfiles promedio diarios CO, NO₂ y MP_{2.5}. Año 2015.

De acuerdo al inventario de emisiones del año 2011 [11], en el cantón Cuenca circularon alrededor de 126 000 vehículos, de los cuales el 89% corresponden a vehículos a gasolina y el restante 11% a vehículos a diésel. Se estimó que en el año 2011, el tráfico vehicular emitió 37.9 kt de CO, 8.2 kt de NO_x, 4.7 kt de COV y 0.4 kt de MP_{2.5}. De estas emisiones, a los vehículos a gasolina se les atribuye el 83% de las emisiones de CO y 75% de COV. Los vehículos a diésel, aunque en número sólo representan el 11% del parque vehicular, se les atribuye el 95% de las emisiones de MP_{2.5} del tráfico vehicular y 67% de las emisiones de NO_x. De los vehículos a diésel, los vehículos pesados (44% del total de vehículos a diésel), las camionetas-furgonetas (34%) y los buses (11%), son los más numerosos. Estos vehículos reducen de manera importante su actividad durante los fines de semana, especialmente los domingos. Por ello, se producen reducciones importantes en las emisiones de NO_x y MP_{2.5}. De los vehículos a gasolina, los automóviles (40% del total de vehículos a gasolina), los jeeps (26%) y las camionetas - furgonetas (24%) son los más

numerosos. La reducción de la circulación de estos vehículos durante los fines de semana implica una reducción, principalmente de las emisiones de CO y COV.

La reducción de las emisiones de CO, NO_x and MP_{2.5} durante los fines de semana, se refleja claramente en los perfiles de la Fig. 3. Esta información sugiere que la primera hipótesis del EFS (reducción de las emisiones de NO_x) podría explicar que en promedio, las concentraciones de O₃ se mantengan o sean mayores en fines de semana, en comparación con los días laborables. Ello indica que posiblemente en la zona de influencia de la Estación Mun hay un régimen limitado por COV para la generación de O₃. La reducción de las emisiones de NO_x durante los fines de semana podría promover el incremento de O₃ en el Centro Histórico de Cuenca.

La reducción de las emisiones de MP_{2.5} sugiere que la hipótesis 6 (aerosoles y radiación ultravioleta) también podría ser relevante para explicar las concentraciones de O₃ durante los

fin de semana. En razón de las menores emisiones de material particulado hay niveles más altos de radiación solar en superficie para la generación de O₃. Adicionalmente, la segunda (desplazamiento de las emisiones de NO_x) y séptima hipótesis (destrucción de O₃ en superficie) podrían contribuir en el EFS en Cuenca.

La participación de la tercera (incremento de emisiones durante las noches de viernes y sábados) y cuarta hipótesis (descenso de contaminantes de capa remanente alta) parece menos relevante. Finalmente, se descarta la participación de la hipótesis 5 (incremento de emisiones durante los fines de semana), en

razón de que en el Centro Histórico de Cuenca no hay una fuente relevante de los precursores de O₃ cuyas emisiones se incrementen durante los fines de semana.

Los resultados sugieren que, en el Centro Histórico de Cuenca, al haber potencialmente un régimen limitado por COV, la producción de O₃ podría controlarse reduciendo las emisiones de COV. La simulación numérica, por medio de un modelo euleriano de transporte químico, puede ser utilizada para cuantificar el aporte de la hipótesis del EFS en la Ciudad de Cuenca, y con ello evaluar la efectividad de las alternativas para controlar la generación de O₃.

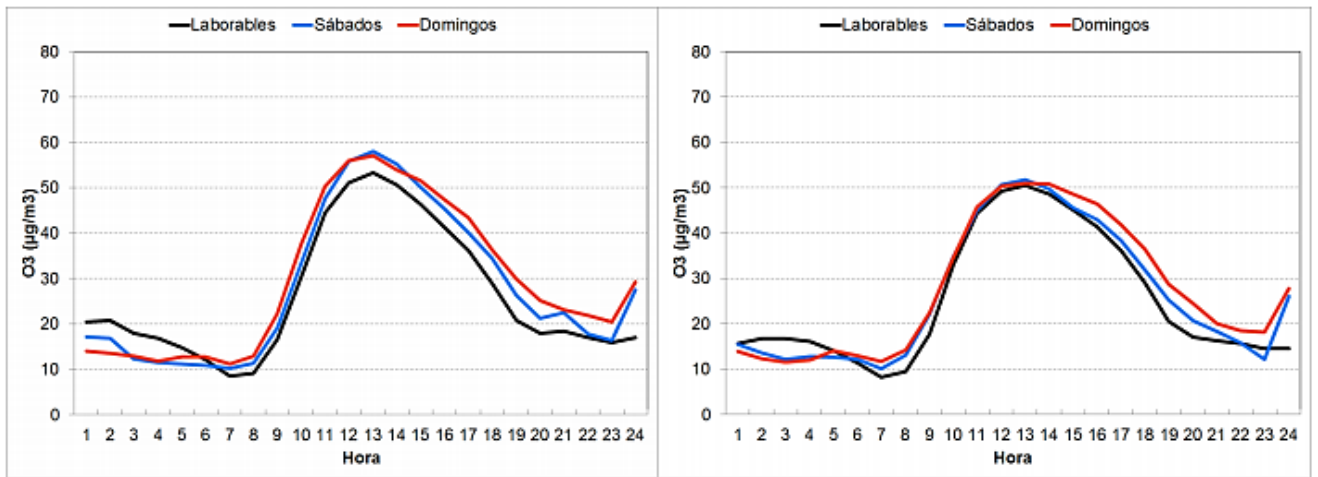


Figura 4. Perfiles promedio diarios O₃. Años 2013, 2014 y 2015.

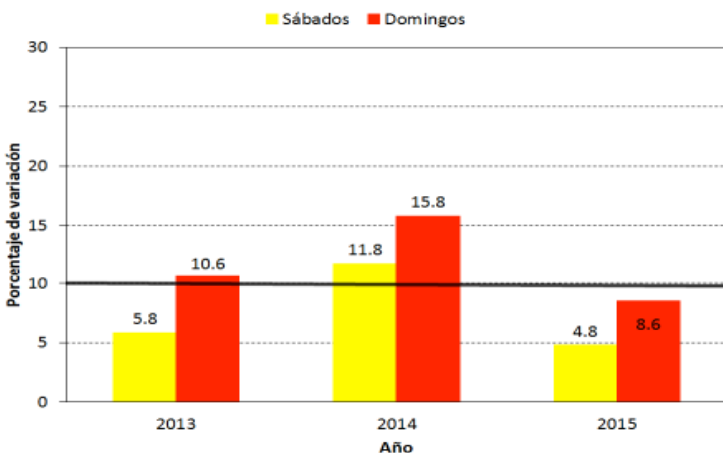


Figura 5. Variación media de las concentraciones octohorarias máximas de O₃ entre sábados y domingos con respecto a los días laborables.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Claudia Espinoza, de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca, por la entrega de la información.

REFERENCIAS

- [1] Jacobson, M. (2002). *Atmospheric Pollution: History, science and regulation*. New York: Cambridge University Press.
- [2] CARB. (2003). *The ozone weekend effect in California. Staff Report*. Sacramento: The Planning and Technical Support Division, The Research Division, Air Resources Board, California Environmental Protection Agency.
- [3] NRC (1999). *Ozone-Forming Potential of Reformulated Gasoline*. Washington D.C.: National Academic Press. doi: <https://doi.org/10.17226/9461>
- [4] NARSTO (2000). *An Assessment of Tropospheric Ozone Pollution – A North American Perspective*. Pasco: NARSTO Management Office (Envair).
- [5] Cleveland, W. S., Graedel, T. E., Kleiner, B., Warner, J. L. (1974). Sunday and workday variations in photochemical air pollutants in New Jersey and New York. *Science*, 186, 1037–1038. doi: <http://doi.org/10.1126/science.186.4168.1037>
- [6] Lebron, F. (1975). A comparison of weekend-weekday ozone and hydrocarbon concentrations in the Baltimore-Washington metropolitan area. *Atmospheric Environment*, 9, 861–863. doi: [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(75\)90046-3](https://doi.org/10.1016/0004-6981(75)90046-3)
- [7] Altshuler, S. L., Arcado, T. D., Lawson, D. R. (1995). Weekday vs. weekend ambient ozone concentrations: discussion and hypotheses with focus on Northern California. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 45, 967–972. doi: <https://doi.org/10.1080/10473289.1995.10467428>
- [8] Brönnimann, S., Neu, U. (1997). Weekend-weekday differences of near-surface ozone concentrations in Switzerland for different meteorological conditions. *Atmospheric Environment*, 31, 1127–1135. doi: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(96\)00311-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(96)00311-1)
- [9] Qin, Y, Tonnesen, G. S., Wang, Z. (2004). One-hour and eight-hour average ozone in the California South Coast Air Basin: trends in peaks values and sensitivity to precursors. *Atmospheric Environment*, 38, 2197–2207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.01.010>
- [10] Jiménez, P., Parra, R., Gassó, S., Baldasano, J. M. (2005). Modeling the ozone weekend effect in very complex terrains: a case study in the Northeastern Iberian Peninsula. *Atmospheric Environment*, 39, 429–444. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.09.065>
- [11] EMOV EP. (2014). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del cantón Cuenca 2011*. Cuenca: Alcaldía de Cuenca, Red de Monitoreo EMOV EP.
- [12] EMOV EP (2014). *Informe de calidad del aire Cuenca 2013*. Cuenca: Alcaldía de Cuenca, Red de Monitoreo EMOV EP.
- [13] EMOV EP (2015). *Informe de calidad del aire Cuenca 2014*. Cuenca: Alcaldía de Cuenca, Red de Monitoreo EMOV EP.
- [14] EMOV EP (2016). *Informe de calidad del aire Cuenca 2015*. Cuenca: Alcaldía de Cuenca, Red de Monitoreo EMOV EP.
- [15] Seguel, R., Morales, S., Leiva, M. (2012). Ozone weekend effect in Santiago, Chile. *Environmental Pollution*, 162, 72–79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.10.019>
- [16] Parra, R., Franco, E. (2016). *Identifying the Ozone Weekend Effect in the air quality of the northern Andean region of Ecuador. WIT Transaction on Ecology and the Environment*, 207, 169–180. doi: <http://www.doi.org/10.2495/AIR160161>

Evaluación del ruido en Cuenca a 2015Julia Martínez ^{1*}, Omar Delgado ^{1*}

¹ Universidad del Azuay, Instituto de Estudios del Régimen Seccional del Ecuador (IERSE), calle 24 de Mayo 777 y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador

*Corresponding Author / Autor para correspondencia, e-mail: jumartinez@uazuay.edu.ec, odelgado@uazuay.edu.ec

Editado por/Edited by: Diego F. Cisneros-Heredia, PhD(c)

Recibido/Received: 2016-08-31 Aceptado/Accepted: 2016-11-21

Publicado en línea/Published online: 2017-04-05

DOI: <https://doi.org/10.18272/aci.v9i15.711>

Cuenca noise assessment in 2015**Abstract**

The University of Azuay (UDA) and the Autonomous Decentralized Municipal Government of Cuenca (GAD), since 2009 have conducted the monitoring of noise emissions in the urban area of the city, in order to evaluate the noise behavior over time. Samples were taken at 30 points, previously established; using for measuring a sound level meter SoundPro Model SP-DL-2-1 / 3 Series BIM020008, Brand QUEST TECHNOLOGIES, noise information was taken in six hours periods (7h00, 10h00, 13h00, 15h00, 18h00 and 21h00), for periods of 15 minutes each time; then the information is systematized and then proceeded to make sonorous behavior assessment, based on national environmental regulations such as the unified secondary legislation of the Ministry of Environment Text – TULSMA. Noise was modeled using the interpolation method, IDW "Method of the inverse of the weighted distance", in addition to the software for modeling, calculation and management of environmental noise called Cadna, which is a method for simulating noise parameters with traffic density. 180 noise samples have been conducted in 2015, from which the 77,77% have an increase in relation to 2014 and overall, about 98% of the measurements are above the limits set out in TULSMA. Analysis of the noise maps, it is observed that the graphical representation of noise with the Cadna method has high noise emissions concentrated on the tracks, and towards the center of the blocks, the emission decreases.

Keywords: emission noise, TULSMA, method, flow, vehicular.

Resumen

La Universidad del Azuay (UDA) y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (GAD), desde el año 2009 realizan el monitoreo de las emisiones sonoras en el área urbana de la ciudad, con el propósito de evaluar el comportamiento sonoro en el tiempo. Los muestreos se realizaron en 30 puntos, previamente establecidos; se utiliza para la medición un sonómetro Modelo SOUNDPRO SP-DL-2-1/3, Serie BIM020008, Marca QUEST TECHNOLOGIES, el levantamiento de la información sonora se realizó en seis horarios (7h00, 10h00, 13h00, 15h00, 18h00 y 21h00), por períodos de 15 minutos en cada horario; luego se sistematiza la información y se procede a realizar la evaluación del comportamiento sonoro, tomando como base la reglamentación ambiental nacional como es el Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente – TULSMA. Se modeló el ruido con la utilización del método de interpolación, IDW “Método del inverso de la distancia ponderada”, y; el software de modelización, cálculo y gestión del ruido ambiental denominado CadnA, que es un método de simulación de ruido con parámetros de densidad de tráfico. Se han realizado 180 muestreos de ruido en el año 2015, de los cuales el 77,77% presentan un incremento con relación al año 2014 y en general, aproximadamente el 98% de las mediciones están sobre los límites establecidos en el TULSMA. Del análisis de los mapas de ruido, se observa que la representación gráfica del ruido con el método CadnA, presenta altas emisiones sonoras concentradas en las vías, y hacia el centro de las manzanas, la emisión disminuye.

Palabras clave: emisión, sonora, TULSMA, método, flujo, vehicular.

¹Esta investigación fue presentada en el Congreso Anual de Meteorología y Calidad del Aire CAMCA 2016 (28-29 abril 2016, Quito) y en el IV Congreso REDU (1-2 diciembre 2016, Sangolquí). Una prepublicación fue presentada en las actas del IV Congreso REDU (<http://bit.ly/2lc2bn>).

Martínez, J. & Delgado, O. (2017). Evaluación del ruido en Cuenca a 2015.

ACI Avances en Ciencias e Ingenierías,9(15), 104-114

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población urbana a nivel del país se ha incrementado, es así que el 65% de la población del cantón está asentada en la ciudad de Cuenca [1]; a nivel latinoamericano en México el 79% de la población del país está urbanizada y en Brasil el 85% de la población es urbana [2].

La congestión de la zona urbana y la correspondiente desertificación de la zona rural se le conoce como un desequilibrio territorial que acarrea impactos al ambiente entre los cuales se puede citar la destrucción de ecosistemas y paisajes, una intensa explotación de recursos naturales, fuente de emisión de contaminantes por incremento de industria y transporte [3].

La infraestructura vial no soporta el aumento constante del volumen de tráfico, por lo que “surge la congestión en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda” [4].

Con la congestión surgen problemas de contaminación del aire ocasionados por el consumo de combustibles; los vehículos circulan a menor velocidad, se presentan arranques continuos, mayor nivel de ruido en torno de las vías principales. Algunos estudios realizados a nivel mundial sobre las fuentes de ruido urbano, revelan que el 70% del ruido presente es atribuido al tráfico vehicular y la movilidad colectiva [5]. No se descarta la posibilidad que situación similar se esté produciendo en la ciudad de Cuenca.

La contaminación por ruido es un factor ambiental que incide directamente en la salud de la población. Una exposición constante y prolongada a niveles excesivos de sonido puede inducir lentamente, en algunos años, a la pérdida auditiva permanente, acumulativa e irreversible [6].

Se han establecido relaciones entre el ruido y el sistema nervioso central, sistema nervioso autónomo, sistema endócrino, aparato cardiovascular, aparato digestivo, aparato respiratorio, aparato reproductor-gestación, aparato vestibular, órganos de la visión, entre

otros, aunque no puedan cuantificarse sus efectos.

Según Kagán, en su libro “Stress and noise”, se afirma que las alteraciones vasculares y endocrinas producidas por ruido conllevan a un mayor latido cardíaco, hipertensión arterial, arritmias, déficit miocárdicos y posiblemente efectos sobre el sistema histoinmunológicos, entre otros [7].

Otros efectos del ruido son los psicológicos como la sensación de desagrado, molestia y pérdida de concentración. Altos niveles de sonoridad pueden también provocar trastornos en la salud mental como dolores de cabeza, inestabilidad emocional, irritabilidad, agresividad, ansiedad, e insomnio. Algunos problemas comunicacionales son también asociados a la presencia de ruido en el ambiente. El organismo, ante la incapacidad de comunicarse efectivamente, tiende a evitar la comunicación lo que resulta en problemas de retracción y asilamiento de la persona.

La sensación de molestia no es el efecto más grave ni el más peligroso, pero sí el más evidente. Su evaluación es muy subjetiva y variable dependiendo de la persona que la padece. No todos somos afectados en igual grado por el ruido; según Burneo [8], los grupos críticos (infantes, niños, ancianos, enfermos y madres embarazadas) sufren más por causa del ruido. Habría un umbral más alto de insensibilidad ante el ruido entre los pobladores de naciones en desarrollo y aún mayor insensibilidad en los grupos marginados, en comparación con habitantes de países desarrollados, explica Jacobs [9], debido al desconocimiento de sus efectos nocivos y a la falta de conciencia social y madurez psicoemocional de ciertos grupos que causan emisión de ruidos que pueden incomodar a otras personas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el nivel sonoro propuesto al aire libre no debe sobrepasar los 55dB, el tráfico en la ciudad produce alrededor de 80 dB y; el límite del umbral del dolor está estipulado en 120 dB.

En tanto que en el Ecuador, la normativa de ruido está descrita en el Texto unificado de legislación ambiental (TULSMA) [10], en el

mismo se establecen los límites de los niveles de ruido permisibles por categorías de uso y ocupación del suelo, y los niveles permisibles para las personas expuestas a una fuente de ruido está regido por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), a través del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

Conocer los niveles sonoros en nuestro entorno es necesario, sin embargo, el monitoreo de ruido no es una actividad habitual en los organismos seccionales del Ecuador, pocas son las ciudades en donde se cuente con un monitoreo de ruido: Quito, Guayaquil, Cuenca, el cual en muchos casos no es continuo, en tanto que las restantes ciudades del Ecuador, carecen de datos relacionados con las emisiones de ruido, lo cual ha impedido establecer las principales fuentes de emisión, así como el grado de afección; pese a que en la norma nacional TULSMA exige la elaboración de mapas de ruido en todas aquellas ciudades que cuenten con una población superior a los 250.000 habitantes. (TULSMA – 2015) [11].

El Mapa de ruido, es un instrumento que sirve para caracterizar el grado de contaminación sonora en las ciudades y sobre esta base elaborar un plan de intervención. Esta información permite a las entidades locales y gubernamentales tomar decisiones con relación a la planificación del territorio, estableciendo normas, reglamentos con niveles máximos permisibles de acuerdo con los usos del suelo de la ciudad.

Las autoridades municipales de la ciudad de Cuenca, plantean conocer el comportamiento de la contaminación ambiental por ruido en la ciudad, para precautelar la salud de sus habitantes, establecer las medidas necesarias para prevenir o corregir comportamientos que incrementen las emisiones sonoras en la ciudad. En este marco se suscribe un convenio entre el Gobierno Autónomo Descentralizado municipal de Cuenca con la Universidad del Azuay para evaluar el comportamiento sonoro de la ciudad de Cuenca en los años 2009, 2012, 2014 y 2015, y la elaboración del mapa de ruido al 2015.

MATERIALES Y METODOS

Para la identificación de los puntos de muestreo, se contó con la información de la densidad de tráfico existente en la ciudad; se tomaron en consideración además las características físicas de las vías, seguridad de la zona para mantener los equipos e instrumental necesario para el levantamiento de datos y que engloben el área urbana de la ciudad. Se identificaron 30 puntos de monitoreo, que se describen en el siguiente mapa.

El horario del muestreo se estableció sobre la base del estudio realizado por la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte (UMT) del Gobierno Autónomo Descentralizado municipal de Cuenca [12], en el cual se establecen las frecuencias de entrada y salida de los vehículos de la zona céntrica de la ciudad de Cuenca.

Con esta información, se determinaron los puntos críticos en donde se presenta el mayor flujo tanto de personas como de vehículos, que corresponden a las: 7h00, 13h00 y 18h00. Se estableció adicionalmente los horarios correspondientes a las 10h00 y 15h00 que son los horarios en donde el citado flujo disminuye; con el propósito de contar con información de las horas pico y de las horas valle. Se incluyó el horario correspondiente a las 21h00 como horario nocturno.

El método de medición fue el establecido en la legislación ecuatoriana, en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiental (TULSMA), en el Libro VI, Anexo V, en la cual se establecen los “Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas, fuentes móviles y para vibraciones”. Para las mediciones se siguieron las indicaciones establecidas en la citada norma y se realizaron durante treinta días, considerando un día por cada punto a levantar, sin incluir los fines de semana y feriados.

El período de toma de datos fue de 15 minutos por cada horario y en cada estación, superando lo recomendado en la normativa ambiental que especifica que se deberán realizar los monitoreo por un período de 10 minutos como mínimo (TULSMA, 2014).

Para cada punto de medición se registró el nivel de presión sonora equivalente, NPSeq, expresados en decibeles, en ponderación con escala A denominada dB(A) [13]., debido a que los seres humanos perciben el ruido dependiendo de la frecuencia del mismo, por lo que escalas ponderadas han sido desarrolladas para reflejar la percepción humana del mismo.

El levantamiento de la información se realizó con el sonómetro Modelo SOUNDPRO SP-DL-2-1/3, Serie BIM020008, Marca QUEST TECHNOLOGIES, el mismo está calibrado en la escala de ponderación A.

La información cartográfica de ubicación de los puntos de muestreo, el límite urbano de la ciudad de Cuenca, las parroquias urbanas y los usos de suelo se integran y administran en el sistema de información geográfica ArcGIS. Adicionalmente se generó una geodatabase con información de las emisiones de ruido que se levantaron en los distintos puntos de muestreo.

Para realizar la evaluación en los períodos 2009, 2012, 2014 y 2015, se utilizó como norma de referencia el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA – 2014), ya que, para realizar comparaciones en el tiempo, es necesario contar con las mismas asignaciones del uso del suelo con las que se trabajó en años anteriores.

Inicialmente se planteó evaluar en cuatro períodos de tiempo, sin embargo, en el presente artículo se presenta la evaluación en los períodos 2012, 2014 y 2015 omitiendo las mediciones realizadas en el año 2009, debido a

que el horario fue distinto, así como el número de puntos muestreados.

A partir de los 30 sitios de monitoreo se generó la distribución espacial del ruido, empleando la técnica de interpolación determinista y exacta: media ponderada por el inverso de la distancia - IDW; y adicionalmente se trabajó en la modelación del ruido en las vías empleando información de densidad de tráfico a través del programa informático CadnA.

El método IDW se apoya en el concepto de continuidad espacial, con valores más parecidos para posiciones cercanas que se van diferenciando conforme se incrementa la distancia. Desde el punto de vista metodológico, cada valor que tiene una correspondencia con un punto determinado, influye sobre los demás de forma local y disminuye proporcionalmente su efecto con la distancia. Al ser un método exacto y ajustarse en su localización a los datos, generalmente dibuja en el mapa círculos concéntricos, denominados “bulleyes” (ojos de toro), que gradúan los cambios bruscos en los valores [14].

El método CadnA se basa en la utilización del software de modelización, cálculo y gestión del ruido ambiental. El propósito es poder contar con un mapa de ruido sobre la base del análisis de factores como son el tráfico promedio diario, el ancho de la calzada y el tipo de capa de rodadura. El propósito de utilizar estos dos métodos de generación de mapas de ruido, fue el establecer cuál de los dos representa de mejor manera el comportamiento sonoro de la ciudad.

Tabla 1. Límites permisibles según el TULSMA

	Zona / Uso del suelo	NPS eq (dB(A))	
		06h00 - 20h00	20h00 – 06h00
1	Zona hospitalaria y educativa	45	35
2	Zona residencial	50	40
3	Zona residencial mixta	55	45
4	Zona comercial	60	50
5	Zona comercial mixta	65	55
6	Zona industrial	70	65

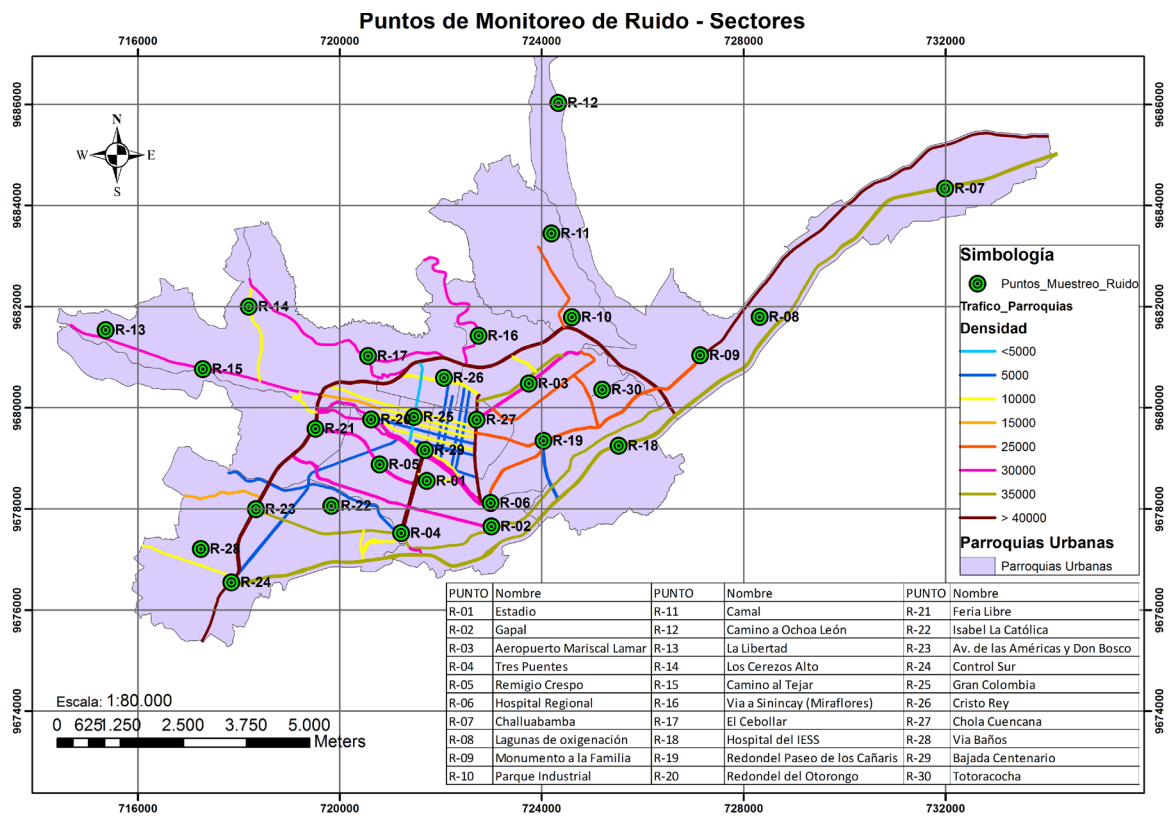


Figura 1. Mapa de los puntos de monitoreo de ruido de la ciudad de Cuenca

RESULTADOS

La evaluación de las emisiones sonoras en los periodos 2012, 2014 y 2015 se presentan en la Tabla 2.

Del análisis de la tabla anterior se obtienen los siguientes resultados:

Período 2012 al 2014

En el horario de las 21h00, 16 de las 30 mediciones presentan una disminución de emisión sonora, lo que representa el 53,33 %, en tanto que el restante 46,67% sufre un incremento. La mayor disminución se presenta en el punto R08_ Lagunas de oxidación con (- 17,9 dB), en tanto que el mayor incremento es de 13,8 dB que corresponden al punto R12_Camino a Ochoa León.

Para el horario de las 18h00, de igual manera se presenta una disminución en el 66,67% de los

puntos muestreados y un incremento del 33,33%. La mayor disminución se presenta en el punto R08_ Lagunas de oxidación en (-9,9 dB) y el mayor incremento está en el punto R12_Camino a Ochoa León con (13,5 dB).

Para las 15h00, se observa que en los 19 puntos de los 30 se presentan disminuciones, siendo la más representativa la del punto R08_ Lagunas de oxidación con (- 10,3 dB) y el mayor incremento es (7,7 dB) y se presenta en el punto R11_Camal.

Para el horario de las 13h00, el 63,33% de los resultados de los monitoreos han disminuido con relación al año 2012 con el correspondiente incremento del 36,67%. El mayor incremento se estableció en el punto R12_Camino a Ochoa León con (23,1 dB) sobre la medición anterior; el punto en donde se dio la mayor disminución fue el R21_Feria Libre con (-11,8 dB).

Tabla 2. Comparación de emisiones sonoras (2012 – 2014 – 2015)

Nº	Punto Medido (sector)	Año 2015 (Lavg)					Incremento					Año 2014 (Lavg)					Año 2012 (Lavg)				
R_03	Aeropuerto	69,3	66,9	68,2	65,1	65,8	62,3	70,8	69,2	73,9	69,2	70,7	68,1	69	71,7	74,1	70,5	74,5	69,6		
R_08	Lagunas de Oxidación	72,8	71,3	70,9	69,3	70,3	68	64,3	65,1	65,1	66,5	66,6	57	80,7	77,1	76,5	76,8	76,5	74,9		
R_13	La Libertad	64,6	60,9	59,8	63,7	64,3	56,5	53,8	59,9	61,7	56,7	58,4	55,3	65,4	48,7	52	55,7	52,3	48		
R_18	Hospital del IESS	77,7	75,2	79,2	76,5	77	73,4	70,5	70,6	67,2	71,5	68,9	66,8	74	71,9	77,9	72,7	72,2	74,8		
R_23	Av. De las Américas y Don Bosco	75	73,9	72,9	73,8	74,2	71,1	74,6	74,8	72,1	72,1	73,5	71,5	74,6	76,9	74,3	78	77,2	74,2		
R_28	Vía Baños	62,7	77,5	54,7	59,9	52,6	56,6	54,5	55	57	62,2	53,3	49,2	63,8	64	57,6	65,9	55,9	48,1		

A las 10h00 se produce una disminución de emisiones en el 63,33% de los puntos muestreados. El mayor incremento se da en el punto R13_La Libertad con una elevación de (11,2 dB) y la mayor disminución es de (-12,2 dB) y se registra en el punto R27_Chola Cuencana.

El 56,67% de las mediciones realizadas han tenido una disminución de los resultados de las emisiones en el horario de las 7h00. El punto en el cual se determinó el mayor incremento es el R12_Camino a Ochoa León con (28,6 dB) adicionales a la medida establecida en el año 2012. En el punto R08_Lagunas de Oxidación disminuyen las emisiones en (-16,4 dB).

Periodo 2014 – 2015

Durante este período de manera general se puede ver que se han incrementado las emisiones en los distintos horarios, es así que a las 21h00, existe un incremento de emisiones en el 73,33% de los sitios monitoreados, en tanto que en el 26,67% hay una disminución. El mayor incremento se registra en el punto R09_Monumento a la familia con (8,6 dB) adicionales. En el punto R12_Camino a Ochoa León se produce la mayor disminución en (-7,3 dB).

A las 18h00 se presenta un incremento en el 80% de los sitios muestreados. En el punto R21_Feria Libre se registra el mayor incremento en (10 dB), y la mayor disminución es de (-4,9 dB) en el punto R03_Aeropuerto. De igual manera que en el horario descrito en el párrafo anterior, a las 15h00 se incrementan las emisiones en 24 de los 30 puntos medidos, lo

que representa el (80%), siendo el punto R21_Feria Libre el que mayor incremento presenta en (12,8 dB). La mayor disminución se da en el punto R03_Aeropuerto en (-4,1 dB).

En el horario de las 13h00 el 73,33% de los sitios monitoreados presenta incremento de emisiones. Se registra en el punto R21_Feria Libre el mayor incremento en (13,2 dB) y la mayor disminución se registra en el punto R12_Camino a Ochoa León en (-6,8 dB).

El 80% de los puntos medidos presentan incremento de emisiones en el horario de las 10h00, corresponde al punto R28_Vía a Baños el mayor incremento que es de (22,5 dB), en tanto que en el punto R02_Gapal se da la mayor disminución que es de (-2,9 dB).

En el horario de las 7h00 se incrementan las emisiones en el 80 % de los puntos muestreados. El mayor incremento se establece en el punto R13_La Libertad en (10,8 dB), y; la mayor disminución se registra en el punto R16_Vía a Sinincay con (-1,8 dB).

Representación gráfica de la evaluación sonora

A continuación, se presenta de manera gráfica la evaluación del comportamiento de las emisiones de ruido, clasificados según el tipo de zona y comparados con los límites máximos admisibles establecidos en el TULSMA (2014). La evaluación se hizo para todas las zonas, sin embargo, para el presente documento se detallarán tres zonas: Hospitalaria - educativa, residencial e industrial.

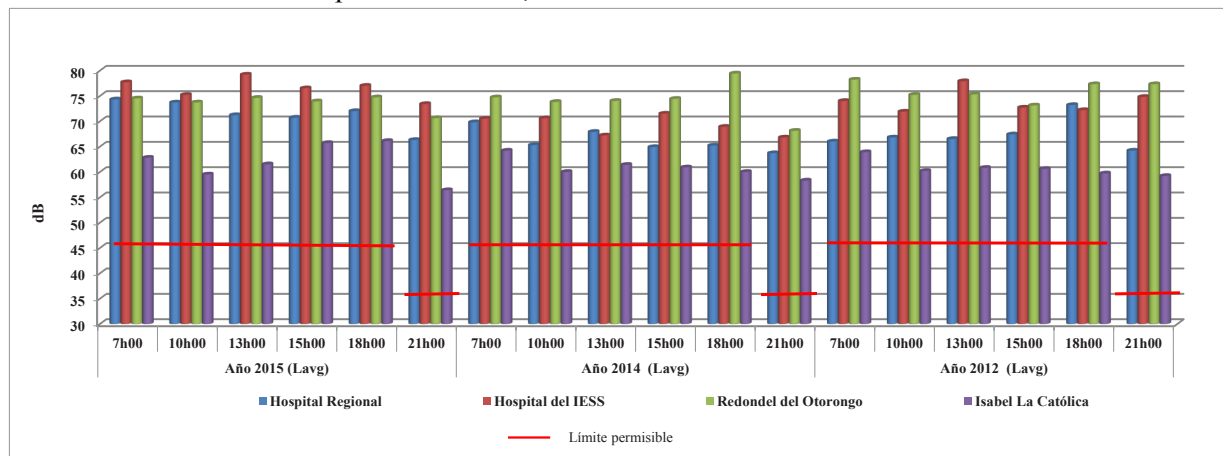


Figura 2. Comparación de las emisiones sonoras en la zona hospitalaria durante los años 2012, 2014 y 2015

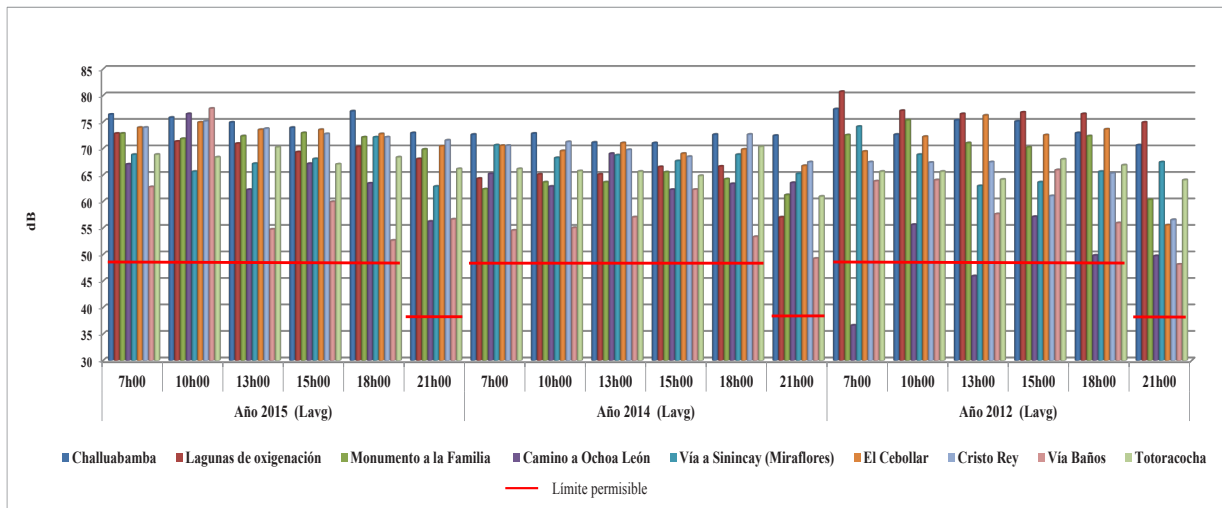


Figura 3. Comparación de las emisiones sonoras en la zona residencial durante los años 2012, 2014 y 2015

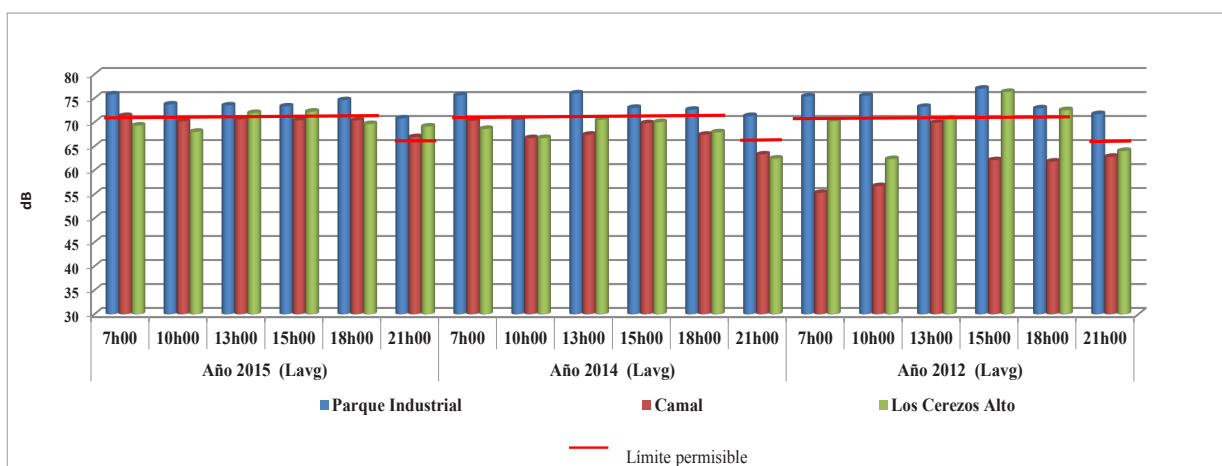


Figura 4. Comparación de las emisiones sonoras en la zona industrial durante los años 2012, 2014 y 2015

En las siguientes tres figuras se representa el comportamiento del ruido ambiente registrado en las zonas: hospitalaria, residencial e industrial; donde en el eje de las **X** se colocan los sitios de monitoreo para los años 2012, 2014 y 2015 en los 6 horarios, y; en el eje de las **Y**, corresponde a las emisiones registradas en cada sitio. Con la línea roja horizontal se indican los límites máximos permisibles de emisiones de ruido establecidos por la normativa nacional (TULSMA, 2014) para cada una de las zonas descritas, tanto para el día como para la noche. Todos los puntos de monitoreo de la zona hospitalaria – educativa en los seis horarios, están sobre los límites permisibles para emisión de ruido (TULSMA, 2014), tanto para el día como para la noche.

Las emisiones en la zona residencial superan los límites permisibles en el TULSMA, con

excepción del punto de monitoreo denominado “Camino a Ochoa León” que, durante el año 2012, mantiene valores bajo la normativa, debido a la poca circulación vehicular todavía existente hasta ese año.

La zona industrial de la ciudad de Cuenca, hasta el año 2012 conserva su carácter de zona industrial, pero en los siguientes años, se ha extendido la urbanización, el comercio y la gestión, por lo que se ha incrementado la población y el movimiento vehicular, por lo tanto, las emisiones han subido.

Se elaboró un mapa de ruido de la ciudad por cada horario de muestreo. En la hora pico de conflictividad en la movilidad de tránsito (7h00), el mapa resultante es el siguiente:

Las zonas marcadas de color rojo presentan emisiones sonoras de hasta 77 dB y disminuyen en otras zonas hasta 62 dB, marcadas de color azul, los valores de las emisiones según la OMS son los que corresponden a circulación vehicular.

Las zonas en donde se establecen mayores emisiones de ruido son en Challuabamba, Hospital del IESS, El parque Industrial.

El rango de variación de las emisiones en el horario de las 21h00 está entre los 50 y 73 dB. Las zonas en donde se manifiestan las más altas emisiones son: Challuabamba, sector del Control sur, sector Cristo Rey, centro Histórico con emisiones de hasta 73 dB.

El mapa generado con el CadnA, representa las emisiones producidas en las vías, las cuales están en el rango de los 75 dB, que corresponde a lo establecido por la OMS.

Como se puede observar en el mapa las máximas emisiones de ruido se presentan en las vías de alto tráfico como son la Av. de las Américas, la autopista Cuenca – Azogues, las calles del centro histórico de Cuenca, estas emisiones son hasta de 75 dB. Las emisiones sonoras en la ciudad se concentran en las vías, en tanto que en las áreas en donde se asientan las urbanizaciones, la emisión de ruido disminuye a valores de hasta 60 dB.

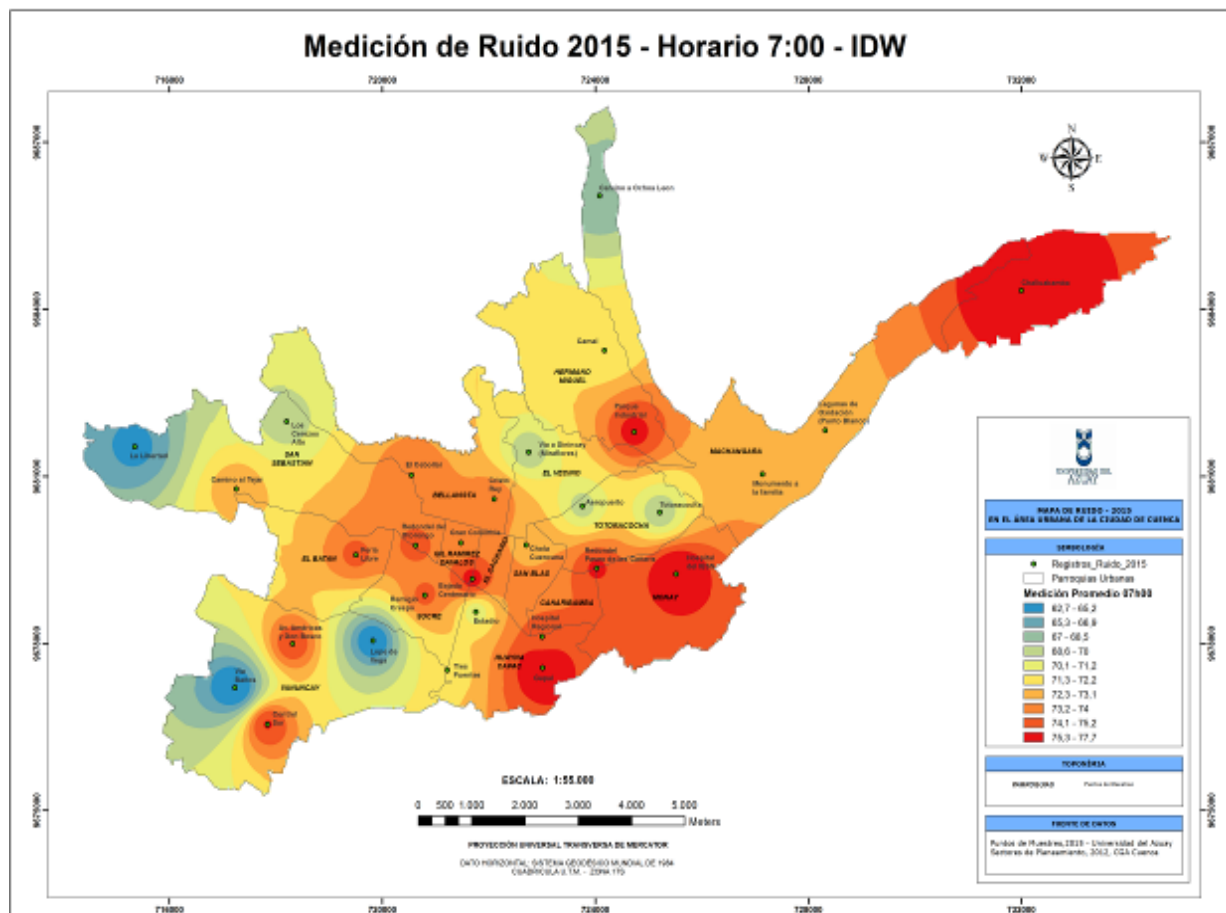


Figura 5. Mapa de ruido de la ciudad de Cuenca a las 7h00 con el método IDW

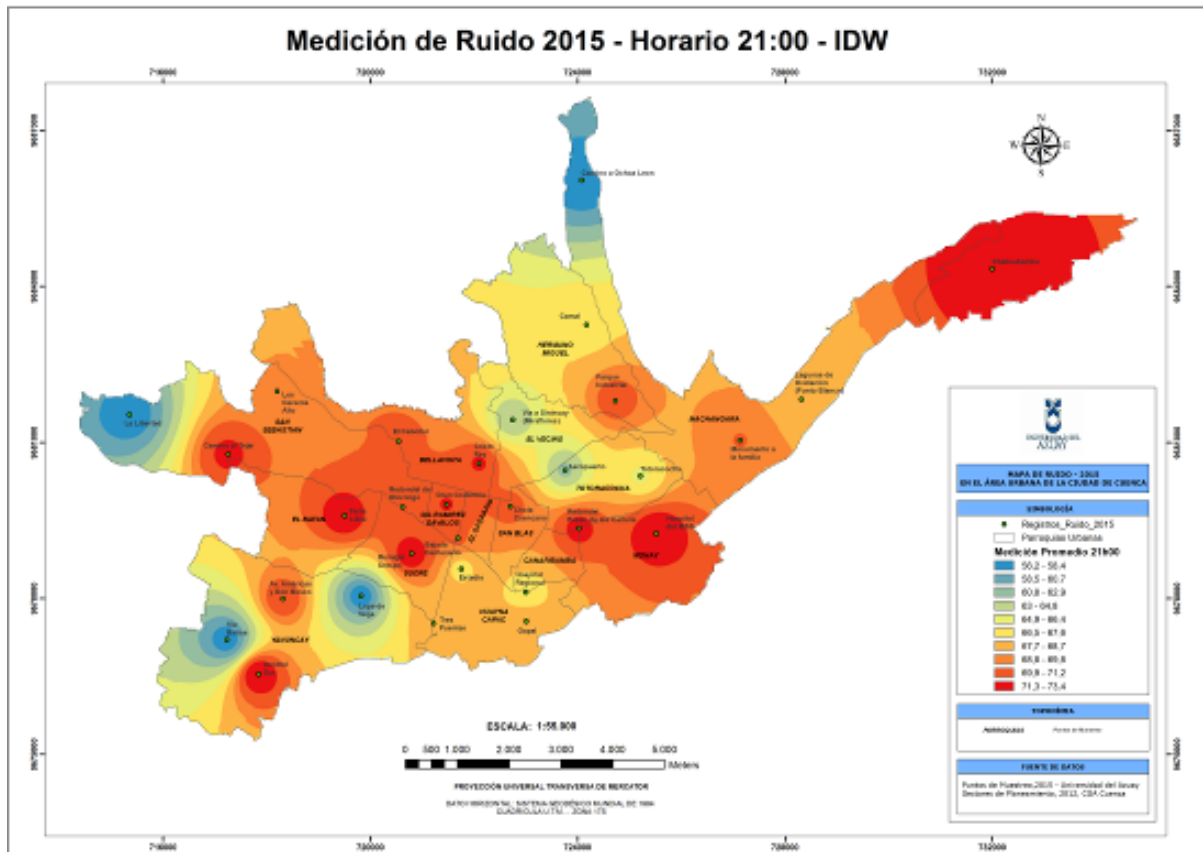


Figura 6. Mapa de ruido de la ciudad de Cuenca a las 21h00 con el método IDW

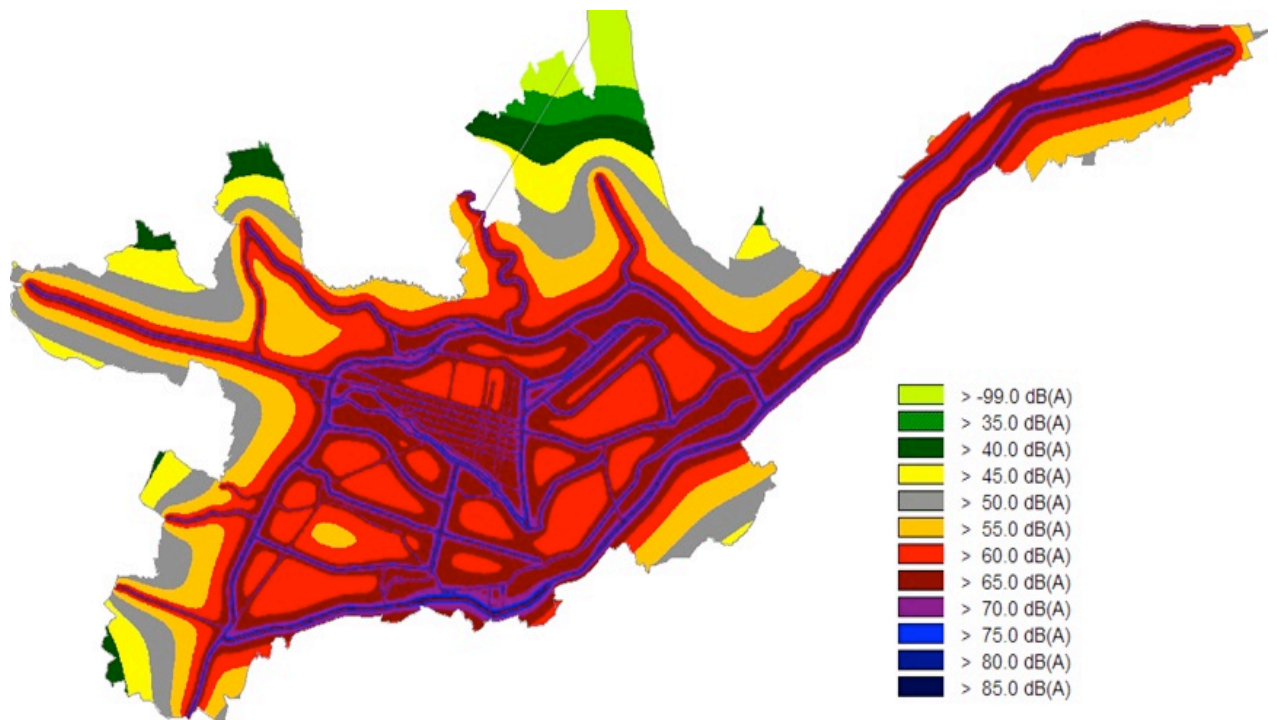


Figura 7. Mapa de ruido de la ciudad de Cuenca – Método CadnA

DISCUSIÓN

Las emisiones en el año 2015 se incrementan con relación al año 2014 en un 77,78%, los horarios de incremento son a las 13h00 y 18h00.

Para el horario de las 18h00 y 13h00, los mayores incrementos se dan en el sector de la Feria Libre. Se observa una disminución en el sector del Aeropuerto, debido a que las calles de acceso al mismo están cerradas al ingreso del tráfico vehicular por la construcción del proyecto del Tranvía que atraviesa el lugar.

El 80% de los puntos medidos presentan incremento de emisiones en el horario de las 10h00, y en el horario de las 7h00 se incrementan las emisiones en el 80 % de los puntos muestreados.

Con relación a los mapas de ruido generados a partir del método de interpolación IDW que toma en cuenta los 30 sitios de muestreo en diferentes horarios, ha permitido identificar los sitios de mayor ruido ambiente en la ciudad; en tanto que el mapa de ruido generado empleando el programa informático CadnA representa las emisiones de ruido en la red vial, evidenciando que las mayores emisiones se presentan en las vías que van disminuyendo a medida que se alejan de la fuente emisora.

AGRADECIMIENTOS

A los equipos técnicos de la Universidad del Azuay y de la Comisión de Gestión ambiental del GAD municipal de Cuenca que colaboraron en la ejecución del presente trabajo

REFERENCIAS

- [1] INEC, Censo de población y vivienda, 2010.
- [2] BID, Cuenca ciudad sostenible, 2015.
- [3] Gómez, D; Evaluación de impactos ambientales, España, 2010.
- [4] Ortúzar y Willumsen, La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias, en la revista CEPAL N° 76, 2002.
- [5] Platzer, L., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de Otorrinolaringología* (67), 122-128.

- [6] Burneo, A, Ruido y contaminación ambiental en Quito. En *Contaminación ambiental por ruido y estrés en el Ecuador*, 2007.
- [7] Kagan, A, Stress and noise. En Jerry V. Tobías (Ed.), *Noise as a public health problema, proceedings of the Third International Congress*, Washington, ASHA Reports 10, 1980.
- [8] Burneo, A, El ruido, un criminal sigiloso. En *Contaminación ambiental por ruido y estrés en el Ecuador*, 2007.
- [9] Jacobs G, The consequences of excessive noise”. En *Crzmick’s encyclopedia of ecology*, New York, Van Nostrand Reinhold Co., 1976.
- [10] Ministerio del Ambiente, (2014). Libro VI Anexo 5, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Quito.
- [11] Ministerio del Ambiente, (2015). Libro VI Anexo 5, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Quito.
- [12] GAD municipal de Cuenca, Estudio de actualización operacional del Sistema integrado de transporte de Cuenca, 2007.
- [13] Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. E., & Steels, L. Noise tube: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones. *Information in Environmental Engineering*, 215 – 228, 2009.
- [14] García, J., Cebrián, F. La interpolación como método de representación cartográfica para la distribución de la población, 2006.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Juan M. Aguilar concibió la investigación, Boris A. Tinoco gestionó la adquisición de fondos y participó en la dirección del proyecto, Juan M. Aguilar adquirió, analizó e interpretó los datos; Boris A. Tinoco y Juan M. Aguilar participaron en la redacción del manuscrito.

Proceso editorial

ACI Avances en Ciencias e Ingenierías recibe manuscritos que presentan información original y la evaluación de los manuscritos se realiza a través de un proceso de revisión por pares (peer-reviewed) que toma en consideración una determinación objetiva de la robustez científica y metodológica, no en factores subjetivos como “impacto” o “interés”.

Revisar los criterios de publicación de la revista y nuestras políticas del proceso de evaluación por pares en el siguiente enlace:

<http://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/about/editorialPolicies>

Para la organización de los artículos y comunicaciones, la revista se divide internamente en tres secciones:

Sección A: Ciencias Exactas y Físicas

Sección B: Ciencias Biológicas y Ambientales

Sección C: Ingenierías.

ACI Avances en Ciencias e Ingenierías se adhiere a los lineamientos de autoría de la ICMJE. Revisa más detalles sobre los requisitos de autoría en el siguiente enlace: <http://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/about/editorialPolicies>

DIRECTRICES PARA AUTORES/AS

Por favor, revise estas directrices para preparar su manuscrito, pues todos los manuscritos enviados a la revista **ACI Avances en Ciencias e Ingenierías** deben cumplirlas. Estas directrices le ayudarán a estar seguro que su manuscrito está completo y que el proceso editorial se conducirá lo más ágil posible. Asegúrese de revisar el Enfoque y Alcance de ACI Avances en Ciencias e Ingenierías así como nuestros Criterios de Publicación, nuestras Políticas Editoriales, incluyendo las Políticas de Sección, Proceso de Evaluación por Pares, Frecuencia de Publicación, Política de Acceso Abierto, y Requisitos de Autoría en el siguiente enlace: <http://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/about>

La revista ACI Avances en Ciencias e Ingenierías publica contribuciones en español e inglés, todas son sujetas a un proceso de revisión por pares, y se pueden enmarcar en una de las siguientes categorías:

Artículo: Un manuscrito que reporta conclusiones substanciales para el entendimiento de un problema, debiendo ser actualizado y exhaustivo en sus análisis y conclusiones, e incluir el conjunto completo de datos empíricos que soportan las ideas expuestas (se incluyen revisiones sistemáticas de la literatura y meta-análisis). Estos manuscritos usualmente tienen más de 2000 palabras y no hay límite máximo de palabras, figuras o tablas. Estos manuscritos deben tener divisiones con subtítulos (ver sección Organización del manuscrito).

Comunicación: Corresponde a un reporte conciso de un tema de investigación específico destinado a la presentación rápida de resultados novedosos pero de interés puntual. El tipo de información reportada es flexible, y puede incluir manuscritos que prueban nuevas metodologías, que describen observaciones de historia natural, o que presentan datos empíricos puntuales y novedosos. Estos manuscritos usualmente tienen menos de 2000 palabras y pueden incluir máximo tres tablas y tres figuras. El texto de estos manuscritos no tiene divisiones (ver sección Organización del manuscrito).

Ciertos manuscritos podrían ser reclasificados entre Artículos y Comunicaciones a discreción de los Editores de la revista y con el permiso del autor.

Revisión de Libro: Corresponde a una crítica objetiva que analiza el contenido y estilo de un libro recientemente publicado y de relevancia dentro del enfoque de la revista. Cada revisión resume, evalúa y discute el contenido del libro a la luz de las necesidades actuales de la comunidad científica. No se incluyen datos originales o sin publicar. Las revisiones son solicitadas por invitación de los Editores de la revista y tienen máximo 1500 palabras. Si está interesado en realizar una revisión o en sugerir un libro para revisión, por favor póngase en contacto con la revista: avances@usfq.edu.ec

Números especiales: La revista publicará números especiales sobre un tema específico o en honor a un académico (Festschrift). Cada número especial será coordinado por un Editor Invitado, quien trabajará junto a los Editores de la revista. Personas interesadas en liderar un número especial deben enviar su propuesta al Editor en Jefe de la revista. Todos los manuscritos aprobados del número especial serán publicados en versión digital y, dependiendo de la cantidad se imprimirán como parte del siguiente número de la revista o como un número impreso por separado.

PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Formato de archivo. Para el envío inicial, los manuscritos pueden estar en cualquiera de los siguientes formatos: DOC, DOCX., RTF, o PDF.

Si utiliza Mendeley para sus referencias, debe transformar los campos de Mendeley en texto simple.

Se recomienda que los manuscritos que contengan ecuaciones sean producidos en LaTeX. Manuscritos producidos en LaTeX deben ser enviados en formato PDF (si el manuscrito es aceptado, se le solicitará el archivo *.TEX).

Tipo de letra. Times de 12 puntos

Los encabezados deben ir en mayúsculas y centrados (aquellos descritos en la sección Organización del manuscrito).

En caso de incluir subtítulos adicionales a los encabezados, se los colocará en negrillas y con estilo de oración (primera letra en mayúscula y el resto en minúsculas).

El resto del texto no debe tener ningún tipo de formato adicional, excepto colocar palabras en negrillas y en cursiva. No usar tabulaciones, diferentes tamaños de letra, numeración o estilos para subtítulos, etc.

Diseño de página. Alineación a la izquierda (no justificado), textos a espacio seguido, hojas tamaño A4, márgenes de 2,5 cm a cada lado.

Encabezados. Los encabezados principales se especifican en la sección Organización del manuscrito. Adicionalmente puede haber hasta dos niveles más de subtítulos.

Números de página. Todas las páginas deben estar numeradas de manera secuencial en la esquina inferior derecha.

Notas al pie. No se debe colocar notas al pie, pues toda la información debe estar en el texto principal o en las referencias.

Abreviaciones. Defina las abreviaciones en la primera vez que las usa en el texto (incl. acrónimos, acortamientos, abreviaturas, y siglas).

Mantenga al mínimo el número de abreviaciones. No utilice abreviaciones no estandarizadas al menos que las utilice más de tres veces en el texto.

Formato de referencias. Siga el estilo APA (6a edición). Revise las directrices para citas y referencias.

Ecuaciones. Manuscritos que contengan ecuaciones se recomienda sean producidos con LaTeX.

Utilizar MathType para generar y desplegar ecuaciones, caso contrario también es adecuado Equation Editor.

Numere las ecuaciones al lado derecho entre paréntesis. Por ejemplo: $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$ (1)

No utilice MathType o Equation Editor para colocar signos de variables, símbolos griegos, u operadores matemáticos en el texto general del manuscrito. En estos casos, inserte los símbolos como texto normal con los valores Unicode (hex) correctos.

Lenguaje. Escriba el texto y las leyendas de tablas y figuras de manera clara y sin ambigüedades, enfocado en una audiencia internacional.

Siga las normas de escritura académica establecidas en el campo al cual corresponde el manuscrito.

Manuscritos en Inglés pueden usar Inglés Americano o Inglés Británico pero de manera consistente.

Manuscritos en Español deben seguir las recomendaciones de la Real Academia de la Lengua Española (con excepción del uso de tilde en “et al.”).

Medidas, fechas y hora. Use el Sistema Internacional de Unidades. Puede usar unidades específicas a la disciplina que no son SI solo cuando estas han sido ampliamente adoptadas en dicho campo científico. Coloque un espacio entre el número y el símbolo de la unidad, no coloque un punto al final del símbolo de la unidad, ejemplo: 4 km

Las fechas deben indicarse como Día Mes Año. No abrevie el mes. Ejemplo: 12 de febrero 2015, 14 January 2013

La hora debe seguir el formato de 24 horas, ejemplo: 13h00

Numeración y porcentajes. Escribir los números del 1 al 9 en palabras, a menos que sean unidades.

No incluya un espacio entre el valor y el símbolo de porcentaje, ejemplo: 45%

Coordenadas geográficas. Expresé las coordenadas geográficas en grados decimales. No reporte coordenadas en grados-minutos-segundos o en UTM. Incluya el sistema de referencia geodésico.

Use N/S para denotar latitud y E/W para denotar longitud, independiente el idioma del manuscrito.

Nomenclatura

Nombres científicos de especies se escriben en cursiva. Escriba el género y la especie de manera completa en el título del manuscrito y la primera vez que mencione al organismo en el texto, abstract, resumen, y leyendas de tablas y figuras. Así mismo, escriba el género completo cada vez que lo mencione por primera ocasión en un párrafo o cuando inicie una oración. Luego de la primera mención en el párrafo se puede abreviar género utilizando sólo la primera letra.

Genes, mutaciones, genotipos o alelos se escriben en cursiva. Utilice el nombre recomendado consultando la base de datos apropiada de nomenclatura genética. Usualmente es recomendable indicar los sinónimos para el gen la primera vez que aparece en el texto. Los prefijos de genes tales como los usados para oncogenes o la localización celular deben mostrarse en caracteres de tipo romano (e.g., v-fes, c-MYC).

Compuestos químicos deben tener un nombre sistemático correcto, siguiendo los convenios de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC). Una vez que se ha proporcionado el nombre sistemático, es aceptable definir un nombre común o un acrónimo y para esto ser utilizado para el resto del texto, tablas y figuras. Los nombres generados por ChemDraw u otro software a partir de fórmulas gráficas introducidas deben ser verificados para guiones adicionales y otras desviaciones de las convenciones de la IUPAC. Los nombres sistemáticos o genéricos deben usarse para productos comerciales en lugar de nombres patentados o de marca registrada.

Sustancias farmacéuticas deben mencionarse bajo la Denominación Común Internacional (DCI, o INN International Nonproprietary Name)

Evidencia en estudios biológicos. Si su manuscrito utiliza datos de organismos biológicos, se debe declarar explícitamente la disponibilidad de la evidencia bajo una de las siguientes opciones:

Especímenes voucher depositados en colecciones científicas abiertas al público (es necesario indicar el nombre de la colección y los números de catálogo de los especímenes).

Secuencias de aminoácidos o genes depositadas en GenBank o un repositorio equivalente (indicando el nombre del repositorio y los códigos de acceso).

Fotografías, grabaciones de audio o vídeo enviadas como parte de las figuras o como material suplementario del manuscrito.

Fotografías, grabaciones de audio o vídeo que han sido depositadas en un repositorio institucional o público (por ejemplo, Macaulay Library, o xeno-canto), para las cuales es necesario indicar el nombre del repositorio y citar el registro usando el formato de citación APA para recursos electrónicos e incluirlo en la sección de Referencias.

La colección de datos de organismos biológicos debe realizarse de acuerdo a la legislación nacional e internacional vigente. Es imprescindible que los permisos de investigación y colección otorgados por las autoridades competentes se indiquen en la sección de Agradecimientos del manuscrito.

Datos y códigos. Si su manuscrito se basa en análisis de datos sin procesar (raw data) o códigos, estos deben estar a disposición de los revisores. Por favor, envíelos por una de las siguientes vías:

- Como enlaces a un repositorio donde los datos son accesibles y citados en el manuscrito. Este repositorio puede ser institucional, comercial o de acceso abierto (por ejemplo, figshare o Dryad)
- Como archivos de Material Suplementario.

Si el manuscrito es aceptado, los datos deberán hacerse públicos de tal forma que los datos estén disponibles públicamente para todos los investigadores interesados.

Sin embargo, entendemos que pueden haber restricciones éticas y legales que prohíban la apertura de los datos, por lo que cuando exista legislación o marcos éticos locales que llamen a evitar o limitar la liberación de datos, los autores deben dejar estas limitaciones claras al momento del envío de su manuscrito (en la sección de Comentarios para el editor/a).

Posibles excepciones a la disponibilidad de datos públicos incluyen: datos que no pueden ponerse a disposición del público pues comprometería la confidencialidad o la privacidad del participante; o datos que de ponerse a disposición pública podrían presentar alguna amenaza, como revelar las ubicaciones de depósitos fósiles, especies en peligro de extinción, etc.

Si los datos sin procesar o los códigos pertenecen a terceros y Ud. no tiene permiso para publicarlos, debe presentar la fuente y la

verificación del permiso de uso de los datos así como la Información de contacto donde un investigador interesado tendría que aplicar para obtener acceso a los datos pertinentes, en la sección Materiales y Métodos. Sin embargo, tenga en cuenta que los autores son responsables de asegurarse de que los datos estarán disponibles a partir de la publicación, de la misma manera que los autores obtuvieron los datos.

ORGANIZACIÓN DEL MANUSCRITO

1. La primera página del manuscrito debe incluir las siguientes partes, cada una separada por una línea:

- **Título del artículo:** En negrillas, con máximo 300 caracteres, debe ser específico, descriptivo, conciso y comprensible para los lectores fuera del campo. Sólo la primera palabra y los nombres propios empiezan con mayúsculas. Puede dividirse en título y subtítulo, separados por el signo de puntuación dos puntos (:). Para revisiones sistemáticas o meta-análisis, el subtítulo debe incluir el diseño del estudio.
- **Título abreviado:** En negrillas, con máximo 100 caracteres, describe el tópico de estudio. Sólo la primera palabra y los nombres propios empiezan con mayúsculas.
- **Nombres de los Autores:** Presente los nombres de los autores tanto en la primera página del manuscrito como en la plataforma de la revista. Para cada autor debe incluir el primer nombre, el segundo nombre (o su inicial, si la usa) y los apellidos. Los autores se separan entre sí por comas (no colocar y, and, &).
- **Afiliaciones:** Cada autor de la lista debe tener una afiliación. La afiliación debe incluir al menos el nombre de la organización o universidad y su ubicación. Las afiliaciones se asociarán con los autores por medio de superíndices numéricos. Múltiples afiliaciones por autor se separarán en líneas diferentes y con superíndices propios. Se marcará al autor responsable del manuscrito con un asterisco junto a los superíndices, asociado con la frase “Autor para Correspondencia / Corresponding Author, e-mail:” seguido por el correo electrónico. Si todos los autores comparten la misma afiliación o si hay un solo autor no usar superíndices numéricos. Si hay un solo autor, no incluir la frase “Autor Principal / Corresponding Author”

Todos los autores deben cumplir con los requerimientos de autoría establecidos de la política de *Requisitos de Autoría de ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. Aquellos que hayan contribuido al trabajo pero que no cumplan estos requisitos puede ser mencionados en los Agradecimientos.

El Autor para correspondencia debe ingresar su identificador único ORCID al momento del envío del manuscrito (óptimamente, todos los doctores del manuscrito deberían contar su propio ORCID). +Info sobre ORCID.

Los nombres de los autores se publicarán exactamente como aparecen en el manuscrito. Por favor revise la información con cuidado para asegurarse de que es correcta.

- **Título en idioma alternativo:** Si su manuscrito es en Español, el título alternativo es la traducción en Inglés, y viceversa.
- **Abstract:** En Inglés, redactado como un párrafo continuo de máximo 400 palabras. Detalla brevemente los principales objetivos del estudio; explica cómo se realizó el estudio, incluyendo cualquier organismo modelo utilizado, pero sin entrar en detalles metodológicos; resume los resultados más importantes y su significado. No debe incluir citas bibliográficas ni abreviaciones y no debe estar separado en párrafos.
- **Key words:** Máximo 10 palabras o grupos de palabras en Inglés. Deben ser diferentes a lo que aparece en el título del manuscrito.
- **Resumen:** Es la traducción al Español del Abstract, y tiene sus mismas características.
- **Palabras clave:** Máximo 10 palabras o grupos de palabras en Español. Deben ser diferentes a lo que aparece en el título del manuscrito.
- Se puede incluir un tercer resumen en Portugués, Francés, Italiano, Alemán u otra lengua, si lo considera necesario.

2. Desde la siguiente página se presentarán el texto organizado por encabezados, luego las tablas y las figuras del manuscrito. La organización dependerá del tipo de contribución. Se sugiere usar una organización según el método científico, por ejemplo:

Organización de un manuscrito

sometido como **Artículo**

Introducción
Materiales y métodos
Resultados
Discusión
Agradecimientos
Referencias
Contribuciones de los autores
Tablas
Figuras

Organización de un manuscrito

sometido como **Comunicación**

Texto (sin divisiones)
Agradecimientos
Referencias
Contribuciones de los autores
Tablas
Figuras

Otras secciones pueden ser: revisión de literatura, conclusiones, recomendaciones. La estructura del artículo será revisado por y evaluado el/los editor(es) y los revisores.

3. En los **Agradecimientos** se incluye:

- Declaración explícita de las fuentes de financiamiento que permitieron el desarrollo del trabajo.
- Los detalles de los permisos o autorizaciones para el desarrollo de la investigación y las instituciones que los emitieron.
- Aquellos que hayan contribuido al trabajo pero que no cumplan con los requisitos de autoría pueden ser mencionados en los Agradecimientos con una descripción de sus contribuciones.
- Los autores son responsables de asegurarse que toda persona nombrada en los agradecimientos está de acuerdo con eso.

4. La sección de **Contribuciones de los Autores** es necesaria cuando hay más de un autor. Se debe describir la contribución de cada uno de los autores para el desarrollo del artículo de manera explícita pero sucinta. La contribución puede ser:

- concepción de la investigación;
- diseño de la metodología;
- curación de datos para la investigación;
- administración del proyecto;
- adquisición, análisis o interpretación de los datos, incluyendo las labores de campo, laboratorio, experimentales, estadísticas, o el soporte técnico;
- adquisición de fondos;

- provisión de recursos, incl. equipos, materiales, reactivos, entre otros;
- desarrollo de software;
- supervisión o tutoría;
- validación y verificación de los resultados;
- redacción del manuscrito;
- revisión crítica del contenido intelectual del manuscrito;
- producción de tablas, figuras o material complementario.

Ejemplo:

María Álvarez y Pedro Pérez concibieron la investigación; Juan Norton y María Álvarez desarrollaron la metodología y realizaron el trabajo de campo; Juan Norton, Jonathan Castro y Pedro Pérez diseñaron el modelo y corrieron los análisis; Jonathan Castro y María Álvarez realizaron los análisis moleculares; Pedro Pérez proveyó reactivos; Juan Norton y Jonathan Castro redactaron el manuscrito; Juan Norton, Jonathan Castro, Pedro Pérez, María Álvarez y Pedro Pérez revisaron críticamente el contenido intelectual del manuscrito; Juan Norton tomó las fotografías de las figuras 1 y 3.

Recuerde que la autoría del manuscrito debe seguir los lineamientos de autoría de la ICMJE.

DIRECTRICES PARA REFERENCIAS

- En el texto, usar citas numeradas colocadas al final de la oración entre corchetes. Los números de citas diferentes deben separarse por comas, a menos que sea un rango continuo de citas en cuyo caso se usará un guion. Ejemplos: [10] [10,15,22] [12–20].
- Numerar las citas secuencialmente según aparecen en el texto (NO en orden alfabético de las referencias).
- Citar los trabajos sin publicar, en preparación o en proceso de revisión como “(datos sin publicar)”, precedido por las iniciales y apellido del autor. Por ejemplo: A. Suárez (datos sin publicar)
- Se debe evitar las citas de información proveniente de correos electrónicos, cartas o documentos enviados entre colaboradores, pero si es absolutamente necesario, se deben referir como “com. pers.” cuando corresponden a comentarios sin respaldo de correspondencia, y como “in litt.” cuando hubo correspondencia escrita. En ambos casos, precedidos por las iniciales y apellido del colaborador y seguida del año. Por ejemplo: (J. Muñoz in litt. 2009) (J. Muñoz com. pers. 2010)
- Subtitular la lista de referencias como Referencias (no Bibliografía o Literatura Citada).
- Ordenar la lista de Referencias de acuerdo al orden secuencial que aparecen en el texto del manuscrito (NO en orden alfabético).
- El formato de las referencias debe seguir el estilo APA (6a Edición). Este estilo arma cada referencia con los siguientes componentes generales:
- Autores. (Año). Título de la obra. Datos de publicación.
- Ejemplos:

Artículo en revista impresa:

Andersson, L. G. (1945). Batrachians from East Ecuador, collected 1937, 1938 by Wm. Clarke-Macintyre and Rolf Blomberg. *Arkiv för Zoologi* (Stockholm), 37A(2), 1–88.

Artículo en revista con URL:

Ahlman, R. (2016). Green-winged Teal *Anas crecca carolinensis*, first record for Ecuador. *Cotinga*, 38, 40. Recuperado de <http://www.neotropicalbirdclub.org/wpcontent/downloads/C38online/Ahlman.pdf>

Artículo en revista con DOI:

Jacobsen, D., Schultz, R., & Encalada, A. (1997). Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biology*, 38(2), 247–261. doi: <http://www.dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00210.x>

Libro impreso:

Diamond, J. (2006). *The Third Chimpanzee: The evolution and future of the human animal*. New York: Harper Perennial.

Libro con URL:

Suber, P. (2102). *Open Access*. The MIT Press Essential Knowledge Series. Cambridge: The MIT Press. Recuperado de <http://bit.ly/oa-book>

Libro con editores con DOI:

Walsh, S. J., & Mena, C. F. (Eds.). (2012). *Science and conservation in the Galapagos Islands: frameworks & perspectives*. Vol. 1. New York: Springer Science & Business Media. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-5794-7>

Capítulo de un libro impreso:

Minogue, K. (2014). Does the idea of “self-interest” explain the character of modern free societies? En P. Lucio Paredes & S. Oleas (Eds.), *The Complexity of Liberty: Selected essays from the Mont Pelerin Society Special Meeting in Galápagos June 2013*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Capítulo de un libro con DOI:

Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega, H., Encalada, A. C., Carvajal-Vallejos, F. M., Rivadeneira, J. F., Acosta, F., Jacobsen, D., Crespo, A. & Rivera-Rondón, C. A. (2011). Biodiversity in aquatic systems of the Tropical Andes. En S. K. Herzog, R. Martínez, P. M. Jorgensen, & H. Tiessen (Eds.), *Climate change and biodiversity in the tropical Andes* (pp. 276–294). Paris/São José dos Campos: Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). Recuperado de <http://www.iai.int/wp-content/uploads/2014/06/book.pdf>

Disertación:

Brandt, M. (2003). Influencia del erizo lapicero (*Eucidaris thouarsii*) en la estructura de la comunidad submarina de la cara norte del Islote Caamaño, Galápagos (Tesis de Licenciatura). Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito.

Enciclopedia en línea (cita global de toda la enciclopedia):

Frost, D. R. (2016). *Amphibian Species of the World: an Online Reference* (Version 6.0). American Museum of Natural History. Recuperado el 5 de febrero de 2017 de <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>

Ficha en enciclopedia en línea con URL:

Frost, D. R. (2016) *Nymphargus buenaventura* (Cisneros-Heredia and Yáñez-Muñoz, 2007). En *Amphibian Species of the World: an Online Reference (Version 6.0)*. American Museum of Natural History. Recuperado el 5 de febrero de 2017 de <https://web.archive.org/web/20170206001235/http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/Amphibia/Anura/Centrolenidae/Centroleninae/Nymphargus/Nymphargus-buenaventura>

Noticia en periódico en línea:

En el limbo futuro de telescopio en Arecibo (2017, enero 30). *El Universo*. Recuperado de <https://web.archive.org/web/20170206002227/http://www.eluniverso.com/vida-estilo/2017/01/30/nota/6023449/limbo-futuro-telescopio-arecibo>

- Separar cada autor con una coma, y colocar “&” antes del último autor. Las iniciales de los nombres de los autores van después de los apellidos. Indicar todos los autores y no usar et al.
- Incluir el número de la revista entre paréntesis luego del volumen, si está disponible.
- Separar el rango de páginas por un guion n (–). No confundir esto con un guion simple (-).
- Colocar el DOI (Digital Object Identifier) en todas las referencias que lo tengan disponible, precedido por “doi:”. El DOI debe estar en formato de enlace largo: <http://doi.org/xxx.xxx.xxx>
- No colocar un punto después del DOI .
- Si un DOI no está disponible (debe hacer una búsqueda exhaustiva), colocar un enlace estable hacia el sitio web de la revista (por ejemplo, el enlace estable de JSTOR) o un repositorio institucional (por ejemplo, Archive.org), con el texto “Recuperado de”. No colocar enlaces a páginas web personales, servicios no-permanentes de carga/descarga de archivos.
- Para incluir la dirección de Internet o URL de una página que podría cambiar en el futuro debe primero respaldar dicho URL en un archivo digital que resguarden dicha referencia para el futuro. Para esto puede usar Wayback Machine de Internet Archive <https://archive.org/web/> o el sistema archive.is <http://archive.is>. Esto debe ser hecho en particular para páginas que provienen de enciclopedias en línea, periódico de noticias, páginas personales o institucionales.
- Cuando se hace referencia a publicaciones en línea que tienen fechas específicas (como los blogs), se debe colocar (Año, Mes día) y no solo el año.
- Colocar Anónimo cuando no exista un autor determinado.
- Colocar n/f cuando no se conozca el año de publicación.
- Citar manuscritos aceptados para publicación como “in press” solamente si ya tiene la información de publicación del artículo (número de la revista y páginas). Artículos que no tengan esta información son considerados aceptados, pero no en prensa y serán citados como “datos en proceso de publicación” dentro del texto, pero no se incluirán en las Referencias Bibliográficas.
- No se aceptará literatura gris entre las referencias bibliográficas. La literatura gris corresponde a documentos que no están disponibles por canales bibliográficos regulares (como bibliotecas o bases de datos en línea), y usualmente corresponde a reportes técnicos, informes y otros trabajos sin publicar. De ser en extremo necesario, su uso será autorizado por el Editor del manuscrito. Sin embargo, es preferible considerar la opción de colocar esa información como “datos sin publicar” o “comunicación personal”. De ser aprobada su inclusión como referencia, una copia del documento de literatura gris debe ser depositada en la Biblioteca de la USFQ.

DIRECTRICES PARA TABLAS

- Citar tablas en el texto con numerales arábigos en el orden que aparecen. Ejemplos: “Tabla 1” “Tablas 1–3”
- Colocar las tablas luego del texto, cada una iniciará en su propia página.
- Las tablas deben alcanzar en una hoja A4 con márgenes de 2,5 cm, pudiendo esta orientarse de manera vertical y horizontal, según sea mejor para la apariencia de la tabla.
- Cada tabla debe tener su propia leyenda explicativa, la cual debe ser comprensible sin hacer referencia al texto y será colocada antes de la tabla. Cada leyenda empezará con el número de la tabla. Ejemplo:
TABLA 1. Comparación de los efectos...
- Incluir unidades en los encabezados de columnas y filas entre paréntesis.
- De ser necesarias, colocar notas al pie de la tabla enlazadas con los siguientes símbolos en el mismo orden: *, †, ‡, §, ¶. Sin embargo, es preferible colocar cualquier aspecto importante como parte de la leyenda.

DIRECTRICES PARA FIGURAS

- Avances en Ciencias e Ingenierías publica sin costo figuras a color, siempre y cuando se relacionen directamente con el manuscrito.
- El término Figura hace referencia a todo tipo de imágenes, incluyendo gráficos, dibujos, fotografías y mapas.
- Citar figuras en el texto con numerales arábigos en el orden que aparecen usando la abreviatura “Fig”. Ejemplo: “Figs. 1–3”
- En el envío inicial, las figuras deben ir en baja resolución, siempre que sean legibles, e incluidas en el archivo de texto del manuscrito, luego de las tablas. Sin embargo, una vez aceptado el manuscrito, las figuras deben ser enviadas en resolución alta (mínimo 300 dpi, recomendable 600 dpi) en uno de los siguientes formatos: *.tiff, *.eps, *.emf, *.bmp, como documentos separados del archivo de texto.
- Cada figura irá en su propia página y precedida por su leyenda. La leyenda será autoexplicativa, debiendo ser comprensible sin hacer referencia al texto y será colocada antes de la figura. Cada leyenda empezará con el número de la figura. Ejemplo:

FIGURA 1. Mapa de la región...

- Figuras dibujadas con líneas (line artwork) se preparan mejor en programas gráficos basados en vectores (e.g. Corel Draw, Illustrator, Freehand, Inkscape, ArcView). Por lo que es recomendable presentarlas en formato EPS. No use líneas de un ancho menor a 0.3 puntos.
- Las fotografías en blanco y negro, fotografías a color y mapas y gráficos realizados en programas basados en raster (e.g. Photoshop, Gimp) es recomendable que sean enviadas en formato *.tiff. Para archivos *.tiff, note que la resolución es irrelevante, es importante el tamaño en píxeles, por lo que recomendamos un tamaño mínimo de 1000 píxeles.
- Todo manuscrito que incluya un sitio de estudio debe incluir un mapa del mismo. Dicha figura debe: (1) ir rodeada de un borde con

líneas delgadas, (2) estar geográficamente referenciado con algunas marcas de latitud y longitud y con un pequeño mapa insertado que indique la localización general, (3) tener una barra de escala en km, (4) tener una flecha que indique el Norte (no usar una rosa de los vientos), y (5) tener líneas de referencia como límites de países, carreteras, ríos o elevaciones, extendiéndose hasta el borde.

- Para todas las figuras use líneas con un grosor entre 0.3–1.0 puntos y tamaños de letra de 12 puntos.
- Todas las letras y textos usados dentro de las figuras deben ir en Times.
- Si es que desea agregar varias imágenes como una sola figura compuesta o crear una lámina con varias imágenes que ocupe toda una página, no se preocupe por el diseño de la misma. En el primer envío del manuscrito no debe armar dicha figura, sino que debe colocar la leyenda de la figura y luego pegar cada imagen separada. Cada imagen debe tener su propia denominación a través de literales en mayúsculas (ej. A) colocados en la esquina inferior derecha de cada imagen. Cuando el manuscrito avance en el proceso de publicación, el equipo de diseño de la revista se ocupará de armar y diseñar sus imágenes compuestas o láminas.
- Recuerde que las figuras serán ajustadas al tamaño de una o dos columnas en una página A4, por lo que todos los elementos de la imagen deben ser lo suficientemente grandes para ser legibles después de la reducción de tamaño, en especial los textos internos y las líneas.
- Eliminar espacios blancos o vacíos innecesarios alrededor de las figuras.
- Incluir los créditos respectivos de la figura en la leyenda. Recuerde que es responsabilidad del autor tener los permisos necesarios para poder reproducir la figura bajo la Licencia Creative Commons de la revista.
- Si usa un mapa como una figura, debe citar la fuente del mapa. De ser posible, use mapas que sean de uso público o que permitan su uso irrestricto. Si usa Google Earth o Google Maps, debe seguir los lineamientos de atribución de Google.

DIRECTRICES PARA MATERIAL SUPLEMENTARIO

- Los autores pueden publicar material suplementario junto a su manuscrito. Este material corresponde a información que complementa o provee soporte al manuscrito publicado y que se podrá descargar como archivos independientes.
- Diferentes tipos de información pueden ser incluidos como material suplementario: textos extensos sobre metodologías, bases de datos, archivos de vídeo, de audio, fotográficos y otros respaldos audiovisuales, entre otros.
- Los Materiales Suplementarios reemplazan a los Apéndices.
- Estos materiales serán citados al final del manuscrito con enlaces al portal de la revista donde estarán a disposición del público de manera gratuita.
- Si el material suplementario está compuesto por texto, debe ser presentado con el mismo formato general requerido para el manuscrito.
- De ser necesario, citar archivos de Material Suplementario en el texto siguiente el siguiente formato: Fig. S1, Tabla S1, Datos S1, Vídeos S1, Artículo S1, Audio S1. Donde la S indica que es material suplementario, y el número indica la secuencia numérica de dicho material.
- Para maximizar compatibilidad, sugerimos que envíe su Material Suplementario en los siguientes formatos: Imágenes en JPG, EPS o PNG; tablas en XLS o XLSX; textos en PDF; vídeos en AVI, MOV o MP4, y archivos de audio en WAV o MP3.
- Sets grandes de datos suplementarios se pueden presentar en formato comprimido (zip o tar).

DIRECTRICES SOBRE NOMENCLATURA BIOLÓGICA Y DESCRIPCIÓN DE NUEVAS ESPECIES

- ACI Avances en Ciencias e Ingenierías cumple con los requisitos establecidos por los diferentes códigos de nomenclatura sobre la validez para la descripción de nuevas especies y la disponibilidad de los artículos en línea como trabajos publicados, incluyendo el International Code of Zoological Nomenclature y el International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants.
- La revista se encargará de obtener los registros y el GUID (LSID) en Zoobank, IPNI y Mycobanl o Index Fungorum.
- Todos los artículos y comunicaciones de ACI Avances en Ciencias e Ingenierías están siendo depositados en Internet Archive Archive.org y en el repositorio USFQ.
- Los autores deben adherirse a los lineamientos establecidos por los códigos internacionales de nomenclatura respectiva al organismo tratado.
- Las descripciones de especies nuevas de seres vivos o los análisis taxonómicos deben seguir lo establecido en el respectivo código de nomenclatura.
- Cuando un taxón biológico es mencionado por primera vez, se debe escribir su nombre común (como nombre propio) seguido por su nombre científico en cursiva, por ejemplo: Oso de Anteojos *Tremarctos ornatus*. No colocar el nombre científico o el nombre común entre paréntesis. Más adelante en el manuscrito se puede usar solamente el nombre científico o el nombre común.
- Si el manuscrito corresponde a un análisis taxonómico o si existe controversia en relación a la nomenclatura del organismo estudiado, presentar el nombre del taxón seguido por los datos de autoría taxonómica al mencionarlo por primera vez. Los datos de autoría taxonómica de nombres zoológicos son los apellidos de los descriptores y el año de descripción, separados por una coma, ejemplo: *Grallaria ridgelyi* Krabbe et al., 1999. La autoría taxonómica de nombres botánicos debe seguir lo especificado en The International Plant Names Index. Colocar la autoría taxonómica entre paréntesis solo si existió un cambio a nivel del género. Cuando hay tres o más descriptores utilizar “et al.” sin cursivas.

ENVÍO DEL MANUSCRITO

1. Todos los manuscritos sometidos a la revista ACI Avances en Ciencias e Ingenierías deben ser enviados a través de este portal. En la sección Envíos en Línea podrán registrarse y crear un Nuevo Envío.
2. Si manuscrito tiene más de un autor, por favor incluya la información de todos los autores en el sistema (incluyendo sus correos electrónicos).
3. Al momento de someter su manuscrito, debe indicar el nombre, institución y correo electrónico de por lo menos cuatro posibles revisores que podrían hacer la evaluación de pares académicos de su manuscrito. Estas personas deben ser capaces de proveer una evaluación objetiva de su manuscrito, por lo que no pueden pertenecer a la institución de ninguno de los autores, ni estar involucrados en el estudio de manera directa o indirecta. El equipo editorial de la revista se reserva el derecho de seleccionar a los revisores sugeridos al momento del envío del manuscrito o de buscar a otros revisores.
4. Para el envío inicial, el manuscrito debe consistir de un solo archivo que incluya: el texto, las tablas y figuras. Las tablas y las figuras deben ir luego del texto (no intercaladas en el texto). Cada tabla y figura irá en su propia página y estará precedida por su leyenda. En caso de enviar Material Suplementario, deberá ser enviado como archivos separados y subidos al momento del envío inicial.

5. Si es que algunas de las figuras de su manuscrito es una figura compuesta por varias imágenes, no debe armar dicha figura sino que debe colocar la leyenda de la figura y luego pegar cada imagen separada. Cada imagen debe tener su propia denominación a través de literales en mayúsculas (ej. 5A) colocados en la esquina inferior derecha de cada imagen.
6. La revista mantendrá comunicación directa con el autor para correspondencia, quien es el responsable de someter el manuscrito, recibir las revisiones, enviar el manuscrito revisado, aprobar la corrección de originales y las pruebas de imprenta.

Por favor, revise estas directrices para preparar su manuscrito, pues todos los manuscritos enviados a la revista ACI Avances en Ciencias e Ingenierías deben cumplirlas. Estas directrices le ayudarán a estar seguro que su manuscrito está completo y que el proceso editorial se conducirá lo más ágil posible.

Asegúrese de revisar el Enfoque y Alcance de ACI Avances en Ciencias e Ingenierías así como nuestros Criterios de Publicación para conocer lo que publicamos.

Lea nuestras Políticas Editoriales, incluyendo las Políticas de Sección, Proceso de Evaluación por Pares, Frecuencia de Publicación, Política de Acceso Abierto, y Requisitos de Autoría.

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

- El estudio presenta los resultados de investigación científica primaria.
- El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración en otra publicación.
NOTA: ACI Avances en Ciencias e Ingenierías apoya a los autores que desean compartir su trabajo de manera temprana a través de archivos/repositorios de prepublicaciones (preprint servers/repositorios), incluyendo arXiv, bioRxiv, figshare, PeerJ Preprints, SSRN, Zenodo, entre otros. De igual forma consideramos manuscritos que han salido únicamente como tesis en repositorios institucionales o trabajos que han sido presentados en actas de conferencias.
- Todas las metodologías de análisis, tanto experimentales, estadísticas y otras, se han realizado bajo estándares técnicos de alta calidad y se describen en suficiente detalle para garantizar su reproducibilidad.
- Todas las conclusiones se pasan en la interpretación justificada y apropiada de los resultados. Los autores deben evitar exagerar el alcance de sus conclusiones y si bien pueden discutir el posible impacto de sus resultados deben identificar sus ideas como hipótesis y no como conclusiones.
- Los textos están escritos de una manera entendible y clara, teniendo un correcto uso del lenguaje. Los manuscritos aceptados por la revista ACI Avances en Ciencias e Ingenierías pasan por una corrección del lenguaje y estilo, sin embargo errores en el uso del lenguaje pueden nublar el correcto entendimiento del contenido y provocar evaluaciones negativas por parte los revisores.
- El estudio debe cumplir con todos los estándares aplicables de ética en la experimentación e integridad científica. Todos los estudios relacionados con seres vivos, líneas celulares, muestreo de campo o que tengan potenciales implicaciones de bioseguridad deben contar con las aprobaciones de un comité de ética institucional / IRB, así como con todos los permisos legales requeridos por el país donde se realiza la investigación.
- El manuscrito sigue estándares utilizados por la comunidad de su disciplina científica y garantiza la disponibilidad de los datos. La disponibilidad de los datos se puede realizar colocándolos como material suplementario del manuscrito o depositándolos en repositorios digitales confiables.
- Todos los autores han participado en el desarrollo del manuscrito, lo han leído y están de acuerdo con su envío a la revista ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, y de ser aceptado, están de acuerdo que sea publicado según a la Política de Acceso Abierto de la revista.
- Todos los autores cumplen con los requisitos de autoría detallados en la Política de Autoría.
- El envío inicial del manuscrito consiste de un solo archivo, que incluye: el texto, las tablas y figuras en el mismo archivo. Las tablas y las figuras van luego del texto (no intercalarlas con el texto). Cada tabla y figura está en su propia página y está precedida por su leyenda. En caso de enviar Material Suplementario, se lo envía como archivos separados.
- Si es que hay figuras compuesta por varias imágenes, se colocó la leyenda de la figura y luego se pegó cada imagen separada. Cada imagen tiene su propia denominación a través de literales en mayúsculas (ej. A) colocados en la esquina inferior derecha de cada imagen.
- Siempre que sea posible, se proporcionan DOI o direcciones URL estables para las referencias.

AVISO DE DERECHOS DE AUTOR/A

Los autores que publiquen en la revista ACI Avances en Ciencias e Ingenierías aceptan los siguientes términos:

- Los autores conservarán sus derechos de autor y garantizarán a la revista el derecho de primera publicación de su obra, la cual estará simultáneamente sujeto a la Licencia de reconocimiento de Creative Commons que permite a terceros compartir la obra siempre que se indique su autor y su primera publicación esta revista.
- Los autores podrán adoptar otros acuerdos de licencia no exclusiva de distribución de la versión de la obra publicada, pudiendo de esa forma publicarla en un volumen monográfico o reproducirla de otras formas, siempre que se indique la publicación inicial en esta revista.
- Se permite y se recomienda a los autores difundir su obra a través de Internet:
- Antes del envío a la revista, los autores pueden depositar el manuscrito en archivos/repositorios de pre-publicaciones (preprint servers/repositorios), incluyendo arXiv, bioRxiv, figshare, PeerJ Preprints, SSRN, entre otros, lo cual puede producir intercambios interesantes y aumentar las citas de la obra publicada (Véase El efecto del acceso abierto).
- Después del envío, se recomienda que los autores depositen su artículo en su repositorio institucional, página web personal, o red social científica (como Zenodo, ResearchGate o Academia.edu).

Declaración de privacidad

Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.

ACI AVANCES EN
CIENCIAS E
INGENIERÍAS

