

Vol. 12, Núm. 1 (2020)

aci

avances
en ciencias e
ingenierías



Vol. 12, Núm. 1 (2020)

aci

avances
en ciencias e
ingenierías

ACI Avances en Ciencias e Ingenierías

ISSN(e): 2528-7788
<http://avances.usfq.edu.ec/>
Quito, Ecuador

Volumen 12, Número 1, 15 de junio de 2020

DOI: <https://doi.org/10.18272/aci.v12i1>

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: MIAR, Latindex, ARCHIVE.ORG, ROAD, DOAJ, REDIB, Google Scholar, Crossref, SIS.

Editor General: Eva O.L. Lantsoght, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Ecuador y & Delft University of Technology, Delft, the Netherlands

Editores Asociados

Melissa Infusino¹
René Parra Narváez¹
Daniela Almeida Streitwieser¹
Oihane Fernández Blanco¹
Lionel Trojman¹
Elisa Bonaccorso¹
Diego F. Cisneros-Heredia¹
Juan Manuel Guayasamin¹
Diana Alexandra Pazmiño¹
Esteban Suárez, Politécnico¹

¹Universidad San Francisco de Quito USFQ, Ecuador

Consejo Editorial

Nikolay Aguirre, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
Ruth Mariela Alvarez, Universidad de Carabobo, República Bolivariana de Venezuela
Andrea Arias, DuPont Pioneer, Johnston, IA, United States
John Blake, University of Florida, Gainesville, FL, United States
Robert Cazar, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador
César Costa, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, Ecuador
Salvador Godoy, Instituto Politécnico Nacional, México, México D.F.
Luis Rincón, Universidad de Los Andes, Mérida, República Bolivariana de Venezuela
Carlos Ventura, The University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada
Johannio Marulanda Casas, Universidad del Valle, Cali, Colombia
César Iván Álvarez-Mendoza, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador
Oswaldo Morales Nápoles, Delft University of Technology, The Netherlands
Santiago Ron, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
Yenisei Plasencia-Calaña, Maastricht University, The Netherlands

International Scientific Committee

Paula Rojas, Universidad Adolfo Ibáñez, Santiago, Chile
Gabriela Guevara, Universidad Técnica de Berlín, Germany
Patricia Conde Cespedes, ISEP - école d'ingénieurs du numérique, France
Tiziano Perea, Universidad Autónoma Metropolitana, México
Howard Ramirez-Malule, Universidad del Valle, Colombia
Patrick Venail, Universidad de Ingeniería & Tecnología, Perú
Victor Murray, Universidad de Ingeniería & Tecnología, Perú
Julio Valdivia-Silva, Universidad de Ingeniería & Tecnología, Perú
Luca Sorriso-Valvo, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Rome, Italy

Producción editorial: USFQ PRESS

Corrección de estilo y ortotipográfica: Reema Azar, Fabiola Diaz, Luis López

Diseño general y de cubierta: Krushenka Bayas Ramírez

Fotografía de cubierta: Freepik

Webmaster y manejo de OJS: Jaime Páez, Luis López



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. Eva Lantsoght, editora
Universidad San Francisco de Quito USFQ
Calle Diego de Robles y Vía Interoceánica, Campus Cumbayá
Quito 170901, Ecuador.
Correo electrónico: avances@usfq.edu.ec - usfqpress@usfq.edu.ec

Contenido

Sección B: Ciencias Biológicas y Ambientales

Descripción de la hembra de *Andinosaura kiziarani* (Sauria: Gymnophthalmidae) topotípica del sector de Girón, Ecuador 6

Description of the topotypic *Andinosaura kiziarani* (Sauria: Gymnophthalmidae) female from the Girón sector, Ecuador

José Manuel Falcón, Juan C. Sánchez-Nivicela

Modelos estadísticos de ruido ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito DMQ, mediante datos históricos del 2009 al 2015, validados al 2019, como herramienta de calidad ambiental 14

Statistical models of environmental noise for the Metropolitan District of Quito, using historical data from 2009 to 2015, validated to 2019, as an environmental quality tool

Katty Coral, Tania Moromenacho, Alonso Moreta, Fabio Villalba, Jorge Esteban Oviedo

Listado de la colección de hongos (Ascomycota y Basidiomycota) del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) del Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO) 38

Checklist of the fungi collection (Ascomycota and Basidiomycota) of the National Herbarium of Ecuador (QCNE) of the National Institute of Biodiversity (INABIO)

Rosa Batallas-Molina, Gabriela Fernanda Moya-Marcalla, Daniel Navas Muñoz

Sección C: Ingenierías

Revisión conjunta de fuentes primordiales para autoabastecimiento energético urbano e incidencia solar como principal fuente, en contexto de ciudad ecuatorial-andina 72

Review of primary sources for urban energy self-supply and solar incidence as the main source, in the context of the Equatorial-Andean city

Esteban Zalamea-León, Antonio Barragán-Escandón

Control de un sistema de energía basado en supercondensadores para mitigar los huecos de tensión en el punto de conexión común 94

Control of a system of energy based on supercapacitors to mitigate the voltage gaps at the point of common coupling

Carlos Orellana Uguña, Luis González Morales, Filipe Soares Oliveira, Nuno Abreu Sousa

Algoritmo de autocalibración de los parámetros extrínsecos de un sistema de visión estéreo mediante optimización de colonia de hormigas 110

Self-calibration of extrinsic parameters of a stereoscopic vision system by using ant colony optimization

Marco Flores-Calero, Milton Aldás, Estefanía Arévalo, Marco Gualsaquí

Proceso editorial 126

Descripción de la hembra de *Andinosaura kiziarani* (Sauria: Gymnophthalmidae) topotípica del sector de Girón, Ecuador

José Manuel Falcón, Juan C. Sánchez-Nivicela^{1,2,3*}

¹ Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá D.C., Colombia; Grupo de Investigación Evolución y Ecología de Fauna Neotropical. E-mail: juan.sanchezn13@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7971-1216

² Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, Laboratorio de Zoología Terrestre y Museo de Zoología, Campus Cumbayá, Quito 170901, Ecuador

³ Instituto Nacional de Biodiversidad, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, División de Herpetología, Rumipamba 341 y Av. de los Shyris. Casilla 17-07-8976, Quito, Ecuador

*Autor para correspondencia / Corrsponding author: juan.sanchezn13@gmail.com

Description of the topotypic *Andinosaura kiziarani* (Sauria: Gymnophthalmidae) female from the Girón sector, Ecuador

Abstract

We describe the female of *Andinosaura kiziriani* from a topotypical locality, in the “El Chorro” sector, southwest of the Azuay province, Ecuador. The female was active on litter and rocks, nearby the El Chorro waterfall. The individual differs from males by presenting 31 transverse rows of dorsal scales, absence of femoral pores, a snout-vent length of 66.1 mm and a dorsal pattern of dark brown coloration with white dorsolateral bands, and venter dark brown with white stripes arranged longitudinally. Our results document the sexual dimorphism in this species and expands the knowledge of its morphological and ecological characteristics.

Keywords: Microteiid lizard, Andes, Ecuador, sexual dimorphism

Resumen

Describimos la hembra de *Andinosaura kiziriani* de una localidad topotípica, en el sector de “El Chorro” en el suroccidente de la provincia del Azuay, Ecuador. La hembra fue encontrada entre la hojarasca y rocas, junto a la caída de agua que le da nombre al sector. El individuo se diferencia de los machos por presentar 31 filas transversales de escamas dorsales, ausencia de poros femorales, una longitud rostro-cloacal de 66,1 mm y, un patrón de coloración dorsal marrón oscuro con una banda dorsolateral, y vientre marrón oscuro con franjas o manchas blancas dispuestas longitudinalmente. Así, nuestro estudio evidencia el dimorfismo sexual en esta especie y amplía el conocimiento de sus características morfológicas y ecológicas.

Palabras clave: Lagartijas microteidas, Andes, Ecuador, dimorfismo sexual



Editado por /
Edited by:
Juan Manuel
Guayasamin

Recibido /
Received:
25/07/2019

Aceptado /
Accepted:
02/03/2020

Publicado en línea /
Published online:
15/06/2020

INTRODUCCIÓN

Los recientes estudios en lagartijas, principalmente en la familia Gymnophthalmidae en las estribaciones orientales y occidentales de América del Sur, han dado como resultado un incremento en el conocimiento de la diversidad y relaciones evolutivas entre los diversos géneros y especies de este grupo [1–7]. El género *Andinosaura* [6] está representado por 11 especies, distribuidas sobre los 1000 metros de elevación, exclusivamente en los Andes de Colombia y Ecuador [8]. Ocho especies se encuentran en Ecuador y seis de ellas son endémicas; a excepción de una especie, las especies se encuentran al occidente de la Cordillera de los Andes [9].

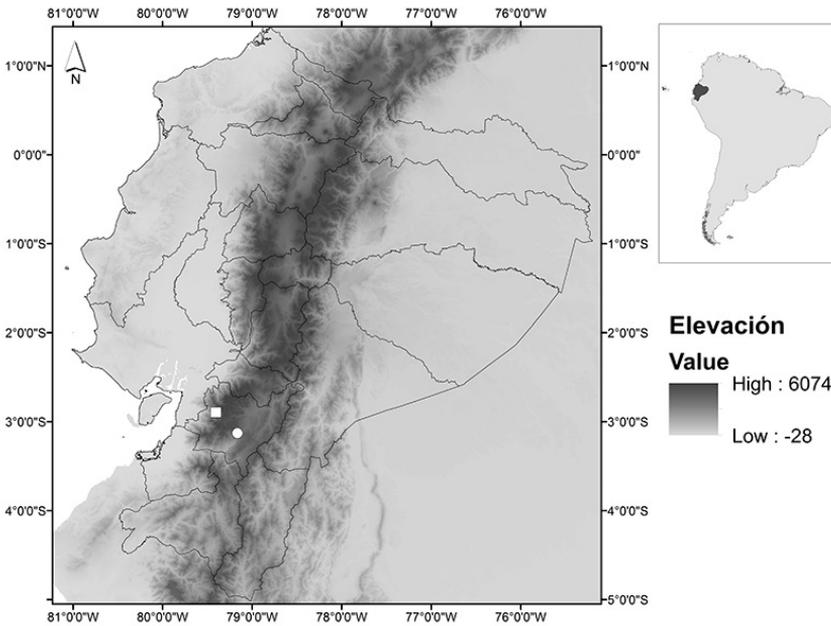


FIGURA 1. Mapa de distribución *Andinosaura kizirani* en Ecuador. Cuadrado blanco, QCAZ 9667 (holotipo) círculo blanco QCAZ 9607 (paratipo) y MZUA.RE.0287 (alotipo).

En el suroccidente del Ecuador se han registrado tres especies de *Andinosaura*: *A. aurea*, *A. vespertina* y *A. kizirani* [5, 9]. Sin embargo, la descripción de *A. kizirani* se basó en dos individuos machos [5] y, hasta el momento, no existe información publicada formalmente de la morfología de las hembras de esta especie. Durante una visita de exploración a la localidad topotípica de *A. kizirani* se encontró una hembra perteneciente a esta especie. En esta publicación contribuimos con la descripción de esta hembra, aportando información acerca de las características morfológicas y dimorfismo sexual con el fin de contribuir en la comprensión de estas especies poco conocidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El individuo fue colectado en la localidad de “El Chorro de Girón” (3°7'46.15"S, 79° 9'55.49"O, 2592 m de elevación), cantón Girón, provincia del Azuay (Fig. 1), bajo el permiso de investigación N°117-2016-DPAA/MA] otorgado por el Ministerio del Ambiente de Ecuador y se encuentra depositado en el Museo de Zoología de la Universidad del Azuay (MZUA), Cuenca, Ecuador. El sistema de clasificación de ecosistemas utilizado para caracterizar el hábitat de la especie sigue la propuesta del Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) [10]. Las localidades, coordenadas y elevaciones fueron tomadas con un GPS Garmin Etrex 10. Las fotografías fueron tomadas por Juan Carlos Sánchez (JCSN).

Seguimos la terminología y definición de presencia/ausencia y/o conteos o mediciones propuestas por Kizirian [7]: Longitud frontonasal-frontal, sutura nasolorear, supraoculares, superciliares, postoculares, postparietales, temporales supratimpánicas, labiales, geneiales, hileras de escamas dorsales, filas longitudinales de escamas dorsales, filas transversales de escamas dorsales, filas transversales de escamas ventrales, filas longitudinales de escamas ventrales, hileras de escamas laterales, poros femorales, escamas entre los poros femorales, subdigitales, y escamas de la placa cloacal. La identificación de la especie y clasificación sistemática siguen a Sánchez-Pacheco et al. [5, 6]. Las medidas morfológicas fueron tomadas con un calibrador digital (precisión 0,1 mm) y siguen las abreviaciones longitud rostro-cloaca [LRC] y longitud de la cola [LC]. La denominación de “Alotipo” es asignado al ejemplar por ser del sexo opuesto al holotipo y no tiene condición de portanombre [11].

El ejemplar fue sacrificado con una solución de roxicaina al 10%, fijado en una solución de formaldehído al 10% y preservado en alcohol etílico al 75%. La determinación del sexo se basó en la inspección directa de órganos sexuales mediante una incisión en la base de la cola. La identificación y el conteo de escamas se realizaron a través del uso de un estéreo microscopio. Los patrones de coloración en vida y demás características importantes fueron tomados de las notas de campo y fotografías.

RESULTADOS

***Andinosaura kiziriani* (Sánchez-Pacheco et al., 2012)** (Fig. 2–4)

Riama kiziriani Sánchez-Pacheco, 2012.



FIGURA 2. Alotipo de *Andinosaura kiziriani* hembra (LRC= 66,1mm)



FIGURA 3. Vista ventral y detalle de la placa cloacal (recuadro inferior) del alotipo de *Andinosaura kiziriani* (MZUA.RE.0287).



FIGURA 4. Detalle de la cabeza en vista dorsal, ventral y perfil del alotipo de *Andinosaura kizirani* (MZUA.RE.0287).

Alotipo: MZUA.RE.0287 hembra adulta, colectada en el “Chorro de Girón” (3°7’46.15”S, 79° 9’55.49”O, 2592 m de elevación), cantón Girón, provincia de Azuay, Ecuador, por José Manuel Falcón (JMF), el 01 de marzo 2016.

Diagnosis: la hembra de *Andinosaura kizirani* se distingue por las siguientes características: (1) LRC 66,1 mm, LC 56,0 mm; (2) escama frontonasal menor que frontal; (3) escamas prefrontales ausentes; (4) sutura nasoloreal ausente; (5) tres escamas supraoculares, la segunda en contacto con las ciliares; (6) serie supraciliar incompleta (=2+1); (7) ausencia de fusión supralabial-subocular; (8) escamas postoculares (=2); (9) escamas postparietales (=2); (10) escamas temporales supratimpanicas (=3); (11) escamas geniales (2 pares); (12) escamas dorsales rectangulares, yuxtapuestas, estriadas; (13) escamas nucales lisas; (14) filas longitudinales de escamas dorsales (=20); (15) filas transversales de escamas dorsales (=31); (16) escamas ventrales lisas; (17) filas transversales de escamas ventrales (=19); (18) filas de escamas laterales (=3); (19)

poros femorales ausentes; (20) escamas subdigitales en el dedo I del pie no visibles; (21) placa cloacal anterior con escamas pares; (22) dorso marrón oscuro, banda dorsolateral presente; vientre marrón oscuro con franjas o manchas blancas dispuestas longitudinalmente en los suturas de las escamas.

La hembra MZUA.RE.0287 de *A. kiziriani* (datos en paréntesis) presenta diferencias en relación a los machos en: el número de filas transversales de escamas dorsales de 32 a 34 (31); siete poros femorales en cada extremidad y seis escamas entre los poros (ausentes); LRC (max) = 61.0 mm (LRC = 66.1 mm); puntos blancos a lo largo de los flancos y cola (sin puntos blancos en flancos y cola).

Coloración en vida: (Fig. 2–4). Dorso y flancos café oscuro, presenta líneas dorsolaterales café claro que cubren desde las escamas supraoculares, donde son un poco difusas, hasta casi la mitad del cuerpo donde, se van desvaneciendo hasta unificarse con la coloración dorsal de fondo. Escamas ventrales gris oscuro (casi negro) con líneas delgadas cremas grisáceas que se extienden longitudinalmente desde la garganta hasta la placa cloacal. Iris anaranjado, el borde en contacto con la pupila se presenta irregular.

Coloración en preservado: Dorsalmente la coloración es gris oscuro uniforme; en la cabeza se puede notar levemente las líneas laterales color gris claro. Ventralmente, desde la región gular hasta la cola de color gris oscuro, los márgenes de las escamas ventrales son de color gris claro, cabeza gris cenizo claro con los bordes de las escamas de color crema grisáceo.

Hábitat y ecología: La hembra de *Andinosaura kiziriani* MZUA.RE.0287 fue colectada en El Chorro de Girón, misma localidad de uno de los dos sitios tipo de donde se describió la especie; se la encontró aproximadamente a 100 m del sitio de captura del paratipo (QCAZ 9607). La zona corresponde al Bosque Siempreverde Montano de la Cordillera Occidental de los Andes. La localidad se encuentra a una elevación de 2592 metros y presenta un hábitat dominado por leñosas con abundante cobertura de briófitos y epífitos; a su vez, el terreno presenta una marcada pendiente. El espécimen se encontraba activo, dentro de un claro del bosque cercano a la orilla del río en la base de la caída de agua, donde fue capturado entre la hojarasca y rocas a las 16:00 horas aproximadamente. Durante la inspección del ejemplar en laboratorio, no se observó la presencia de huevos.

DISCUSIÓN

Las diferencias en el número y la presencia de poros femorales entre machos y hembras han sido ampliamente reportadas en lagartijas del género *Andinosaura*, destacando principalmente la reducción e incluso la ausencia de poros femorales [4,5,7], característica que comparte la hembra de *A. kiziriani*. Otra característica que presenta la hembra de *A. kiziriani* es un mayor tamaño corporal que los machos, como ocurre en *A. petrorum* y *A. vespertina* [5,7].

Las diferencias en los poros femorales han sido ampliamente utilizadas en descripciones taxonómicas [12]. Sin embargo, la presencia de poros femorales está asociada al



comportamiento y señales químicas en saurios [13,14]. En este contexto, las diferencias que hemos descrito en la hembra de *A. kizirani*, además de las diferencias en tamaño y patrones de coloración, aportan a la comprensión general e indicios de diferencias en la ecología de esta poco conocida especie y del grupo en general.

A pesar de ser de una localidad topotípica, el escaso número de registros conocidos de *A. kizirani* (3, incluyendo el de este estudio) indican el poco conocimiento sobre la ecología y distribución de este taxón, por lo adicional.

AGRADECIMIENTOS

Este registro se realizó como parte del programa de investigación Anfibios y Reptiles del Sur de Ecuador. JMF agradece a Alejandra Recalde por su ayuda durante la fase de campo. JCSN agradece particularmente a Omar Torres-Carvajal y Santiago Sánchez-Pacheco por su ayuda en la identificación de la especie y sus comentarios. Los autores agradecen al Museo de Zoología de la Universidad del Azuay por el acceso a sus colecciones. Este trabajo fue revisado por Carolina Reyes-Puig y Juan M. Guayasamin.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

José Manuel Falcón: diseño de metodología en campo y curación de datos; Juan Carlos Sánchez: identificación y revisión del material colectado, toma de datos y análisis de datos; Juan Carlos Sánchez y José Manuel Falcón redactaron el manuscrito.

REFERENCIAS

- [1] Torres-Carvajal, O., Lobos, S. E., Venegas, P. J., Chávez, G., Aguirre-Peñañiel, V., Zurita, D., & Echevarría, L. Y. (2016). Phylogeny and biogeography of the most diverse clade of South American gymnophthalmid lizards (Squamata, Gymnophthalmidae, Cercosaurinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 99, 63-75.
- [2] Goicoechea, N., Padiál, J. M., Chaparro, J. C., Castroviejo-Fisher, S., & De la Riva, I. (2012). Molecular phylogenetics, species diversity, and biogeography of the Andean lizards of the genus *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 65(3), 953-964.
- [3] Torres-Carvajal, O., & Maffa-Endara, P. (2013). Evolutionary history of Andean *Pholidobolus* and *Macropholidus* (Squamata: Gymnophthalmidae) lizards. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 68(2), 212-217.
- [4] Sánchez-Pacheco, S. J., Kizirian, D. A., & Nunes, P. M. S. (2011). A new species of *Riama* from Ecuador previously referred to as *Riama hyposticta* (Boulenger, 1902)(Squamata: Gymnophthalmidae). *American Museum Novitates*, (3719), 1-15.
- [5] Sánchez-Pacheco, S. J., Aguirre-Peñañiel, V., & Torres-Carvajal, O. (2012). Lizards of the genus *Riama* (Squamata: Gymnophthalmidae): The diversity in southern Ecuador revisited. *South American Journal of Herpetology*, 7(3), 259-275.
- [6] Sánchez Pacheco, S. J., Torres Carvajal, O., Aguirre Peñañiel, V., Nunes, P. M., Verrastro, L., Rivas, G. A., Rodriguez, M. T., Grant, T., & Murphy, R. W. (2017). Phylogeny of *Riama* (Squamata: Gymnophthalmidae), impact of phenotypic evidence on molecular datasets, and the origin of the Sierra Nevada de Santa Marta endemic fauna. *Cladistics*, 34(3), 260-291.
- [7] Kizirian, D. A. (1996). A review of Ecuadorian *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae) with descriptions of nine new species. *Herpetological monographs*, 85-155.
- [8] Uetz, P., Hošek, J., & Hallermann, J. (2016). The reptile database. Recuperado de: <http://www.reptile-database.org/> el 27/02/2020
- [9] Torres-Carvajal, O., Pazmiño-Otamendi, G. y Salazar-Valenzuela, D. 2020. *Reptiles del Ecuador. Versión 2020*. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado de: <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb> el 27/02/2020
- [10] Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- [11] Zoológica, N. (1999). Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.
- [12] Baeckens, S., Edwards, S., Huyghe, K., & Van Damme, R. (2015). Chemical signalling in lizards: an interspecific comparison of femoral pore numbers in Lacertidae. *Biological journal of the Linnean Society*, 114(1), 44-57.
- [13] Mason, R. C. (1992). *Biology of the Reptilia*, Vol. 18, physiology E hormones, brain, and behavior. Chicago: University of Chicago Press
- [14] Van Wyk, J. H., & le FN Mouton, P. (1992). Glandular epidermal structures in cordylid lizards. *Amphibia-Reptilia*, 13(1), 1-12.

Modelos estadísticos de ruido ambiental para el Distrito Metropolitano de Quito DMQ, mediante datos históricos del 2009 al 2015, validados al 2019, como herramienta de calidad ambiental

Katty Coral^{1,2*}, Tania Moromenacho¹, Alonso Moreta¹, Fabio Villalba¹, Jorge Esteban Oviedo²

¹Universidad Internacional SEK (UISEK), Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Alberto Einstein y 5ta transversal, Campus Miguel de Cervantes, Quito Ecuador

²Universidad de Cantabria, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y

Telecomunicaciones, Grupo de Investigaciones QuiPre. Av. De los Castros S/N Santander España

*Autor principal / Corresponding Author, e-mail: katty.coral@uisek.edu.ec

Statistical models of environmental noise for the Metropolitan District of Quito, using historical data from 2009 to 2015, validated to 2019, as an environmental quality tool

Abstract

The management of the traffic noise within the Metropolitan District of Quito has been tried indirectly, only as an indicator of air pollution control. However, studies have forgotten the evaluation of human health effects and the magnitude of the polluting agent in the city. The increase of vehicles of 12% annually has saturated the roads, and the traffic noise is more in an urban zone at the District. For this reason, the present project had the objective of designing statistical models of traffic noise in DMQ with historical data from 2009-2015, and its subsequent verification with data from the Environment Secretary of the DMQ to 2019, applying simple and multiple linear regression analysis. A database and an analysis of the behavior of noise in recent years carried out, influenced by the traffic flow in the city, establishing a relationship between the number of vehicles and the equivalent noise. Finally, the validation and evaluation of the models performed employing confidence intervals and least squares regression by calculating the correlation coefficient of these models and validating them through the analysis of variances (ANOVA) that allowed determining the magnitude of the relationship between the variables and the effectiveness of the model. The result from the investigation determined the noise maintains a variant tendency, which is related to the number of vehicles circulating in the streets of Quito as well as the speed of the same ones. It's evident that during the day the noise frequently changes until six o'clock in the evening and from seven o'clock at night, the noise decreases as a function of the diminution of the vehicles. For that reason, the simple linear regression models, as well as the zonal and integral multiple models, adjust to the conditions of the urban area South, Center, and North of the Metropolitan District of Quito.

Keywords: Confidence interval, Correlation coefficient, Linear regression model, Multivariate analysis, Traffic noise



Editado por /
Edited by:
Diego Cisneros & Eva
Lantsoght

Recibido /
Received:
08/09/2017

Aceptado /
Accepted:
08/05/2020

Publicado en línea /
Published online:
15/06/2020

Resumen

La gestión del ruido generado por el flujo vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se ha tratado de forma indirecta, es decir únicamente como medida de control de la calidad de aire, lo cual no está mal. Sin embargo, se ha dejado de lado el estudio para evaluar los efectos generados en la población y la magnitud del contaminante en la ciudad ocasionado por el crecimiento desmedido del parque automotor del 12% anual, hecho que satura las vías e incrementan la contaminación acústica. Por tal razón, el presente proyecto tuvo por objetivo diseñar modelos estadísticos de ruido de tráfico rodado en el DMQ con datos históricos del 2009-2015, aplicando el análisis de regresión lineal simple y múltiple, y su posterior comprobación con datos de la Secretaría de Ambiente del DMQ al 2019. Para lo cual se procedió a establecer una base de datos y un análisis del comportamiento del ruido en los últimos años influenciado por el flujo vehicular en la ciudad, estableciendo la relación entre la cantidad de vehículos y el ruido equivalente. Finalmente se realizó la validación y evaluación de los modelos mediante intervalos de confianza y la regresión por mínimos cuadrados calculando el coeficiente de correlación de dichos modelos y validándolos mediante el análisis de varianzas (ANOVA), que permitieron determinar la magnitud de relación entre las variables y la efectividad del modelo. El resultado de la investigación determinó que el ruido mantiene una tendencia variante, la cual está relacionada con el número de vehículos que circulan por las calles quiteñas así como la velocidad de los mismos, es evidente que durante el día el ruido cambia constantemente hasta las seis de la tarde y a partir de las siete de la noche el ruido decrece en función a la disminución de los vehículos. Por tal razón, los modelos de regresión lineal simple así como el múltiple, zonales e integrales, se ajustan a las condiciones de la zona urbana Sur, Centro y Norte del Distrito Metropolitano de Quito.

Palabras clave: Análisis multivariante, Coeficiente de correlación (R2), Intervalo de confianza, Modelo de regresión lineal simple, Ruido de tráfico vehicular,

INTRODUCCIÓN

El ruido es un sonido desagradable para quien lo percibe [1] y que de acuerdo al tiempo de exposición puede causar efectos fisiológicos, psicológicos y sociales no deseados, convirtiéndose en un contaminante que tiende a perturbar las distintas actividades humanas como el sueño, el descanso, el trabajo, el estudio, entre otros; creando un estado de cansancio y tensión, degradando la calidad de vida y salud de las personas [2].

De acuerdo a las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud [1], la sordera es un efecto común de la exposición al ruido, ya que este contaminante únicamente se percibe con el sentido del oído. Aun cuando depende de la percepción de cada individuo, al llegar a un volumen determinado las personas presentan molestias e irritación.

El impacto ambiental generado por el ruido vehicular generalmente pasa desapercibido por las autoridades ambientales, principalmente por la propiedad emergente de sus efectos [3]. De acuerdo a las investigaciones realizadas en varios países, se ha demostrado que la principal fuente de contaminación acústica proviene del transporte vehicular, producto de la movilización diaria de las personas desde sus hogares hacia su sitio de



trabajo o estudio, sobrepasando la capacidad de las vías y llegando a alcanzar niveles de ruido entre 80 y 90 dB (A), sonido comparable con la de un taladro neumático [4].

Los primeros modelos enfocados a medir y predecir el ruido generado por los vehículos fueron diseñados en países desarrollados de la Unión Europea. Varios de ellos, han servido de guía para países de América Latina como el Modelo RLS-90 (Alemania), Modelo CERTU (Francia), Modelo STL-86 (Suiza), Modelo CORTN (Gran Bretaña), Modelo SÁNCHEZ (España) [5]. En el caso específico del Distrito Metropolitano de Quito, los dos últimos modelos fueron validados en los años 2012, 2013, mediante investigaciones realizadas por la Universidad Internacional SEK, [6,7] sin obtenerse datos que garantizaran su aplicación a la ciudad.

Este estudio se enfocó en determinar y validar las ecuaciones estadísticas de ruido para las zonas sur, centro y norte del Distrito Metropolitano de Quito, así como la determinación de un modelo integral para la ciudad, capaz de evaluar el ruido con respecto a la influencia de las variables independientes velocidad, flujo vehicular liviano y pesado. Se desecharon elementos constructivos como calles, fachadas, tipo de vía carrozable, altura de edificios, con el fin de hacer al modelo amigable y de fácil aplicación al disponer de variables relativamente sencillas de cuantificar en el día a día.

De acuerdo a la Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, los niveles de ruido máximos que se han medidos son de 78 dB (A) en el día, valor que supera los límites sugeridos por la Organización Mundial de la Salud OMS para ambientes exteriores de 65 dB (A) en el mismo lapso de tiempo. Esto significa que la calidad de vida en la ciudad no es óptima, además se conoce que el crecimiento del parque automotor es del 12% anual [8,34], los cuales saturan la capacidad de las vías y consecuentemente el tráfico vehicular genera emisiones de ruido intensas. Pero suponer no define un diagnóstico certero del comportamiento del ruido, ni tampoco se puede proyectar a futuro, por tal razón aplicar un modelo estadístico con un coeficiente de correlación adecuado permite realizar análisis que pueden simular la realidad local y definir el comportamiento de la variable dependiente (L_{eq}) con relación a las variables independientes (velocidad y flujo vehicular), simplificando su monitoreo, uno de los objetivos claves del presente estudio.

El estudio del ruido es complejo en relación a otros contaminantes, porque no presenta efecto acumulativo en el medio, no se traslada a través de los sistemas naturales, e incluso no deja residuos. Sin embargo mediante los muestreos consecutivos y los datos recopilados se ha comprobado que usando conceptos estadísticos se puede llegar a determinar modelos predictivos de ruido, que permitan simular la realidad del lugar mediante una ecuación estadística, con mediciones sencillas de volumen de tráfico, generando un ahorro de recursos económicos considerables [9].

En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) circulan aproximadamente 540827 vehículos [35], de los cuales el 77% corresponden al transporte liviano particular. El crecimiento vehicular en el DMQ es una manifestación de la coexistencia entre las diferentes zonas y las realidades físico-espaciales del lugar, debido al movimiento poblacional desde los Valles (Los Chillos y Cumbayá) hacia el hipocentro de la ciudad de Quito, lugar en donde se encuentran las áreas educativas, residenciales, industriales y lo más importante el desarrollo del comercio [10].

El objetivo del proyecto radicó en diseñar los modelos estadísticos de ruido ambiental generados por el flujo vehicular para la ciudad de Quito, mediante datos históricos, como herramienta de calidad ambiental; para ello fue necesario generar una base de datos con información preexistente (trabajos de fin de carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Internacional SEK) desde el año 2009 al 2015 [6,7,14-32], para ser utilizada en la elaboración de los modelos, obtener ecuaciones estadísticas de ruido ambiental generado por tráfico vehicular para cada zona muestreada: sur, centro y norte de la Ciudad de Quito y dos ecuaciones integradas (generales) para toda la ciudad, utilizando el método de linealización de una función no lineal y análisis multivariante; esto con el fin de que sean aplicadas como herramienta de calidad ambiental, para ello fue necesario determinar el nivel de ajuste y aceptación de los modelos estadísticos obtenidos. Los datos son un reflejo del flujo vehicular exclusivamente, minimizando los efectos de fuentes fijas, pues entre el ruido ambiental es producto mayoritariamente del ruido vehicular y es una combinación del ruido de fondo y del tráfico rodado, de ahí que los modelos estadísticos corresponden a la medición de estos dos factores. [36]. Adicionalmente tanto el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador TULAS [38], como el Código Único Municipal del DMQ [37], regulan y controlan las fuentes fijas de emisión de ruido, por lo que su aporte al ruido ambiental es aún menor.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en base a la recopilación de 21 estudios anteriores, consistentes en monitoreos de ruido ambiental, en periodos y zonas distribuidas a lo largo y ancho del área urbana de la ciudad de Quito y mapeo de los valores obtenidos, lo que ha permitido determinar la tendencia de comportamiento del ruido y generar los modelos desde el punto de vista estadístico. Los resultados obtenidos reflejan directamente el ruido generado por el tráfico vehicular y el ruido de fondo.

Mediciones de Ruido

Los datos obtenidos de ruido ambiental en los estudios tomados de referencia y realizados en la UISEK desde el año 2009 hasta el 2019, se utilizaron sonómetros integradores tipo 1 y calibradores de ruido previamente calibrados, y siguiendo lo establecido por la Normativa Ecuatoriana, en el TULAS hasta el 2015, donde entró en vigencia el Acuerdo Ministerial 097 A.

Manejo de Datos

Se recopilaron datos experimentales sin promediar de nivel de presión sonora (NPS), velocidad promedio y flujo vehicular: Livianos, Pesados y Total desde el año 2009 al 2015, los cuales se caracterizan por ser 126 datos numéricos por cada variable, correspondientes a 18 horas diarias muestreadas (6h00 a 00h00) para cada día de la semana (de Lunes a Domingo). Los valores numéricos de las variables (Velocidad, NPS y flujo vehicular) se organizaron en hojas de cálculo para cada zona (Sur, Centro y Norte), diferenciándolos para los siete días de la semana (de lunes a domingo). La organización de los datos se realizó en un formato en el que la velocidad promedio se representa por V_{prom} y se expresa en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; el flujo vehicular ($Q\cdot\text{h}^{-1}$) es el número de vehículos contabilizados en



una hora, la cual se disgrega en livianos (Q_l), pesados (Q_p) y los vehículos totales (Q_t) y finalmente el nivel sonoro NPS (L_{eq}) expresado en dB (A).

Se limitaron las zonas de estudio de acuerdo a la distribución de los puntos monitoreados a lo largo de las calles principales del área urbana del DMQ, definiendo los barrios urbanos que cruzan las calles conforme al mapa Parroquias Rurales del Distrito Metropolitano de Quito [33]. En la Figura 1, se aprecia los puntos monitoreados en la ciudad.



FIGURA 1. Puntos de muestreo en el DMQ para la obtención de datos primarios

Análisis de frecuencia de los datos numéricos

Se elaboraron tablas de frecuencia para cada zona con el fin de determinar el número de observaciones que más se repiten para interpretar el comportamiento del nivel de Presión Sonora (L_{eq}) en el periodo 2009-2015. Se establecieron número de observaciones, valores máximos y mínimos, el rango calculado mediante la diferencia entre el valor máximo y mínimo; el número de clases se determinó con la desigualdad $2^c > n$, donde c es el número de clases y n es el número de observaciones; y por último el ancho del intervalo de clase que se calcula dividiendo el rango para el número de clases calculado.

Diseño del modelo estadístico predictivo de ruido urbano para la ciudad de Quito

El proyecto se fundamentó en el análisis estadístico de las variables provenientes de la base de datos 2009-2105, para lo cual se utilizaron las siguientes variables:

Vehículos pesados (Q_p)

Vehículos ligeros (Q_l)

Velocidad promedio (V_{prom})

Nivel de presión sonora equivalente (L_{eq})

Determinación del Coeficiente de Correlación Lineal Simple (r)

Mediante este estadístico se analizó el grado de asociación lineal entre la variable del nivel de ruido y el flujo vehicular. Los valores que se evaluaron oscilan entre 1 y -1, lo cual demuestra la asociación ya sea positiva o negativa según sea el caso, la principal observación que se consideró es que el valor determinado no sea cercano a 0, ya que significaría que no existe asociación lineal y por ende se descartaría la posibilidad de realizar el modelo lineal.

Modelo Estadístico predictivo de ruido urbano a partir de regresión lineal simple. RL

Con las tablas consolidadas se procedió a diseñar el modelo estadístico, para el cual se determinó las constantes a y b de la ecuación de regresión lineal simple. [34]

$$Y = a + bX_i \quad (1)$$

Donde:

Y = variable dependiente

X_i = variable independiente

De acuerdo a la experiencia de trabajos anteriores, se considera que la ecuación de regresión lineal simple para ruido es la siguiente:

$$L_{eq} = a + b \log Q_t \quad (2)$$

Donde:

L_{eq} = es el nivel de ruido equivalente en dB (A).

a y b = constantes propias de la región obtenidos en base a los datos experimentales monitoreados.

Q_t = es el flujo vehicular total (suma vehículos livianos y vehículos pesados)

Con estos antecedentes, se procedió a realizar la regresión lineal simple para cada Zona (Sur, Norte y Centro), identificando la ecuación ajustada y el porcentaje de correlación para cada caso.

Modelo Estadístico predictivo de ruido urbano a partir de Análisis Multivariante. MV

El desarrollo del análisis multivariante consistió en realizar una regresión de tres variables independientes (velocidad, flujo vehicular liviano y flujo vehicular pesado) y una variable dependiente (nivel de ruido). Para lo cual se consolidaron los datos en una tabla resumen, esto permitió tener datos representativos con respecto al grupo de valores de ruido ambiental en esos años, e incluso se reduce el grado de dispersión de los datos al momento de desarrollar la regresión.

Los datos utilizados fueron:

L_{eq} (A): Nivel de ruido equivalente en dB (A), consolidados a ocho datos por hora.

Q_l : número de vehículos livianos por hora.

Q_p : número de vehículos pesados (buses, camiones, etc.)

$\log Q_l$ y $\log Q_p$: logaritmo base 10 del flujo vehicular

V_{prom} : velocidad promedio (km.h⁻¹)

El modelo de regresión lineal múltiple es idéntico al modelo de regresión lineal simple, con la única diferencia de que aparecen más variables explicativas [11]. La ecuación generalizada del análisis multivariante es la siguiente:

$$Y = a + b_1(X_1) + b_2(X_2) + b_3(X_3) + b_4(X_4) \quad (3)$$



Mientras que la expresión utiliza en determinación de ruido es:

$$L_{eqhora} = a + b \log Q_i + c \log Q_p + d V_{prom} \quad (4)$$

En donde:

a, b, c y d : son los coeficientes constantes correspondientes a cada variable.

Q_i, Q_p y V_{prom} : son las variables independientes.

Validación de los modelos determinados

La validación de los modelos de regresión lineal simple y análisis multivariante se realizó mediante la estimación del intervalo de confianza y el análisis ANOVA. Los valores utilizados para validación fueron los valores promedios para cada zona obtenidos a lo largo del periodo de investigación.

Análisis de Intervalo de confianza

La validación por el análisis del intervalo de confianza, se realizó mediante una tabla comparativa entre el valor de ruido equivalente experimental y el calculado.

- Media: es la media aritmética de los niveles de presión sonora calculados y experimentales.
- Desviación Estándar: permite determinar cuan alejados están los datos con respecto a la media.
- Coeficiente de variación: se determinó con la división entre la desviación estándar y la media.
- Coeficiente de correlación: se realizó aplicando la fórmula del coeficiente de correlación de dos grupos de datos, se comparó la relación existente entre el nivel de ruido experimental y las variables independientes de velocidad, flujo vehicular liviano, pesado y total.

Finalmente se determinó el nivel de confianza del 99% para calcular el intervalo, de tal forma que se procedió a buscar el valor correspondiente a este porcentaje en la tabla T-de Student y aplicar la siguiente ecuación:

$$LC = X_m \pm t_{n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Donde:

X media = dependiente de cada Estación

n número de datos = para todos los casos 18 (horas)

S desviación estándar = dependiente de cada Estación

Nivel de confianza = 99% => $t_{n-1} = 2,8982$

Análisis ANOVA

Para establecer si existen diferencias significativas entre los valores de ruido ambiental experimentales y los calculados a través de las ecuaciones estadísticas establecidas, se utilizó el análisis ANOVA, estableciendo como hipótesis nula que los niveles de ruido

calculados vs los experimentales, no tienen una diferencia significativa, pudiendo esta diferencia ser asignada a un error de medición ya sea humano o de los equipos utilizados, permitiendo aceptar las ecuaciones zonales y generales como apropiadas para la predicción de ruido ambiental a través de la determinación del número de automóviles circulantes por un determinado sector y la velocidad de los mismos.

Para el análisis de las varianzas se plantearon las dos hipótesis sugeridas por la metodología, la hipótesis nula hace énfasis en que todas las medias son iguales y la hipótesis alternativa que plantea que por lo menos una de las medias es diferente. El rango de entrada en este caso son: el valor experimental y los valores calculados. El valor alfa se mantiene en 0,05.

El análisis ANOVA se lo realizó para cada zona establecida del DMQ: Sur, Norte y Centro; comparando las medias de los valores experimentales (obtenidos en campo) con los valores zonales de RL, MV y los valores obtenidos de las ecuaciones integrales RL y MV de la ciudad, con el fin de determinar la validez de cualquiera de las ecuaciones para la predicción del ruido ambiental en la ciudad de Quito.

Comprobación 2019

Debido al tiempo transcurrido entre la elaboración de las ecuaciones de ruido ambiental producido por tráfico vehicular, se decidió tomar muestras de las variables involucradas en los modelos durante el año 2019, escogiendo para la comparación, una semana completa de lunes a domingo, de 6h00 a 00h00, una vez al mes. Para esto se escogió los puntos de monitoreo de ruido ambiental establecidos por la Secretaría de Ambiente del DMQ desde el año 2015, valores validados por el personal técnico de la Secretaría y por lo tanto confiables a cabalidad. A pesar de que la Secretaría dispone de cuatro puntos de muestreo permanentes, las 24 horas del día, en Jipijapa, El Camal, Carapungo y Centro, se escogió para la comparación los datos correspondientes a las horas y semanas correspondientes al muestreo paralelo realizadas por la UISEK en tres sitios representativos a las zonas donde se desarrollaron las ecuaciones respectivas. En el Centro en las coordenadas 78°30'36" W, 0°13'12" S, a una altura referencial de 2820 msnm, en la García Moreno 751 y Sucre, zona que para el año 2019 se encontraba peatonalizada, circulando exclusivamente los automóviles correspondientes a las entidades gubernamentales de la zona. En el Sur en el punto El Camal, ubicado en las coordenadas 78°30'36" W, 0°15'00" S, a 2840 msnm al ingreso del Patronato Municipal San José Sur, en las calles Adrián Navarro 1660 e Hinostraza. Por último, en el norte se escogió la ubicación Carapungo, ubicado a 78°26'50"W, 0°5'54" S, altura de 2660 msnm, en la Super manzana B, el Verjel S/N, edificio Andinatel. Ninguno de los sitios escogidos presenta alto tráfico vehicular, de hecho podrían considerarse de medio y bajo fluido automotriz. Para la comparación, la Secretaría de Ambiente del DMQ proporcionó los datos horarios (24 horas) tabulados para todos los días del año, las 24 horas del día. Con estos datos se realizó el promedio de ruido para cada día de la semana escogida mensualmente, las 12 horas contabilizadas y con la ecuación (6) se procedió a calcular los promedios semanales de Leq .

$$Leq = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^N \Delta P_i 10^{\left(\frac{Leq_i}{10} \right)} \right) \right) \quad (6)$$



Dónde:

L_{eq} = Nivel de presión sonora continuo equivalente

L_{eqi} = Nivel de presión sonora equivalente instantánea

ΔP_i = fracción de tiempo de la medición [39].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelos predictivos de ruido para la Zona Sur

Con los datos procesados en la Zona Sur, correspondiente al periodo 2009-2015, se establecieron como calles principales la Av. Mariscal Sucre, Av. Morán Valverde y Av. Napo, considerando como punto delimitante la loma del Panecillo. Este tramo abarca los barrios urbanos La Magdalena, Chimbacalle, San Bartolo, La Ferroviaria, Solanda, La Argelia y Quitumbe. El total de datos tabulados para la Zona Sur fueron de 2016 por cada variable, que incluyen una variable dependiente (NPS) y cuatro variables independientes (V_{prom} , Q_i , Q_p y Q_t).

A partir del estudio de frecuencias, se determinó que no existen una cantidad de datos relevantes menores a 70,0 dB (A), sin embargo es frecuente encontrar valores mayores a 71,9 dB (A), siendo los más frecuentes 71,9 dB (A) y 74,9 dB (A) representados por el 66% de los datos. Los valores que llegaron a superar los 75,0 dB (A) representan el 19%, esto significa que existe la posibilidad de incremento en la emisión de ruido en el sector con el tiempo y con el crecimiento del parque automotor.

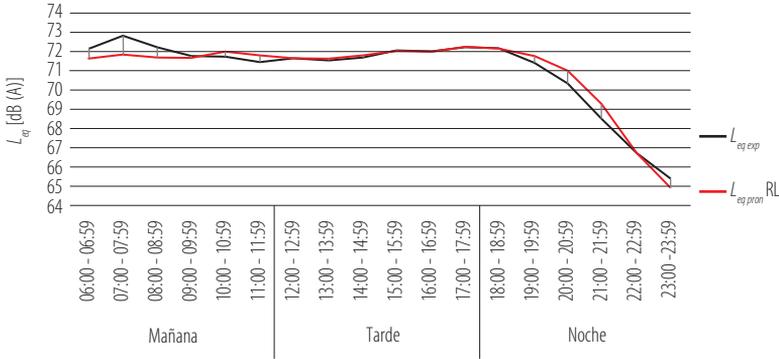
La ecuación obtenida y validada para el modelo de regresión lineal simple de la Zona Sur para el día y noche, hasta las 00H00, del DMQ se reporta en la ecuación 7, con un coeficiente de correlación de 0,96:

$$L_{eqhora} = 2,63 + 20,12 \log Q_t \quad (7)$$

El análisis multivariante se realizó con los datos de flujo vehicular liviano y pesado, desde las seis de la mañana hasta las 00H00, expresados en logaritmo base diez y la velocidad promedio en (kmh^{-1}). La ecuación obtenida y validada para el modelo de análisis multivariante para la Zona Sur del DMQ, se presenta en la ecuación 8, con un coeficiente de correlación múltiple de 0,99:

$$L_{eqhora} = 24,12 + 7,13 \log Q_i + 6,77 \log Q_p + 0,18 V_{prom} \quad (8)$$

En la Figura 2, se observa que los datos calculados con la ecuación 6 presentan una mejor predicción de los valores en el periodo de la tarde (12H00 a 18H00), además el error de predicción de la misma ecuación, indica que para este periodo es cero, es decir que el modelo de predicción lineal simple se ajusta mejor con valores promedio de flujo vehicular de 2784 automóviles, con una desviación estándar de 68 vehículos.

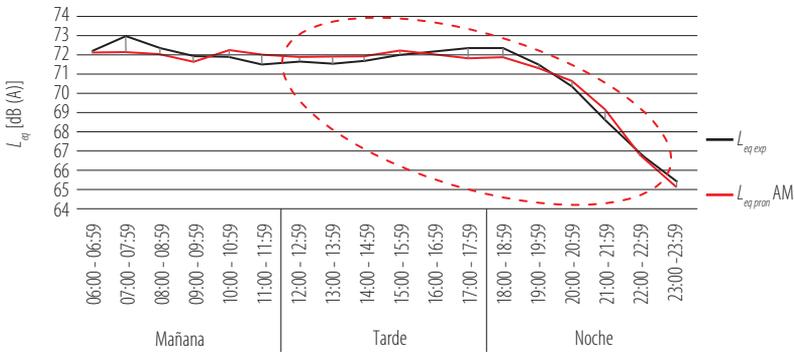


$L_{eq\ pron}$: nivel de presión sonora equivalente pronosticado
 $L_{eq\ exp}$: nivel de presión sonora equivalente experimental
 RL: regresión línea

	Q_t
Media	2784
Desv. Est.	68

FIGURA 2. Comparación $L_{eq\ exp}$ vs. $L_{eq\ RL}$ para la Zona Sur

Los datos calculados con la ecuación 7, se ajustan de forma global a las condiciones de la Zona Sur. Sin embargo, al integrar tres variables, el método de ajuste demanda mayor trabajo y condicionamientos estrictos para cada variable. De tal forma que la velocidad debe estar dentro del rango 37-38 kmh^{-1} , el flujo vehicular liviano (Q_l) entre 1913 - 2677 vehículos livianos por hora y el transporte pesado (Q_p) en el rango de 180 y 350 vehículos pesados por hora.



$L_{eq\ pron}$: nivel de presión sonora equivalente pronosticado
 $L_{eq\ exp}$: nivel de presión sonora equivalente experimental
 RL: regresión línea

	V_{prom}	Q_l	Q_p
Media	37	2295	265
Desv. Est.	1	382	85

FIGURA 3. Comparación $L_{eq\ exp}$ vs. $L_{eq\ AM}$ para la Zona Sur



Modelos predictivos de ruido para la Zona Centro

El punto limitante es la Loma del Panecillo y las calles principales de monitoreo son Av. 12 de Octubre, Av. 10 de Agosto, Av. América y Av. 6 de Diciembre, las cuales cruzan los barrios urbanos Rumipamba, Ñaquito, Jipijapa, Belisario Quevedo y Mariscal Sucre. El total de datos tabulados para la Zona Centro fue de 2772.

De acuerdo a los datos experimentales analizados, el ruido en la Zona Centro no presenta valores menores a 70,0 dB (A) y es muy frecuente que existan valores mayores a 72,6 dB (A) pudiendo llegar a un máximo de 75,5 dB (A). Sin embargo los niveles de ruido recurrentes fluctúan entre 72,6 dB (A) y 75,5 dB (A) representando el 68% de los datos y un 15% de valores mayores a 78,5 dB (A); este dato se justifica por el incremento de vehículos en horas pico.

Para la obtención del modelo estadístico por linealización del ruido ambiental de la Zona Centro, se realizó el análisis de los datos consolidados en 18 valores representativos para todo el día. La Ecuación 8 establece la relación obtenida y validada con los datos monitoreados:

$$L_{eqhora} = 35,7 + 11,16 \log Q_t \quad (9)$$

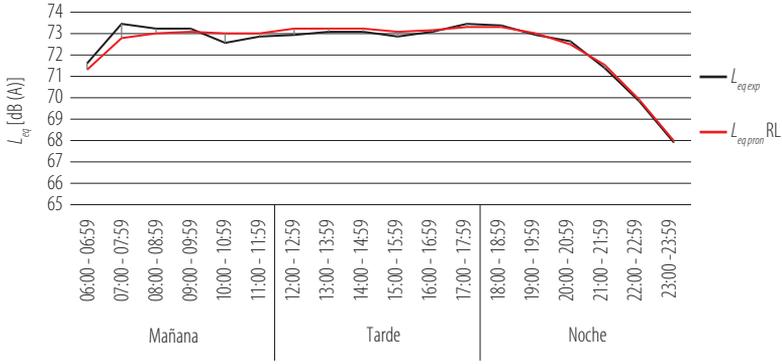
El coeficiente de correlación del nivel de ruido equivalente con el flujo vehicular total es de 0,98, lo que significa una representación relevante.

La ecuación para el análisis multivariante de la Zona Centro, obtenida bajo iguales premisas que en la Zona sur, se refleja en la Ecuación 10:

$$L_{eqhora} = 21,33 + 11,58 \log Q_l + 3,32 \log Q_p + 0,18 V_{prom} \quad (10)$$

En el caso de la Zona Centro, el número de vehículos pesados por hora (Q_p) tiene un coeficiente de 0,92, seguido por 0,98 del flujo vehicular liviano (Q_l), pero algo importante sucede con la velocidad promedio (V_{prom}) este es un valor negativo de $-0,93$, esto significa que la relación es inversamente proporcional. Por tanto las tres variables tienen una intensidad de relación significativa, siendo la correlación combinada igual a 0,98.

En la Figura 4 se aprecia la relación entre los valores experimentales y los obtenidos a través de la Ecuación 8, presentando una mejor predicción de los valores en el periodo de la tarde y noche, además el error de predicción de la misma ecuación, indica que para estos periodos es 0,2 y 0,1 respectivamente. Es decir que el modelo de predicción lineal simple, para lo Zona Centro del DMQ, se ajusta mejor con valores promedio de flujo vehicular de 2024 vehículos.

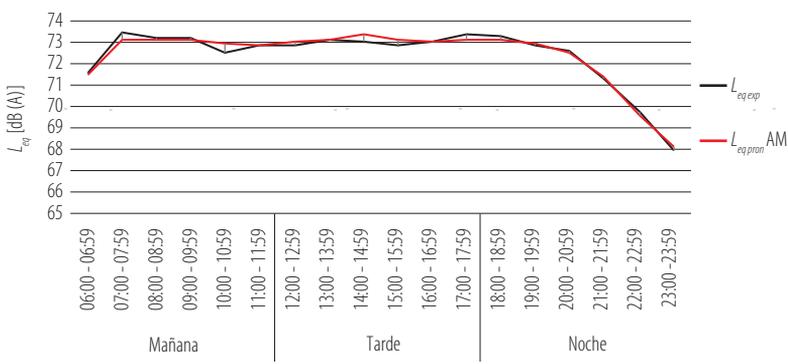


$L_{eq\ pron}$: nivel de presión sonora equivalente pronosticado
 $L_{eq\ exp}$: nivel de presión sonora equivalente experimental
RL: regresión línea
Q_i: flujo vehicular total

	Q_i
Media	2024
Dev. Est.	531

FIGURA 4. Comparación $L_{eq\ exp}$ vs. $L_{eq\ RL}$ para la Zona Centro

Efectuada la misma graficación con la Ecuación 9, se puede determinar que los datos calculados con dicha ecuación se ajustan de forma global a las condiciones de la Zona Centro, en tanto que el error oscila entre 0,1 y 0.



$L_{eq\ pron}$: nivel de presión sonora equivalente pronosticado
 $L_{eq\ exp}$: nivel de presión sonora equivalente experimental
AML: análisis multivariante
Q_i: Flujo vehicular liviano por hora
Q_p: Flujo vehicular pesado por hora
V_{prom}: Velocidad promedio (km/h)

	V_{prom}	Q_i	Q_p
Media	35	1914	142
Dev. Est.	3,58	420	38

FIGURA 5. Comparación $L_{eq\ exp}$ vs. $L_{eq\ AM}$ para la Zona Centro



Modelos predictivos de ruido para la Zona Norte

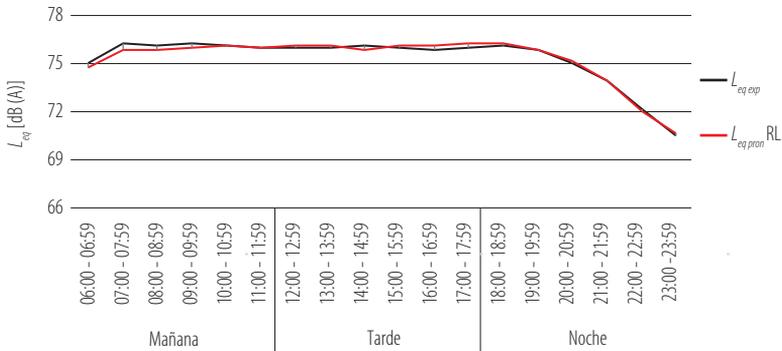
Los resultados de la Zona Norte del DMQ, se presentan en la Ecuación 11, para la linealización y la Ecuación 11 para el análisis multivariante:

$$L_{eq\ hora} = 2,63 + 20,12 \log Q_t \quad (11)$$

$$L_{eq\ hora} = 24,12 + 7,13 \log Q_l + 6,77 \log Q_p + 0,18 V_{prom} \quad (12)$$

El coeficiente de correlación de la Ecuación 6 es de 0,99 al igual que para la Ecuación 12.

A través del análisis gráfico, se nota un mayor ajuste de los datos experimentales y calculados a través de las ecuaciones 11 y 12, esto se debe a que se cuenta con un mayor número de datos experimentales de la Zona Norte del DMQ.

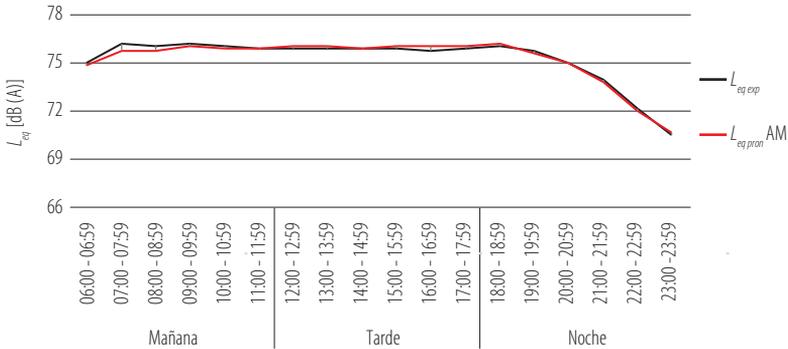


$L_{eq\ pron}$: nivel de presión sonora equivalente pronosticado
 $L_{eq\ exp}$: nivel de presión sonora equivalente experimental
 RL: regresión línea
 Q_l : Flujo vehicular liviano por hora
 Q_p : Flujo vehicular pesado por hora
 V_{prom} : Velocidad promedio (km/h)

	Q_t
Media	3429
Desv. Est.	728

FIGURA 6. Comparación $L_{eq\ exp}$ vs. $L_{eq\ RL}$ para la Zona Norte

En el caso de la Zona Norte el número de vehículos pesados por hora (Q_p) tiene un coeficiente de correlación de 0,96, seguido por el 0,99 del flujo vehicular liviano (Q_l), algo evidente sucede con la velocidad promedio (V_{prom}), se trata de un valor negativo de -0,81, significando que la relación es inversamente proporcional.



$L_{eq\,prom}$: nivel de presión sonora equivalente pronosticado
 $L_{eq\,exp}$: nivel de presión sonora equivalente experimental
AML: análisis multivariante
 Q_l : Flujo vehicular liviano por hora
 Q_p : Flujo vehicular pesado por hora
 V_{prom} : Velocidad promedio (km/h)

	V_{prom}	Q_l	Q_p
Media	50	3065,4	366,5
Desv. Est.	1,1	634	106

FIGURA 7. Comparación Leq exp Vs Leq AM para la Zona Norte

En la Figura 7 se observa que los datos calculados con la Ecuación 7 presentan valores de predicción muy cercanos a los experimentales, por lo tanto la ecuación tiene un grado muy alto de equivalencia.

Modelos predictivos de ruido para el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)

Los datos ingresados para el diseño del modelo estadístico integral del DMQ, fueron los promedios aritméticos de las Zonas Centro, Norte y Sur integrados en 18 valores correspondientes a cada hora a lo largo del día (06H00 a 00H00).

Para el diseño del modelo estadístico por regresión lineal simple, se usaron los datos de nivel de ruido equivalente (L_{eq} dB (A)) y el logaritmo base 10 del flujo vehicular total. El coeficiente de correlación del nivel de ruido equivalente con respecto al flujo vehicular total fue 0,99, lo que significa que existe alta correlación entre las variables. El coeficiente de determinación a diferencia del coeficiente de correlación define el grado de ajuste del modelo y este es del 0,98 para la ecuación lineal del DMQ. La ecuación obtenida por regresión lineal simple es la número (8).

$$L_{eq\,hora} = 23,92 + 14,33 \log Q_t \tag{13}$$

El análisis multivariante se realizó con los datos promediados de las zonas sur, centro y norte de cada variable: flujo vehicular liviano y pesado, expresados en logaritmo base 10 y la velocidad promedio en kmh^{-1} . Para diseñar la ecuación multivariante se ingresaron los mismos datos del nivel de presión sonora y los siguientes datos adicionales:

- Velocidad: velocidad promedio (V_{prom})



- Log Q: el logaritmo base 10 del flujo vehicular liviano y pesado
- L_{eq} : nivel de presión sonora equivalente.

La Ecuación 14 fue obtenida y validada para el modelo de análisis multivariante para el DMQ:

$$L_{eq\ hora} = 9,99 + 13,08 \log Q_l + 3,47 \log Q_p + 0,26 V_{prom} \quad (14)$$

El coeficiente de correlación múltiple del análisis multivariante es de 0,99, esto se explica por la cantidad de variables que ingresan en el modelo lo cual permite su mejor caracterización.

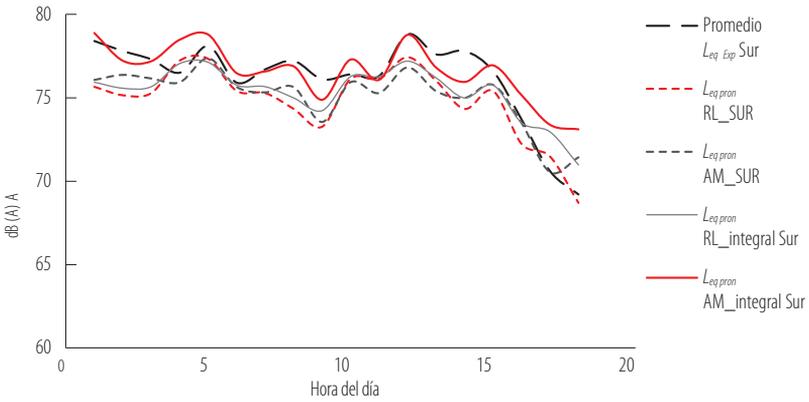


FIGURA 8. Correlación de los modelos Leq para la Zona Sur

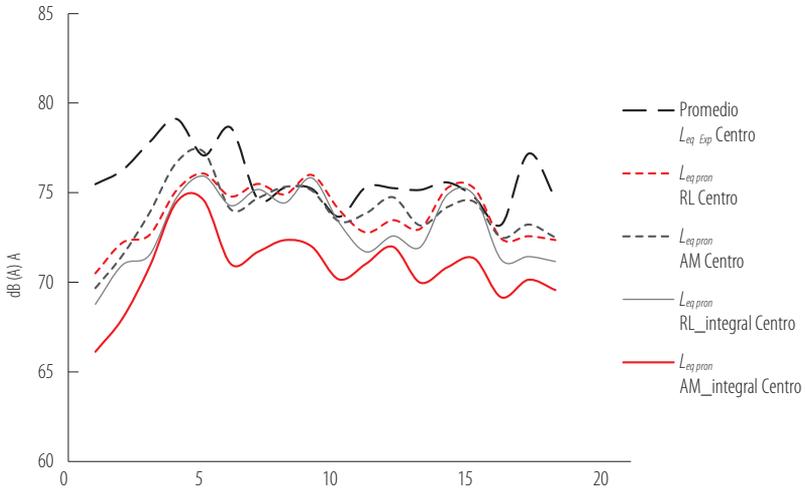


FIGURA 9. Correlación de los modelos L_{eq} para la Zona Centro

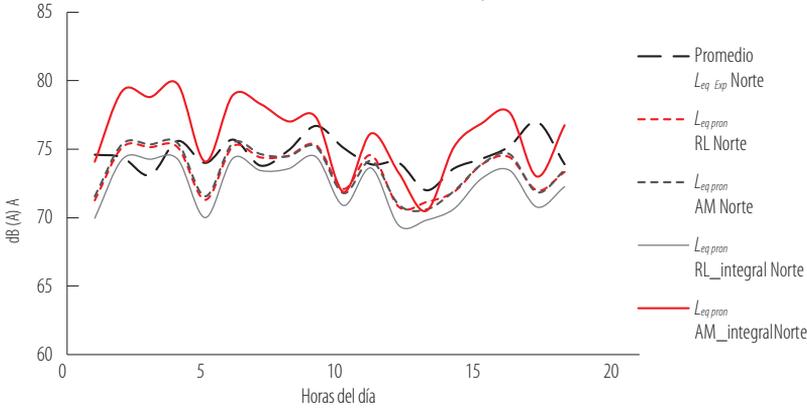


FIGURA 10. Correlación de los modelos Leq para la Zona Norte

Validación por intervalos de confianza IC

El primer proceso de validación de los modelos zonales se realizó utilizando los intervalos de confianza IC, para ello se utilizó la distribución T de Student, debido a que ésta sirve principalmente cuando se tienen muestras menores a 30 observaciones, en la presente investigación se trabajaba con 18 datos correspondientes a los promedios de monitoreos diarios de 06H00 a 00H00. De esta manera se obtuvieron los valores máximo y mínimo de cada intervalo. Si la media muestral experimental se encontraba dentro de dicho intervalo de confianza, se daba por validado el modelo en el sector según correspondía. Los IC se obtuvieron a partir de la Ecuación 5 [30].

Los datos obtenidos se representan en la Tabla 1. [30-32]

TABLA 1. Validación a través de los IC

Validación por intervalos de confianza				
Zona	IC simple		Media muestral experimental	Validación
	Límite inferior	Límite superior		
Sur	72,6	74,0	73,3	Validado
Centro	72,9	76,3	74,6	Validado
Norte	75,2	76,0	75,6	Validado
Validación por intervalos de confianza				
Zona	IC multivariante		Media muestral experimental	Validación
	Límite inferior	Límite superior		
Sur	72,6	74,0	73,3	Validado
Centro	72,8	76,2	74,6	Validado
Norte	75,2	76,1	75,6	Validado



Análisis ANOVA para la validación de los modelos estadísticos de ruido ambiental

Para confirmar la validación de los modelos estadísticos se realizó el Análisis ANOVA, estableciéndose un nivel de significancia (probabilidad de cometer error tipo 1) del 5%, a partir de aquí se calculó el estadístico crítico F, para compararlo con el estadístico F de la muestra para rechazar o no rechazar la hipótesis nula. Valores. Si F es mayor que F crítico, la hipótesis nula no se rechaza.

TABLA 2. Análisis ANOVA

	F	Valor crítico de F	Estado
Zona Sur	2,54	2,48	VALIDADA
Zona Centro	17,41	2,48	VALIDADA
Zona Norte	9,68	2,48	VALIDADA

La Tabla 2, determina que la combinación de las cuatro ecuaciones RL zonal, MV zonal, RL integral, MV integral; para las tres zonas del DMQ, arrojan valores de F superiores al valor crítico F establecido, validando los valores obtenidos a través de las ecuaciones estadísticas para la predicción de ruido ambiental en la ciudad.

Comprobación 2019

A partir de los datos proporcionados por la Secretaría de Ambiente del DMQ, se obtuvieron los valores promedios correspondientes a los intervalos horarios y días de muestreo realizado por la UISEK.

TABLA 3. Promedios de la Secretaría de Ambiente del DMQ año 2019

CAMAL	Semana	dB A	CARAPUNGO	Semana	dB A	CENTRO	Semana	dB A
Enero	14-20	56,4	Enero	14-20	58,9	Enero	14-20	51,5
Febrero	11-17	54,7	Febrero	11-17	60,7	Febrero	11-17	52,9
Marzo	18-24	55,2	Marzo	11-17	59,9	Marzo	11-17	53,0
Abril	15-21	57,5	Abril	15-21	59,2	Abril	15-21	57,0
Mayo	13-19	56,0	Mayo	13-19	59,0	Mayo	13-19	52,4
Junio	17-23	55,2	Junio	17-23	59,8	Junio	17-23	58,2
Julio	8-14	55,2	Julio	8-14	59,3	Julio	8-14	53,1
Agosto	12-18	57,3	Agosto	12-18	59,7	Agosto	12-18	55,5
Septiembre	9-15	55,2	Septiembre	9-15	59,6	Septiembre	9-15	60,8
Octubre	14-20	57,3	Octubre	14-20	59,1	Octubre	14-20	54,5
Noviembre	11-17	56,6	Noviembre	11-17	59,5	Noviembre	11-17	57,2
Diciembre	9-15	57,0	Diciembre	9-15	59,4	Diciembre	9-15	58,1

Luego se procedió a realizar la comparación con los datos obtenidos en el muestreo, del año 2019 estableciendo errores entre el valor experimental de la Secretaría y el valor de Ruido calculado a través de las ecuaciones formuladas en este trabajo.

TABLA 4. Errores promedio de los valores de Ruido Experimental y Calculados para la zona Sur

SUR - EL CAMAL												
	Promedio Leq Exp	Leq pron RL_SUR	Leq pron AM_SUR	Flujo Vehicular total	Residuos RL	Residuos AM	% E RL-SUR	%E AM-SUR	Promedio Velocidad	Promedio Flujo Vehicular Liviano	Promedio Flujo Vehicular Pesado	
	dB (A)	dB (A)	dB (A)	Qt	Leq exp - Leq pron	%	%	km/h	Ql	Qp		
Enero	56,4	57,4	60,3	530	-1,0	-3,9	1,8	6,9	25,0	454	76	
Febrero	54,7	58,2	59,3	580	-3,5	-4,6	6,5	8,4	21,0	520	60	
Marzo	55,2	57,9	59,9	558	-2,7	-4,7	4,9	8,4	21,0	479	79	
Abril	57,5	56,5	58,9	478	1,0	-1,4	1,7	2,4	21,0	412	66	
Mayo	56,0	56,9	58,7	498	-0,9	-2,7	1,6	4,8	23,0	448	50	
Junio	55,2	57,1	58,9	512	-1,9	-3,7	3,5	6,7	22,0	455	57	
Julio	55,2	58,6	59,4	604	-3,4	-4,2	6,1	7,6	21,0	545	59	
Agosto	57,3	58,5	60,7	598	-1,2	-3,4	2,1	5,9	25,0	523	75	
Septiembre	55,2	58,1	59,7	574	-2,9	-4,5	5,3	8,2	23,0	512	62	
Octubre	57,3	58,4	60,0	589	-1,1	-2,7	1,9	4,6	23,0	523	66	
Noviembre	56,6	58,9	58,2	623	-2,3	-1,6	4,0	2,8	22,0	589	34	
Diciembre	57,0	58,7	58,7	612	-1,7	-1,7	3,0	3,0	20,0	55	557	
					% ERROR PROMEDIO		3,5	5,8				

TABLA 5. Errores promedio de los valores de Ruido Experimental y Calculados para la zona Centro

CENTRO - GARCIA MORENO Y SUCRE												
	Promedio Leq Exp	Leq pron RL_SUR	Leq pron AM_SUR	Flujo Vehicular total	Residuos RL	Residuos AM	% E RL-SUR	%E AM-SUR	Promedio Velocidad	Promedio Flujo Vehicular Liviano	Promedio Flujo Vehicular Pesado	
	dB (A)	dB (A)	dB (A)	Qt	Leq exp - Leq pron	%	%	km/h	Ql	Qp		
Enero	51,5	55,8	49,3	65	-4,3	2,2	8,4	4,3	25,0	45	20	
Febrero	52,9	56,3	49,5	72	-3,4	3,4	6,4	6,4	22,0	59	13	
Marzo	53,0	57,0	50,9	84	-4,0	2,1	7,6	3,9	25,0	72	12	
Abril	57,0	57,3	51,9	89	-0,3	5,1	0,6	8,9	28,0	65	24	
Mayo	52,4	56,9	51,5	82	-4,5	0,9	8,6	1,8	28,0	63	19	
Junio	58,2	57,6	52,3	95	0,6	5,9	1,0	10,1	28,0	79	16	
Julio	53,1	57,1	51,6	85	-4,0	1,5	7,5	2,9	29,0	75	10	
Agosto	55,5	56,7	51,4	78	-1,2	4,1	2,1	7,3	30,0	65	13	
Septiembre	60,8	56,9	51,4	82	3,9	9,4	6,4	15,4	28,0	65	17	
Octubre	54,5	58,4	51,8	110	-3,9	2,7	7,1	4,9	20,0	92	18	
Noviembre	57,2	58,0	51,3	103	-0,8	5,9	1,5	10,4	20,0	90	13	
Diciembre	58,1	59,0	52,3	125	-0,9	5,8	1,5	10,0	18,0	105	20	
					% ERROR PROMEDIO		4,9	7,2				



TABLA 6. Errores promedio de los valores de Ruido Experimental y Calculados para la zona Norte

NORTE - CARAPUNGO											
	Promedio Leq Exp	Leq pron RL_SUR	Leq pron AM_SUR	Flujo Vehicular total	Residuos RL	Residuos AM	% E RL-SUR	%E AM-SUR	Promedio Velocidad	Promedio Flujo Vehicular Liviano	Promedio Flujo Vehicular Pesado
	dB (A)	dB (A)	dB (A)	Qt	Leq exp - Leq pron	%	%	km/h	Ql	Qp	
Énero	58,9	60,8	60,3	250	-1,9	-1,4	3,1	2,4	35,0	185	65
Febrero	60,7	59,4	58,9	195	1,3	1,8	2,2	2,9	38,0	175	20
Marzo	59,9	60,8	60,1	252	-0,9	-0,2	1,5	0,4	33,0	169	83
Abril	59,2	60,3	59,6	232	-1,1	-0,4	1,9	0,6	35,0	145	87
Mayo	59,0	60,9	60,2	256	-1,9	-1,2	3,2	2,0	30,0	178	78
Junio	59,8	59,8	59,5	212	0,0	0,3	0,0	0,6	35,0	160	52
Julio	59,3	60,3	59,9	229	-1,0	-0,6	1,6	1,0	35,0	182	47
Agosto	59,7	59,2	59,0	189	0,5	0,7	0,9	1,2	38,0	154	35
Septiembre	59,6	59,6	59,3	204	0,0	0,3	0,0	0,5	37,0	174	30
Octubre	59,1	61,1	60,7	265	-2,0	-1,6	3,4	2,7	35,0	206	59
Noviembre	59,5	60,4	60,0	235	-0,9	-0,5	1,5	0,8	33,0	185	50
Diciembre	59,4	61,2	60,7	270	-1,8	-1,3	3,0	2,1	33,0	195	75
% ERROR PROMEDIO						1,9	1,4				

Los datos de ruido medidos por la Secretaría del Ambiente, al corresponder a lugares con poca circulación, son inferiores a los obtenidos experimentalmente por la UISEK en años precedentes en las vías con alto y mediano tránsito vehicular, a pesar de ello, el modelo presenta residuales que al ser transformados en % de error presentan valores comprendidos entre 1.4 y 7.2 %. Acorde con González y Domínguez, las mediciones de ruido ambiental acarrear errores de hasta un 15 % dependiendo de las circunstancias de medición, por lo que los datos calculados podrían considerarse admisibles para su uso y aplicación en planificación y calidad ambiental.

CONCLUSIONES

De manera general, del análisis de los datos obtenidos, se puede establecer que el nivel de ruido ambiental en la Zona Sur es más alto que en la Centro y esta a su vez es superior a la de la Zona Norte, esto se corrobora con los datos medidos in situ a lo largo del periodo de investigación. La actualización del año 2019 en el punto El Camal, registra que la aplicación de los modelos suministra valores ligeramente superiores, con residuales para la regresión lineal de 3,5 % y para el análisis multivariante de 5,8%. Por lo que se aprecia la necesidad de ajustar el modelo con la intención de minimizar estos residuales para la zona Sur.

Hay mayor correspondencia de ruido ambiental entre las Zonas Sur y Norte, en la Zona Centro es algo menor, esto puede deberse a varias razones, entre ellas la morfología de la ciudad que es más compleja en el centro de Quito, el tipo de actividades que se desarrollan, además de que las características urbanas de la zona plantean superficies resonantes de ruido, variabilidad en el uso automotor y comercio callejero permanente. La actualización del año 2019, y debido al cambio de circulación en el Centro de la Ciudad de Quito, permitió validar el hecho de que para menor número de vehículos el ruido ambiental disminuye, pero también permitió verificar que un menor número de automóviles desplazándose, generan mayores residuales en los modelos versus datos experimentales, así para el modelo de regresión lineal, se obtuvo un %E de 4,9 % y para el modelo de análisis multivariante, el error presentado fue el más alto, 7,2 %.

A través del análisis de intervalos de confianza se llegó a una primera validación de las ecuaciones zonales, esta validación se ratificó con el análisis ANOVA; las dos validaciones permiten inferir que la predicción de ruido ambiental por tráfico rodado, a través de las ecuaciones del presente estudio, posibilitarán predecir a bajos costos los niveles de contaminación acústica por fuentes móviles en el DMQ. Al no tomar en cuenta variables como fachadas, alturas de los edificios, pendientes de las rutas, etc., estas ecuaciones se convierten en una herramienta sencilla de aplicar, bastando realizar un conteo de automóviles livianos, pesados y totales, así como la velocidad de los mismos, lo que con el avance tecnológico actual, se lo puede realizar a través de una cámara de video sencilla. Esto permitirá a los entes encargados de la Planificación Territorial y de la calidad ambiental, predecir los impactos ambientales de la ubicación de nuevos proyectos arquitectónicos, de salud, industriales o sociales.

El análisis ANOVA, confirmó lo evidenciado gráficamente, esto es, que las ecuaciones de predicción particulares funcionan al igual que las generales para la ciudad de Quito, ya que todas ellas superaron el valor crítico F, indicando que se encuentran en la zona de aceptación de la predicción y por tanto pudiendo ser usadas indistintamente. En el año 2019 no se pudo validar la ecuación general para el distrito, por lo que se hace necesario una actualización de datos de ruido ambiental a lo largo y ancho de la ciudad de Quito. Los valiosos datos de la Secretaría de Ambiente del DMQ, podrían ser tratados con la metodología aquí descrita para obtener correlaciones sencillas, que a futuro les permitan mejorar la calidad ambiental acústica del Distrito.

Las dos ecuaciones zonales RL y MV se ajustan a los valores experimentales obtenidos, como se puede apreciar en las Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7. El comportamiento del ruido a lo largo del día en los tres sectores es uniforme en horas de la mañana y de la tarde, presentando promedios de 72,0 dB (A) y 75,9 dB (A), mientras que en la noche disminuye la intensidad notoriamente, hasta tener niveles de ruido de 68,0 dB (A), este comportamiento permite ajustar de mejor manera el modelo integral de regresión lineal simple.

Las variables que se han venido tomando entre flujo vehicular, nivel de ruido y velocidad, son las que mayor grado de correlación manifiestan, esto significa, que con estas tres variables, los modelos predictivos de ruido para el Distrito Metropolitano de Quito son confiables para representar la realidad acústica del lugar, lo que permitirá su aplicación en la planificación y ordenamiento territorial de la ciudad. Las variables utilizadas en el diseño de los modelos estadísticos son económicas de cuantificarlas, son propias de



la ciudad de Quito y no modelos adaptados que presentan una mayor incertidumbre. Al ser resultados de datos tomados en diferentes años, lugares, días y horas, dentro de la ciudad, son modelos únicos y propios para las condiciones de Quito, pero además son simples, de aplicación sencilla y barata, pudiendo convertirse en una herramienta esencial para Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental ex ante, en el Distrito.

El análisis de las variables tanto dependientes (L_{eq}) como independientes (V_{prom} , Q_r , Q_l y Q_p) permitió identificar la relación existente entre el nivel de ruido equivalente y el flujo vehicular. El coeficiente de correlación de las ecuaciones estadísticas, en promedio para cada zona, es de 0,99, significando que la predicción que se realice a través de las mismas se ajustará al ruido ambiental de las diferentes zonas del Distrito. Ajuste que con la verificación realizada en el 2019, permite su utilización tres años después de generada. Se recomienda anualmente validar las ecuaciones comparando los datos de ruido medidos por la Secretaría de Ambiente con datos resultado de las ecuaciones con las variables medidas, ampliando esta vez la validación a la estación Jipijapa.

El comportamiento del ruido a lo largo del día en los tres sectores, es uniforme en horas de la mañana y de la tarde, presentando valores promedios de 72,0 dB (A) y 75,9 dB (A), mientras que en la noche disminuye la intensidad notoriamente hasta tener niveles de ruido de 68,0 dB (A), los modelos que mejor se ajustan a cada Zona son los siguientes:

- Zona Sur: Modelo zonal Multivariante; Modelo Integral Simple.
- Zona Centro: Modelo zonal Simple, Modelo Zonal Multivariante, Modelo Integral Simple.
- Zona Norte: Modelo zonal Multivariante, Modelo Integral Simple.
- DMQ: Modelo Integral Simple, Modelo Integral Multivariante.

En términos generales, el mejor ajuste es el Lineal Simple para el modelo estadístico integral de la ciudad, en tanto que el modelo Multivariante se ajusta mejor a los valores zonales, tal como se aprecia en las Figuras 8, 9 y 10. La corroboración del año 2019, ratifica lo indicado, ya que los residuales para Norte, Centro, Sur para el ajuste lineal son menores que para el análisis multivariante. Tablas 3,4,5.

En el entendido de que todas las ciudades deben disponer de un documento legal que permita mejorar la gestión de la contaminación acústica por tráfico rodado, enfocado a un desarrollo sustentable óptimo, relacionando la calidad de vida con el uso de los recursos de movilización, los ocho modelos de predicción de ruido servirán indistintamente de soporte a la normativa que establezca a este respecto la autoridad de la ciudad y su respectivo control. Al comprobarse su validez al año 2019, su uso permitirá una mayor facilidad para predecir valores futuros con ajustes del 5% trianual, al actual crecimiento vehicular del DMQ.

Los modelos tienen la ventaja de que utilizan variables y obtienen resultados numéricos de fácil comprensión y por ende difusión y aplicación, pudiendo ser una herramienta de concienciación de la población capitalina, de aplicación en EIAs ex ante y Expost, y principalmente como instrumento de regulación vehicular con fines de encontrar un mayor confort acústico para los habitantes del Distrito.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a la Ing. Valeria Díaz MSc, de la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito por su apoyo incondicional y la entrega de los datos horarios de Ruido Ambiental para la realización de la comparación con el año 2019. A los estudiantes Daniela López y Andrés Coral de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la UISEK por su ayuda en el monitoreo de variables realizado a lo largo del 2019. Por último, queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a todos y cada uno de los Ingenieros Ambientales de la UISEK que desde el 2009 trabajaron en la recolección, mapeo, y procesamiento de datos y variables para la determinación del ruido ambiental del DMQ.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Tania Moromenacho: curación de datos para la investigación, incluyendo las labores de campo, experimentales y estadísticas.

Alonso Moreta: análisis estadístico, desarrollo y validación de las ecuaciones de predicción de ruido.

Fabio Villalba: concepción de la investigación, análisis e interpretación de los datos, revisión crítica del contenido intelectual del manuscrito.

Jorge Esteban Oviedo: concepción de la investigación, diseño de la metodología, análisis e interpretación de los datos, validación y verificación de los resultados, supervisión del monitoreo de variables del año 2019.

Katty Coral: concepción de la investigación, diseño de la metodología; administración del proyecto, análisis e interpretación de los datos, validación y verificación de los resultados, redacción del manuscrito, comparación año 2019.

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud. (2003). Guías para el Ruido Urbano: 1-20.
- [2] García, B., Garrido F (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades. La Caixa: 169-194.
- [3] Cavas L., Caballero J., Muñoz V. (2006). Análisis comparativo de un modelo teórico de mediciones sonoras y el software SOUNPLAN Ver. 6,2 aplicado al tráfico vehicular. Revista de Ingeniería Universidad de los Andes. 23(1): 58-67
- [4] Berglunt, B. (1999). Guía para el ruido urbano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS.
- [5] Álvarez, J., & Suárez, E. (2008). Estudio Comparativo de modelos de predicción de ruido de tráfico rodado utilizando mediciones en la ciudad de Osorno. Valdivia: Universidad Austral de Chile
- [6] Lombeida M, (2012). Realización de un modelo matemático predictivo de ruido urbano, para la ciudad de Quito, basado en el modelo de predicción de Sánchez. Universidad Internacional SEK, Quito.
- [7] Moreno G, (2012). Realización de un modelo matemático predictivo para ruido urbano de la ciudad de Quito y comparación con el modelo CoRTN. Universidad Internacional SEK, Quito.
- [8] Agencia Metropolitana de tránsito AMT. (20 de enero de 2015). Obtenido de <http://www.amt.gob.ec/index.php/pico-placa-homepage.html>
- [9] González Alice. (2005). Evaluación de impacto acústico: Modelos predictivos sencillos que podrían dar complicaciones. UDELAR: 1-12
- [10] Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (2000). Plan General de Desarrollo Territorial del DMQ: 7-15.
- [11] Genaro, N. (2014). Sistema de predicción de ruido urbano mediante redes neuronales. Universidad de Granada: 21-29.
- [12] Rojo, M. (2007). Regresión Lineal Múltiple. Instituto de Economía y Geografía: 2-25.
- [13] Recio, A., Carmona, R., Linares, C., Ortiz, C., Banegas, J.R., Díaz, J. (2016) Efectos del ruido urbano sobre la salud: estudios de análisis de series temporales realizados en Madrid. Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Sanidad: 5-25.
- [14] Andrade C, (2011), Elaboración de mapa de ruido de la red vial del Distrito Metropolitano de Quito: zona norte 1. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [15] Izurieta A, (2009) Elaboración de un mapa de ruido ambiental y estudio de factibilidad de la ubicación de los puntos de monitoreo para la red de monitoreo de ruido ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito, zona 4. (Norte de Quito). (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [16] Rojas C, (2010), Diseño del mapa de ruido ambiental de los sectores: Cofavi, Solca, Jipijapa, Estación Norte y Belisario en el Distrito Metropolitano de Quito, Provincia de Pichincha – Ecuador. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [17] Díaz F, (2009), Elaboración de un mapa de Contaminación acústica del Distrito Metropolitano de Quito – Sur, Utilizando Sistemas de Información Geográfica. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [18] Rubianes F, (2009), Elaboración de un mapa de ruido ambiental para determinar la ubicación más apropiada de los puntos de monitoreo para la Red Mínima de Monitoreo del Ruido Ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito, Zonas 2: Calderón, Carapungo, Centro, Los Chillos y Tumbaco. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [19] Amores, J, (2010), Elaboración de un mapa de ruido del Distrito Metropolitano de Quito – Zona Sur. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito
- [20] Vazquez, N, (2009), Elaboración de un mapa de ruido ambiental y estudio de factibilidad para la ubicación de los puntos de monitoreo de la red de monitoreo ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito, zona norte. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [21] Ochoa, W, (2011) Generación del mapa de ruido de la red vial del anillo urbano del Distrito Metropolitano de Quito, zona centro. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.

- [22] Mora, P, (2010) Diseño de un mapa de ruido de la contaminación acústica de la zona urbana norte (Carapungo, Calderón, Cotocollao, La Delicia, Pablo Arturo Suárez) de la Ciudad de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [23] Peña, E, (2011) Elaboración de un mapa de ruido de la red vial del Distrito Metropolitano de Quito, zona Centro - Norte. 2010 – 2011. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [24] Salazar, D, (2011) Elaboración de un mapa de ruido del Distrito Metropolitano de Quito– zona norte 2. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [25] Villafuerte, D, (2011) Elaboración de un mapa de ruido del Distrito Metropolitano de Quito, zona sur, Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [26] Velez, M (2013) Validación de los modelos matemáticos de ruido urbano UISEK de linealización de una función no lineal y análisis multivariante en el sector centro occidente de la ciudad de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [27] Palacios W (2013). Validación de los modelos matemáticos predictivos de ruido urbano UISEK por análisis multivariante y linealización de una función no lineal en la zona noroccidental de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [28] Kattan F (2013), Validación de los modelos matemáticos de ruido urbano UISEK de linealización de una función no lineal y análisis multivariante en el sector suroriental de la ciudad de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [29] Padron R (2014), Validación de modelos matemáticos de linealización de una función no lineal y análisis multivariante para ruido ambiental urbano en la zona Nor-Occidente de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [30] Ballesteros C (2014), Validación de los modelos matemáticos predictivos de ruido urbano por linealización de una función no lineal y análisis multivariante en la zona centro occidente de quito para el año 2014. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [31] Escobar, A (2015), Validación de los modelos matemáticos de ruido urbano UISEK de linealización de una función no lineal y análisis multivariante en el sector sur oriental de la ciudad de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [32] Tapia F, (2015). Validación de modelos matemáticos predictivos de ruido urbano UISEK a través de la linealización de una función no lineal y análisis multivariante en el sector noroccidente de Quito. (Tesis de pregrado en Ingeniería Ambiental) Universidad Internacional SEK. Quito.
- [33] Secretaria del Ambiente. (2015). Obtenido de http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=37&Itemid=18&lang=es, Abril 2016
- [34] Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (2019), Anuario Estadístico de transporte. Quito.
- [35] Ecuador Tv, la televisión del estado (2019). Obtenido de: <https://shorturl.at/ntKW6>, Noviembre 2019
- [36] Ramírez González A, Domínguez E, (2011). El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, vol.35 no.137 Bogotá Oct./Dec. 2011
- [37] Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito (2019)
- [38] MAE, Ministerio de Ambiente del Ecuador, (2008). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.
- [39] MAE, Ministerio de Ambiente del Ecuador, (2015). Acuerdo Ministerial 097 A.

Listado de la colección de hongos (Ascomycota y Basidiomycota) del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) del Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO)

Rosa Batallas-Molina¹, Gabriela Fernanda Moya-Marcalla², Daniel Navas Muñoz³

¹Instituto Nacional de Biodiversidad del Ecuador (INABIO), colección micológica del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE), Av. Río Coca E6-115 e Isla Fernandina, sector Jipijapa, Quito, Ecuador

²Programa de Maestría en Biodiversidad y Cambio Climático, Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI), Machala y Sabanilla, Quito, Ecuador

³Carrera en Ingeniería en Biodiversidad y Recursos Genéticos, Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI), Machala y Sabanilla, Quito, Ecuador

*Autor para correspondencia / Corresponding author, email: rosa.batallas@biodiversidad.gob.ec

Checklist of the fungi collection (Ascomycota and Basidiomycota) of the National Herbarium of Ecuador (QCNE) of the National Institute of Biodiversity (INABIO)

Abstract

The National Herbarium of Ecuador (QCNE) of the National Institute of Biodiversity (INABIO) preserves the public mycological collection of Ecuador, being the most representative of the country with 6200 specimens between fungi and lichens. The mycological collection started in 1999 with contributions from university students and specialists who deposited their specimens in the cryptogam section of the QCNE Herbarium. Since 2013 the information has been digitized and 4400 records were taken as the basis for this manuscript. The objective of this work is to present the list of species of fungi of the mycological collection of QCNE. The collection of fungi is organized according to the criteria of the most recent specialized literature, and 319 species of fungi are reported, corresponding to samples from the Ascomycota and Basidiomycota divisions. There are 12 orders, 30 families, 72 genera and 116 species of Ascomycota, with the family Xylariaceae having the highest representativeness (45%). There are 12 orders, 53 families, 168 genera and 203 species of Basidiomycota, with the family Polyporaceae being the best represented (24%). Out of 843 species of fungi registered in Fungi web, QCNE has approximately 32% of the species reported for the country.

Keywords: catalogue, fungi, Polyporaceae, public mycological repository, Xylariaceae

Resumen

El Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) del Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO) conserva la colección micológica pública del Ecuador, siendo la más representativa del país con 6200 especímenes entre hongos y líquenes. La colección micológica nació en 1999 con el aporte de colectas de estudiantes universitarios y especialistas que depositaron sus especímenes en la sección de criptógamas del Herbario QCNE. Desde el 2013 la



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

Recibido /
Received:
12/03/2020

Aceptado /
Accepted:
04/01/2021

Publicado en línea /
Published online:
15/04/2021

información se ha digitalizado y 4400 registros fueron tomados como base para este manuscrito. El objetivo del presente trabajo es presentar el listado de especies de hongos de la colección micológica del QCNE. La colección de hongos se encuentra organizada siguiendo criterios de la literatura especializada más reciente, se reportan 319 especies de hongos correspondientes a muestras de las divisiones Ascomycota y Basidiomycota. Hay 12 órdenes, 30 familias, 72 géneros y 116 especies de Ascomycota, con la familia Xylariaceae teniendo la mayor representatividad (45%). Hay 12 órdenes, 53 familias, 168 géneros y 203 especies de Basidiomycota, con la familia Polyporaceae siendo la mejor representada (24%). De las 843 especies de hongos registradas en Fungi web, el QCNE posee aproximadamente el 32% de las especies reportadas para el país.

Palabras clave: catálogo, Polyporaceae, repositorio micológico público, Xylariaceae

INTRODUCCIÓN

Los herbarios constituyen repositorios de material vegetal herborizado que preservan colecciones de muestras botánicas como material científico de referencia para conocer la diversidad florística de una región [1], incluyendo especímenes de plantas no vasculares, hongos y líquenes. Aunque taxonómicamente el Reino Fungi constituye un grupo aparte, usualmente dentro de los herbarios están ubicadas las colecciones micológicas como repositorios de ejemplares herborizados de hongos y hongos liquenizados ó líquenes, cuyo *voucher* incluye información geográfica, taxonómica, ecológica y descriptiva del espécimen preservado.

El Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) fue creado en 1977 como el departamento de Botánica del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales [2]. Actualmente conforma la sección botánica del Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), un instituto público de investigación ecuatoriano enfocado en estudios de biodiversidad, que alberga aproximadamente 250000 ejemplares de herbario entre plantas vasculares, no vasculares, hongos y líquenes, de los cuales 180000 están reportados en una plataforma virtual [3]. La colección micológica del QCNE fue creada como parte de la sección de criptógamas, esta iniciativa en 1999 fue liderada por tesis de pregrado de la Universidad Central del Ecuador quienes colectaron, procesaron y catalogaron las primeras colecciones de hongos y hongos liquenizados. Este repositorio empezó a crecer gracias al valioso aporte de investigadores como Tatiana Sanjuán [4-5] y estudiantes de pregrado de la Universidad Central del Ecuador, creciendo aceleradamente con el depósito de especímenes de estudiantes e investigadores extranjeros, alcanzando el año 2006 un total 1400 especímenes de los dos grupos.

Desde el año 2010, la colección micológica del QCNE ha participado como contraparte nacional en un proyecto liderado por la Universidad de Oregón, cuyo compromiso fue depositar los especímenes de hongos con etiquetas producto de esta investigación según Autorización de Investigación Científica N° 12-10-IC-FLO-DPAI/MA otorgada por el Ministerio del Ambiente Ecuador (MAE), incrementando rápidamente el número de especímenes en la colección. En 2013 el crecimiento de la colección motivó la



implementación de una base de datos preliminar para almacenar y manejar toda información de la colección micológica, permitiendo un eficiente registro digital de los datos de cada espécimen, ingresando la información del *voucher*.

En la actualidad, el repositorio científico alberga 6200 especímenes catalogados, correspondiente a una variada y representativa colección de especímenes de hongos (4400) y líquenes (1800) colectados en varias provincias de Ecuador. La colección micológica en cuanto a hongos se incrementa temporalmente con especímenes colectados en investigaciones realizadas por colectores nacionales e internacionales [6, 7]. Desde sus inicios, el propósito de la colección micológica ha sido conservar y documentar especímenes de hongos y líquenes ecuatorianos, que sirvan como referente en la investigación y difusión de la diversidad fúngica encontrada en el país. Este artículo abarca el grupo de hongos registrando las especies dentro de las divisiones Basidiomycota y Ascomycota que forman parte del patrimonio micológico del sector estatal. Los objetivos del presente trabajo son: difundir el contenido taxonómico y reportar el listado de hongos sistemáticamente organizado del repositorio micológico del Herbario QCNE del INABIO.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el análisis del contenido micológico y posterior listado de las especies de hongos se analizaron 4400 datos digitalizados, de los cuales se consideraron para el listado, las especies catalogadas e ingresadas en el fichero que fueron determinados por especialistas extranjeros de los herbarios (ASU, CP, FCME, XAL) y de la Universidad de Oregon. En algunos casos se reexaminó las especies con terminología "cf." y "aff." para validar su correcta identificación, mediante el análisis de estructuras microscópicas como esporas, hifas, fíbulas y otras con la ayuda del estereoscopio, el microscopio y el uso de claves taxonómicas y bibliografía especializada [8-22].

Durante la actualización de la taxonomía de los especímenes se revisaron las sinonimias, actualizando géneros y especies mediante la consulta en la plataforma Index Fungorum [23] y para especies nuevas reportadas a partir del 2015 se añadió el código de MykoBank registrado en la página MycoBank Database con las siglas MB [24]. Para organizar la información recopilada tomamos como referencia el siguiente material bibliográfico: Rodríguez et al. [25], Dios et al. [26] y Fernández-Fernández et al. [27].

En el manuscrito la información está organizada alfabéticamente por órdenes, familias, géneros y especies dentro de dos grupos taxonómicos superiores (Ascomycota y Basidiomycota). Para cada especie se presenta información del nombre científico actualizado en la base de Index Fungorum, y el número de catalogación QCNE de la especie. Es importante mencionar que en el caso de especies con varios especímenes se consideró el número de catalogación más antiguo por especie. Se han señalado con un asterisco las especies que se reportan por primera vez para el país en este artículo, según lo reportado en la página Fungi web [28]. Un aspecto importante es la migración de datos del fichero Excel a la plataforma institucional Symbiota proceso que actualmente se va dando paulatinamente.

RESULTADOS

En Ecuador, la colección micológica del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) del INABIO constituye el repositorio estatal mejor representado, los resultados de este estudio se centran únicamente en los especímenes de hongos—no se incluye el grupo de líquenes, por consiguiente se reportan 319 especies de hongos, 116 ascomicetes y 203 basidiomicetes. Para Ascomycota se reportan 6 clases, 12 órdenes, 30 familias y 72 géneros; y en Basidiomycota 2 clases, 12 órdenes, 53 familias y 168 géneros. Del total de los datos analizados, 2158 especímenes están determinados hasta género, 421 muestras han sido identificados a nivel de especie y se registran 1821 especímenes indeterminados identificados a nivel de clase, orden o familia. En cuanto al número más alto de especímenes en la colección partiendo de las divisiones Basidiomycota y Ascomycota, se reporta en porcentajes las familias y géneros taxonómicos mejor representados (Tabla 1). Los taxones *Auricularia delicata* (basidiomicete) y *Cookeina tricolora* (ascomicete) constituyen las especies mejor representadas con similar número de registros (14).

TABLA 1. Familias y Géneros reportados en la colección micológica del QCNE-INABIO.

Basidiomycota				Ascomycota			
Familias	%	Géneros	%	Familias	%	Géneros	%
Polyporaceae	24	<i>Polyporus</i>	14	Xylariaceae	45	<i>Xylaria</i>	31
Marasmiaceae	11	<i>Marasmius</i>	10	Cordycipitaceae	8	<i>Cookeina</i>	7
Tricholomataceae	9	<i>Stereum</i>	7	Sarcoscyphaceae	6	<i>Cordyceps</i>	6
Stereaceae	5	<i>Mycena</i>	6	Pyronemataceae	2.5	<i>Hypoxylon</i>	4
Hymenochaetaceae	4	<i>Auricularia</i>	4	Otras familias	38.5	Otros géneros	52
Otras familias	47	Otros géneros	59				

Las colecciones de muestras holotipo y paratipo se encuentran dentro de la colección de tipos del Herbario QCNE, donde se encuentran tres holotipos y tres paratipos. Se reporta 9 especies con su respectivo código de MykoBank, de las cuales 7 constituyen actualizaciones taxonómicas y 2 son nuevas especies para Ecuador, información incluida en el total de especies del manuscrito.



Listado de holotipos y paratipos depositados en la colección de hongos del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE)

REINO FUNGI

DIVISIÓN ASCOMYCOTA

**Beauveria diapheromeriphila* (T. Sanjuan & S. Restrepo) T. Sanjuan, B. Shrestha, Kepler & Spatafora, *IMA Fungus* 8(2): 345 (2017). [MB#820882]. Holotipo. ORELLANA: Cantón Aguarico. Tiputini field station. 13-julio-2004. T. Laessoe, J. H Petersen y Alsgard Jensen 11390. QCNE186272.

**Ophiocordyceps tiputini* Sanjuan, *Fungal Biology* 119(10): 912 (2015). [MB#805228]. Holotipo. ORELLANA: Cantón Aguarico. Tiputini field station. 13-julio-2004. T. Laessoe 11465. QCNE186287.

**Thamnomycetes choçoënsis* Læssøe. *Mycoscience* 51(3): 200 (2010). [MB#513277]. Holotipo. PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Hostería El Encanto vía los Bancos - Santo Domingo, sobre la orilla del río blanco. 10-agosto-2004. T. Laessoe, C. Padilla, T. Sanjuán y M. Villegas 11800. QCNE186554.

**Beauveria acridophila* (T. Sanjuan & S. Restrepo) T. Sanjuan, B. Shrestha, Kepler & Spatafora, *IMA Fungus* 8(2): 343 (2017). [MB#820883]. Paratipo. SUCUMBIOS: Cantón Shushufindi. Limoncocha. Reserva Biológica Limoncocha. 19-septiembre-2004. M. Villegas y C. Padilla 2509. QCNE186726.

**Beauveria locustiphila* (Henn.) B. Shrestha, Kepler & Spatafora. *IMA Fungus* 8(2): 345 (2017). [MB#820884]. Paratipo. ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 17-julio-2004. T. Laessoe y Mayer 11514. QCNE186267.

**Ophiocordyceps fulgoromorphila* Sanjuan, *Fungal Biology* 119(10): 911 (2015). [MB#805227]. Paratipo. ORELLANA: Cantón: Aguarico. Yasuní National Park. Tiputini field station. 13-julio-2004. T. Laessoe 11466. QCNE186286.

Listado de la colección de hongos del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE)

DIVISIÓN ASCOMYCOTA

SORDARIOMYCETIDAE

Lasiochaeriella nitida Huhndorf & F.A. Fernández, *Mycologia* 91(3): 545 (1999). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Perú Trail. 6-Marzo-2001. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4365. QCNE152142.

Lasiochaeriella pseudobombarda (Mont.) Huhndorf & F.A. Fernández, *Mycologia* 91(5): 922 (1999). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Perú Trail. 4-Marzo-2001. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4370. QCNE152143.

SORDARIOMYCETES

Stromatographium stromaticum (Berk.) Höhn. *Ergebth. Bot. Exp. Sudakras Deut. k. Ak. d. Wiss Wien* 83:37 (extr.) (1907). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 24-abril-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1296. QCNE201422.

BOLINIALES
BOLINIACEAE

Camarops ustulinooides (Henn.) Nannf. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 66 (4): 370 (1972). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Zamora. Parroquia El Tambo. Estación Científica San Francisco carretera Loja – Zamora. 28-marzo-2002. D. Suárez 1003. QCNE152129.

CHAETOSPHARIALES
CHAETOSPHAERIACEAE

Sporoschisma hemipsilum (Berk. & Broome) Zelski, A.N. Mill. & Shearer, *IMA Fungus* 5 (2): 433 (2014). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Chorongó Trail. 9-Marzo-2001. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4401. QCNE152148.

**Striatosphaeria codinaeaphora* Samuels & E. Müll., *Sydowia* 31 (1-6): 132 (1979). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, along road near Ceiba tree. 8-Marzo-2001. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4398. QCNE152176.

GEOGLOSSALES
GEOGLOSSACEAE

Sarcoleotia globosa (Sommerf.) Korf, *Phytologia* 21(4): 206 (1971). NAPO: Cantón Quijos. Parroquia Papallacta, páramo de la Virgen. 2-agosto-2004. T. Laessoe y K. Hansen 11747. QCNE 186446.

HELOTIALES
CHLOROCIBORIACEAE

Chlorociboria aeruginascens (Nyl.) Kanouse ex C.S. Ramamurthi, Korf & L.R. Batra, *Mycologia* 49: 858 (1958). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Zamora. Parroquia El Tambo. Estación Científica San Francisco carretera Loja – Zamora. 28-marzo-2002. D. Suárez 997. QCNE152105.

HELOTIACEAE

Bisporella citrina (Batsch) Korf & S.E. Carp., *Mycotaxon* 1 (1): 42 (1974). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque Cochapamba. 3-mayo-2003. C. Padilla, T. Sanjuán y R. Batallas 529. QCNE152760.

HEMIPHACIDIACEAE

**Encoelia cubensis* (Berk. & M.A. Curtis) Iturr., Samuels & Korf. *Mycotaxon* 52(1): 272 (1994). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Zamora. Parroquia El Tambo. Estación Científica San Francisco carretera Loja – Zamora. 28-marzo-2002. D. Suárez 1023a. QCNE152228.

**Encoelia* cf. *heteromera* (Mont.) Nannf., *Trans. Br. mycol. Soc.* 23(3): 239 (1939). ORELLANA: Cantón Francisco de Orellana. Inés Arango. Cerca de Barneno a orillas del río Cononaco, territorio Huahorani. 17-agosto-2004. L. Guzmán 9207. QCNE186203.



HYALOSCYPHACEAE

Hyaloscypha aureliella (Nyl.) Huhtinen, *Karstenia* 29 (2): 107 (1990). PICHINCHA: Cantón Quito. Volcán Pichincha, la Primavera N, side of quebrada. 21-julio-2003. T. Laessoe, K. Hansen, J. H Petersen y Alsgard Jensen 11544. QCNE186559.

HYPOCREALES

CLAVICIPITACEAE

**Conoideocrella luteostrata* (Zimm.) D. Johnson, G.H. Sung, Hywel-Jones & Spatafora, *Mycological Research* 113 (3): 286 (2008). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 20-junio-2010. M. Wherley, J. McAlpine y B. Roy 219. QCNE201903.
Nigelia martiale (Speg.) Luangsa-ard & Thanakitp., *Mycological Progress* 16 (4): 380 (2017). SUCUMBIOS: Cantón Shushufindi. Limoncocha. Reserva Biológica Limoncocha. 19-septiembre-2004. M. Villegas y C. Padilla 2498. QCNE152406.

CORDYCIPTACEAE

**Akanthomyces aculeatus* Lebert, *Z. Wiss. Zool.* 9: 449 (1858). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 17-julio-2004. T. Laessoe TL-A. QCNE201160.

Akanthomyces tuberculatus (Lebert) Spatafora, Kepler & B. Shrestha, *IMA Fungus* 8(2): 343 (2017). [MB#820863]. CARCHI: Cantón Espejo. Zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica El Angel, relictos de bosque de *Weimannia*. 14-octubre-2004. T. Sanjuán, M. Villegas y R. Batallas 523. QCNE152203.

Ascopolyporus villosus Möller, *Botanische Mittheilungen aus den Tropen* 9: 301 (1901). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 18-enero-2008. B. Dentsingen y T. Jenkinson 110. QCNE201901.

**Cordyceps farinosa* (Holmsk.) Kepler, B. Shrestha & Spatafora, *IMA Fungus* 8(2): 346 (2017). [MB#820979]. PICHINCHA: Cantón Pedro Vicente Maldonado. Km 105 via Pachijal, finca la nueva esperanza de Elly Richardson. 30-mayo-2003. T. Sanjuán y C. Padilla 394. QCNE186096.

**Cordyceps neogryllotalpae* Kobayasi, *Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo*, B 2(4): 143 (1976). SUCUMBIOS: Cantón Shushufindi. Parroquia Limoncocha. Reserva Biológica Limoncocha, sendero Pishira. 19-septiembre-2004. M. Villegas y C. Padilla 2498. QCNE186720.

Cordyceps nidus T. Sanjuán, Chir.-Salom. & S. Restrepo, *PLoS ONE* 12 (6): e0179428, 7 (2017). [MB#817601]. IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 01-enero-2019. N. Dueñas 11. QCNE246402.

**Cordyceps polyarthra* Möller, *Bot. Mitt. Trop.* 9: 213 (1901). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 17-julio-2004. T. Laessoe, Sanjuán y C. Padilla 11335. QCNE152163.

**Cordyceps pruinosa* Petch, *Transactions of the British Mycological Society* 10 (1-2): 38 (1924). IMBABURA: Cantón Cotacachi, García Moreno, Reserva Los Cedros. 24-diciembre-2018. P. Goyes, J. Flores y R. Vandegrift 12. QCNE246403.

**Cordyceps pseudonelumboides* Kobayasi & Shimizu, *Bulletin of the National Science Museum Tokyo* 8 (3): 80 (1982). SUCUMBIOS: Cantón Shushufindi. Limoncocha. Reserva Biológica Limoncocha. 17-septiembre-2004. M. Villegas y C. Padilla 2508. QCNE201461.

**Cordyceps takaomontana* Pyakush. Kumaz. *Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daig.* Sectec. B 5: 108 (1941). IMBABURA: Cantón Cotacachi, García Moreno, Reserva Los Cedros. 25-diciembre-2018. Wolk 14. QCNE246406.

Cordyceps tenuipes (Peck) Kepler, B. Shrestha & Spatafora, *IMA Fungus* 8 (2): 347 (2017). PICHINCHA: Cantones: Quito y Sto Domingo. Bosque Protector Río Guajalito (QUSF). 14-octubre-2004. R. Batallas, M. Villegas, C. Padilla y R. Leiva 822. QCNE152206.

HYPOCREACEAE

**Trichoderma lixii* (Pat.) P. Chaverri, Jaklitsch, Gazis, Degenkolb & Samuels, *Mycologia* 107(3): 578 (2015). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 18-enero-2008. B. Dentingen y T. Jenkinson 110. QCNE201901.

NECTRIACEAE

Nectria cf. cinnabarina (Tode) Fr., *Summa veg. Scand.*, Sectio Post. (Stockholm): 388 (1849). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station, sendero harpia. 13-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen, T. Sanjuán y C. Padilla 11467. QCNE152153.

**Neocosmospora solani* (Mart.) L. Lombard & Crous, *Stud. Mycol.* 80: 228 (2015). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station, sendero guacamayo. 13-julio-2004. T. Sanjuán, C. Padilla, T. Laessoe y J.H. Petersen 473b. QCNE152154.

OPHIOCORDYCEPITACEAE

Hirsutella fusiformis Speare, *Mycologia* 12(2): 70 (1920). PICHINCHA: Cantón Pedro Vicente Maldonado. Km 105 vía Pachijal, finca la Nueva Esperanza de Elly Richardson. 30-mayo-2003. T. Sanjuán y C. Padilla 395. QCNE186051.

Ophiocordyceps amazonica Henn, *Studies in Mycology* 57: 40 (2007). QCNE152202.

SUCUMBIOS: Cantón Shushufindi. Limoncocha. Reserva Biológica Limoncocha. 17-septiembre-2004. M. Villegas y C. Padilla 2499. QCNE152202.

Ophiocordyceps australis (Speg.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora, *Studies in Mycology* 57: 40 (2007). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Perú trail. 10-Marzo-2001. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4432. QCNE152107.

Ophiocordyceps caloceroides (Berk. & M.A. Curtis) Petch, *Trans. Br. mycol. Soc.* 18(1): 63 (1933). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 14-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen TL-C. QCNE201379.

Ophiocordyceps curculionum (Tul. & C. Tul.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora, *Studies in Mycology*. 57: 41 (2007). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha a 8 Km al este de Misahualli al sur del río Napo. 20-septiembre-2002. R. Batallas, A. Mariscal y L. Parra 342. QCNE152809.

Ophiocordyceps dipterigena (Berk. & Broome) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora, *Studies in Mycology* 57: 42 (2007). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Hostería El Encanto vía los Bancos - Santo Domingo, sobre la orilla del río blanco. 10-agosto-2004. T. Laessoe, C. Padilla, T. Sanjuán y M. Villegas 11802. QCNE186694.

Ophiocordyceps gracilioides Kobayasi, *Science Reports of the Tokyo Bunrika Daigaku* 5: 140 (1941). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 18-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen TL-B. QCNE201366.

**Ophiocordyceps melolonthae* Tul. & C. Tul.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora, *Studies in Mycology* 57: 44 (2007). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal, zona Gualea, Finca Mapali. 10-agosto-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 128. QCNE152207.



Ophiocordyceps nutans (Pat.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora, *Studies in Mycology* 57: 45 (2007). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 14-julio-2004. T. Laessoe y J.H. Petersen. TL-E. QCNE186500.

**Ophiocordyceps sphecocephala* (Klotzsch. Ex Berk.) G.H. Sung, Hywel-Jones & Spatafora, *Stud. Mycol.* 57: 47 (2007). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros, oso trail. 01-enero-2019. N. Dueñas 24. QCNE246415.

Ophiocordyceps unilateralis (Tul. & C. Tul.) Petch, *Trans. Br. mycol. Soc.* 16(1): 74 (1931). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha a 8 Km de puerto Misahualli margen derecha del río Napo. 29-septiembre-2002. R. Batallas, A. Mariscal y L. Parra 404. QCNE186013.

**Tolypocladium* cf. *inflatum* W. Gams, *Persoonia* 6(2): 185 (1971). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Hostería El Encanto vía los Bancos - Santo Domingo, sobre la orilla del río blanco. 10-agosto-2004. T. Sanjuán, T. Laessoe, M. Villegas y R. Batallas 503. QCNE186141.

JOBELLICIALES **JOBELLICIACEAE**

Jobellisia barrii Huhndorf, Lodge & F.A. Fern., *Sydowia* 51 (2): 186 (1999). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Garza Trail. 5-marzo-2001. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4351. QCNE152130.

BOLINIALES **PEZIZALES** **CALOSCYPHACEAE**

**Caloscypha fulgens* (Pers.) Boud, *Hist. Class. Discom. Eur.* (Paris): 54 (1907). CARCHI: San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. 25-agosto-2004. V. Jácome 86. QCNE186894.

MORCHELLACEAE

Morchella esculenta (L.) Pers., *Syn. meth. fung.* (Göttingen) 2: 618 (1801). PICHINCHA: Cantón Quito. Parroquia Lloa, Palmira sector quebrada "Baños". 16-abril-2003. K. Escobar y A. Luzuriaga 100. QCNE201301.

PEZIZACEAE

**Adelphella babingtonii* (Berk. & Broome) Pfister, Matočec & I. Kušan, *Mycologia Montenegrina* 11: 14 (2009) [2008]. NAPO: Cantón Quijos. Parroquia Papallacta, shrub along small river above "aguas termales". 22-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard 11580. QCNE201343.

PYRONEMATACEAE

**Aleuria aurantia* (Pers.) Fuckel, *Jb. nassau. Ver. Naturk.* 23-24: 325 (1870) [1869-70]. PICHINCHA: Cantón Quito. Parroquia Calacalí, Sector Yunguilla "La Liberia". 14-julio-2001. N. Osorio 53. QCNE 201197

Scutellinia scutellata (L.) Lambotte, *Mém. Soc. roy. Sci. Liège, Série 2* 14: 299 [prepr.] (1887) [1888]. PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque Rosa de los Andes. 10-mayo-2003. T. Sanjuán, C. Padilla y R. Batallas 373. QCNE152759.

SARCOSYPHACEAE

Cookeina speciosa (Fr.) Dennis, *Mycotaxon* 51: 239 (1994). AZUAY: Cantón Molleturo. 9-marzo-2001. Ernesto Muela 1. QCNE152109.

Cookeina tricholoma (Mont.) Kuntze, *Revis. gen. pl.* (Leipzig) 2: 849 (1891). NAPO: Cantón Tena. Parque Amazónico. 3-mayo-1999. D. Suárez 134. QCNE152106.

**Cookeina* cf. *venezuelae* (Berk. & M.A. Curtis) Le Gal, *Discomyc. Madagascar* (Paris): 239 (1953). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Hacienda la Espontánea cerca del río Mindo. D. Suárez 232. QCNE152115.

Phillipsia domingensis (Berk.) Berk. Ex Denison, *Mycologia* 61(2): 293 (1969). IMBABURA: Cantón Cotacachi, García Moreno. Reserva Los Cedros. 16-enero-2008. B. Dentingen y T. Jenkinson 82. QCNE201902.

**Wynnea americana* Thaxt., *Bot. Gaz.* 39: 241 (1905). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 18-enero-2011. B. Dentingen, T. Jenkinson y J. McAlpine 831. QCNE201915.

Wynnea gigantea Berk. & M.A. Curtis, *J. Linn. Soc. Bot.* 9: 424 (1867). QCNE244529. IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 30-abril-2014. D. Newman y S. Boden. QCNE244529.

PLEOSPORALES

MELANOMMATACEAE

Byssosphaeria jamaicana (Sivan.) M.E. Barr, *Mycotaxon* 20(1): 30 (1984). ORELLANA: Cantón Aguarico, Yasuní National Park, Perú Trail. 6-marzo-2001. F. A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4363. QCNE152079.

Byssosphaeria schiedermayeriana (Fuckel) M.E. Barr, *Mycotaxon* 20(1): 34 (1984). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Tinamu Trail. 5-marzo-2001. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4342. QCNE152080.

SORDARIALES

LASIOSPHAERIACEAE

Lasiosphaeria ellisii M.E. Barr, *Mycotaxon* 46: 48 (1993). ORELLANA: Cantón Aguarico, Yasuní National Park, Garza Trail. 5-marzo-2001. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4352. QCNE152093.

Lasiosphaeria rufula (Penz. & Sacc.) Rossman, *Mycologia* 69(2): 375 (1977). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Bariso Trail. 7-marzo-2001. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4377. QCNE152144.

Lasiosphaeria rugulosa (A.N. Mill. & Huhndorf) A.N. Mill. & Huhndorf, *Mycol. Res.* 108(1): 31 (2004). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Perú Trail. 5-marzo-2001. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4341. QCNE152093.



XYLARIALES
GRAPHOSTROMATACEAE

Biscogniauxia cf. *capnodes* var. *capnodes* (Berk.) Y.M. Ju & J.D. Rogers, *Mycotaxon* 66: 23 (1998). NAPO: Cantón Quijos. Parroquia Papallacta, sendero el arriero. *Polylepis* forest. 2-agosto-2004. T. Laessoe y K. Hansen 11750. QCNE186374.

Camillea lepieurii (Mont.) Mont., *Summa veg. Scand.*, Sectio Post. (Stockholm): 382 (1849). NAPO: Cantón Tena, Estación Biológica Jatun Sacha a 8 Km al este de Misahualli al sur del río Napo. 5-septiembre-2002. R. Batallas, A. Mariscal y L. Parra 261. QCNE186104.

**Camillea stellata* Læssøe, J.D. Rogers & Whalley, *Mycol. Res.* 93(2): 144 (1989). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 14-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11425. QCNE18654.

Camillea cf. *venezuelensis* (J.H. Mill.) Dennis, *Kew Bull.*, Addit. Ser. 3: 296 (1970). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 18-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11528. QCNE186328.

**Theissenia pyrenocrata* (Theiss.) Maubl. *Bull. Soc. mycol. Fr.* 30(1): 52 (1914). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 16-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11480. QCNE186421.

HYPOXYLACEAE

**Daldinia concentrica* (Bolton) Ces. & De Not., *Comm. Soc. crittog. Ital.* 1 (fasc. 4): 197 (1863). SUCUMBIOS: Cantón: Cuyabeno. Tarapora. Comunidad Siona de Sototsiya. 15-mayo-2005. X. Arturo 48. QCNE186914.

Jackrogersella multiformis (Fr.) L. Wendt, Kuhnert & M. Stadler, *Mycological Progress* 17 (1-2): 138 (2017). NAPO: Cantón Quijos. Parroquia Papallacta, Bellow Papallacta, just above Goango. 2-agosto-2004. T. Laessoe y K. Hansen 11556. QCNE186165.

Phylacia poculiformis (Mont.) Mont., *Annls Sci. Nat. Bot.*, sér. 4 3: 135 (1855). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Garza Trail. 5-marzo-2001. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4350. QCNE152161.

**Phylacia* cf. *surinamensis* (Berk. & M.A. Curtis) Dennis, *Kew Bull.* 12 (2): 325 (1957). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha a 8 Km al este de Misahualli al sur del río Napo. 11-septiembre-2002. R. Batallas, A. Mariscal y L. Parra 323. QCNE186037.

**Pyrenopolyporus nicaraguensis* (Ellis & Everh.) M. Stadler, Kuhnert & L. Wendt, *Mycological Progress* 17 (1-2): 150 (2017). QCNE186930. GALÁPAGOS: Santa Cruz. Los Gemelos zona de *Scalesia*. 24-agosto- 2005. Xavier Arturo 56. QCNE186930.

Thamnomycetes chordalis Fr., *Linnaea* 5: 534 (1830). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Hostería El Encanto vía los Bancos - Santo Domingo, sobre la orilla del río blanco. 10-agosto-2004. T. Laessoe, C. Padilla, T. Sanjuán y M. Villegas 11801. QCNE186555

**Thamnomycetes dendroideus* Cooke & Masee, *Grevillea* 16 (79): 69 (1888). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Hostería El Encanto vía los Bancos - Santo Domingo, sobre la orilla del río blanco. 10-agosto-2004. T. Laessoe, C. Padilla, T. Sanjuán y M. Villegas 11435. QCNE186256.

XYLARIACEAE

**Kretzschmaria* cf. *ceptrioides* (Welw. & Curr.) Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 2: XXIX (1883). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, Garza Trail. 5-marzo-2001. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4349. QCNE152131.

Kretzschmaria clavus (Fr.) Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 2: XXIX (1883). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 13-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11394. QCNE186472.

**Kretzschmaria lucidula* (Mont.) Dennis, *Kew Bull.*, Addit. Ser. 3: 300 (1970). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 6-enero-2012. B. Roy, D. Thomas y D. Simba 922. QCNE201921.

Kretzschmaria macrosperma (Mont.) J.D. Rogers & Y.M. Ju, *Mycotaxon* 68: 358 (1998). PICHINCHA: Cantón Quito, río Blanco afluente del río Cinto. 9-agosto-2002. M. Díaz, L. Pineida y O. Taimal 11. QCNE186199.

**Kretzschmaria cf. pavimentosa* (Ces.) P.M.D. Martin, *Jl S. Afr. Bot.* 42(1): 74 (1976). ORELLANA: Cantón Aguarico. Tiputini field station. 17-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11498. QCNE186332.

Nemania bipapillata (Berk. & M.A. Curtis) Pouzar, *Ceská Mykologie* 39 (1): 24 (1985). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 18-mayo-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1429. QCNE201942.

**Nemania diffusa* (Sowerby) Gray, *Nat. Arr. Brit. Pl.* (London) 1: 517 (1821). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. 25-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y C. Cárdenas-Batallas 11668. QCNE186515.

Stilbohypoxyton moelleri Henn., *Hedwigia* 41: 16 (1902). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park, along road near chorongo tree. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4411. QCNE152175.

**Xylaria allantoidea* (Berk.) Fr., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal.* Ser. 3 1(1): 127 (1851) [1855]. IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 11-mayo-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1446. QCNE201941.

**Xylaria anisopleura* (Mont.) Fr., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal.* Ser. 3 1(1): 127 (1851) [1855]. IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 7-enero-2012. B. Roy, D. Thomas y R. Vandegrift 936. QCNE201922.

Xylaria apiculata Cooke, *Grevillea* 8(46): 66 (1879). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 23-abril-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1313. QCNE201937.

**Xylaria atosphaerica* (Cooke & Masee) Callan & J.D. Rogers, *Mycotaxon* 36(2): 349 (1990). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 6-enero-2012. B. Roy y D. Thomas 907. QCNE201919.

Xylaria cf. coccophora Mont., *Annl. Sci. Nat., Bot.*, sér. 4 3: 109 (1855). ORELLANA: Cantón Aguarico. Yasuní National Park. 6-marzo-2001. F.A. Fernández, A.N. Miller y R. Briones 4356. QCNE152180.

Xylaria comosoides Læssøe, *Kew Bull.* 54(3): 611 (1999). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha a 8 Km de Puerto Misahualli margen derecha del Río Napo. 10-enero-2002. D. Suárez y M. Asanza. Informantes: Pedro Grefa y Angel Alvarado 985. QCNE152214.

Xylaria cubensis (Mont.) Fr., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal.* Ser. 3 1(1): 126 (1851) [1855]. Anamorph: *Xylocoremium flabeliforme* (Schwein.) J.D. Rogers, *Mycologia* 76(5): 914 (1984). PICHINCHA: Cantón Quito, suroriente SE of Nanegalito, Km 49, Puma Sacha, cascada del rayo. T. Laessoe, J.H. Petersen, C.A. Padilla y R. Batallas 11336. QCNE 186349.

Xylaria cuneata Lloyd, *Mycol. Writ.* 7(Letter 68): 1180 (1923). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 7-junio-2012. B. Roy, D. Thomas y D. Simba 954. QCNE201926.



Xylaria aff. curta Fr., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal. Ser. 3* 1(1): 126 (1851) [1855]. IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 5-enero-2012. B. Roy y D. Thomas 897. QCNE201916.

Xylaria enterogena Mont., *Syll. gen. sp. crypt.* (Paris): 203 (1856). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 21-enero-2010. M. Wherley, J. McAlpine y B. Roy 311. QCNE201913.

Xylaria fissilis Ces., *Atti Accad. Sci. fis. mat. Napoli* 8(3): 16 (1879). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 25-enero-2010. M. Wherley, J. McAlpine y B. Roy 448. QCNE201906.

**Xylaria fuscopurpurea* Laessøe & Lodge, *The Food Web of a Tropical Rain Forest*, Chicago: 87 (1996). PICHINCHA: Cantón San Miguel de Los Bancos. Parroquia Mindo. Reserva Mindo Lindo. Km 60 de la vía Calacalí. 4-febrero-2001. E. Muela y R. Batallas 7. QCNE152211.

Xylaria guianensis (Mont.) Fr., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal. Ser. 3* 1(1): 127 (1851) [1855]. NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha. 11-septiembre-2002. R. Batallas, A. Mariscal y L. Parra 331. QCNE186044.

Xylaria hyperythra (Mont.) Mont., *Syll. gen. sp. crypt.* (Paris): 202 (1856). ORELLANA: Cantón Aguarico. Tiputini field station. 13-julio-2004. T. Laessøe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen, C.A. 11405. QCNE186264.

Xylaria hypoxylon (L.) Grev., *Fl. Edin.*: 355 (1824). PICHINCHA: Cantón Quito. Guala Cruz, parche A, sureste 35° de Guala Cruz. 6-agosto-2000. D. Suárez, G. Pérez y M. Arévalo 279. QCNE152184.

**Xylaria kegeliana* (Lév.) Fr., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal. Ser. 3* 1(1): 125 (1851) [1855]. IMBABURA: Cantón Cotacachi, García Moreno. Reserva Los Cedros. 26-abril-2014. R. Vandegrift 1245. QCNE201934.

**Xylaria melanura* (Lév.) Sacc., *Syll. fung., Addit. I-IV* (Abellini): 403 (1886). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 22-enero-2010. M. Wherley, J. McAlpine y B. Roy 375. QCNE201912.

Xylaria meliacearum Laessøe, *Mycologia* 86(3): 441 (1994). IMBABURA: Cantón Cotacachi, García Moreno. Reserva Los Cedros. 9-enero-2012. B. Roy, D. Thomas y D. Simba 959. QCNE201931.

Xylaria mellissii (Berk.) Cooke, *Grevillea* 11 (59): 85 (1883). PICHINCHA: Cantón San Miguel de Los Bancos. Parroquia Mindo. Reserva Mindo Lindo. Km 60 de la vía Calacalí. 4-febrero-2001. R. Batallas 12. QCNE152189.

**Xylaria microceras* (Mont.) Berk., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal. Ser. 3* 1(1): 128 (1851) [1855]. ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 16-julio-2004. T. Laessøe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11388. QCNE247557.

Xylaria multiplex (Kunze) Fr., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal. Ser. 3* 1(1): 127 (1851) [1855]. IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 26-enero-2010. F. Bechtolsheim y J. McAlpine 508. QCNE201909.

**Xylaria cf. nodulosa* Lloyd, *Mycol. Writ.* 6(Letter 64): 1007 (1920) [1921]. SUCUMBOS: Cantón: El Dorado de Cascales. Campo Bermejo. 1-mayo-2001. D. Suárez 403. QCNE152190.

Xylaria obovata (Berk.) Berk., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal. Ser. 3* 1(1): 127 (1851) [1855]. PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados. Estación Biológica Gustavo Orcés, km 11 1/2 vía Quevedo. 4-diciembre-1999. D. Suárez, G. Pérez y M. Trujillo 208b. QCNE152216.

- Xylaria ophiopoda* Sacc., *Anns mycol.* 4(1): 74 (1906). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 6-enero-2012. B. Roy y D. Thomas 911. QCNE201920.
- Xylaria palmicola* G. Winter, *Grevillea* 15 (75): 89 (1887). ORELLANA: Cantón: Aguatico. Tiputini field station. 17-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11503. QCNE186308.
- Xylaria schweinitzii* Berk. & M.A. Curtis, *J. Acad. nat. Sci. Philad.*, N.S. 2(6): 284 (1854) [1853]. IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 5-enero-2012. B. Roy y D. Thomas 880. QCNE201946.
- Xylaria scruposa* (Fr.) Fr., *Nova Acta R. Soc. Scient. upsal.* Ser. 3 1(1): 127 (1851) [1855]. PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados. Sector finca "la Chamarra", vía Sto. Domingo-Quininde km 16. Rosa Batallas 268. QCNE152200.
- **Xylaria subtorulosa* Speg., *Boln Acad. Nac. Cienc. Córdoba* 11(4): 515 (1889). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 9-enero-2012. B. Roy, D. Thomas, D. Simba, R. Vandegrift 1026. QCNE201923.
- Xylaria telfairii* (Berk.) Sacc., *Sylogoe Fungorum* 1: 320 (1882). ORELLANA: Estación IAMOE 65 km al sur del Coca. Vía Pindo-Auca. 27-julio-2000. Jean Quezada Lucero. QCNE152192.
- Xylaria tuberosoides* Rehm, *Hedwigia* 40: 146 (1901). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, L. Luzuriaga y M. Ortega 42. QCNE152118.
- **Xylaria venosula* Speg., *Boln Acad. Nac. Cienc. Córdoba* 11(4): 511 (1889). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 7-enero-2012. B. Roy, D. Thomas y R. Vandegrift 942. QCNE201924.
- Xylospheera comosa* (Mont.) Dennis, *Kew Bull.* [13](1): 103 (1958). PICHINCHA: Cantón Quito. Gualea Cruz, parche A, sureste 35° de Gualea Cruz. D. Suárez y M. Arévalo 257. QCNE152868.
- Xylospheera xanthinovelutina* (Mont.) Dennis, *Kew Bull.* [13](1): 104 (1958). ORELLANA: Cantón: Aguatico. Tiputini field station. 16-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11484. QCNE186313.

XYLOBOTRIALES

XYLOBOTRIACEAE

- **Xylobotryum andinum* Pat. *Bull. Herb. Boissier* 3(1): 69 (1895). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 29-diciembre-2018. Oblando y Lomas 31. QCNE246401.
- Xylobotryum portentosum* (Mont.) Pat., *Bull. Soc. mycol. Fr.* 16(4): 185 (1900). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 17-abril-2014. R. Vandegrift 1277. QCNE201420.
- Xylobotryum rickii* (Theiss.) Lloyd. *Mycol. Writ.* 7(Letter 75): 1350 (1925). SUCUMBOS: Cantón Gonzalo Pizarro. Lumbaquí, dentro del derecho de vía del OCP. 28-mayo-2002. D. Suárez, S. Endara y C. Morales 1056. QCNE152227.

DIVISIÓN BASIDIOMYCOTA

AGARICOMYCETES

- **Cotylidia aurantiaca* (Pat.) A.L. Welden, *Lloydia* 21: 40 (1958). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, L. Luzuriaga y M. Ortega 45. QCNE152279.



Cotyldia diaphana (Cooke) Lentz, *Agric. Monogr. U.S.D.A.* 24: 12 (1955). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 15-diciembre-2018. D. Newman QCNE201612.

AGARICALES AGARICACEAE

**Agaricus minor* J.F. Gmel., *Syst. Nat.*, Edn 13 2(2): 1398 (1792). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 25-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y C. Cárdenas-Batallas, K. 11645. QCNE186508.

**Agaricus sylvaticus* Schaeff., *Fung. bavar. palat. nasc.* (Ratisbonae) 4: 62 (1774). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque Cochapamba. 3-mayo-2003. T. Sanjuán, C. Padilla y R. Batallas 365. QCNE152232.

**Battarrea phalloides* (Dicks.) Pers., *Syn. meth. fung.* (Göttingen) 1: xiv, 129 (1801). PICHINCHA: Cantón Pedro Moncayo. Malchinguí. Bosque Protector Jerusalem, sendero avifauna. 7-mayo-2006. R. Batallas y A. Troya 1138. QCNE201080.

Bovista plumbea Pers., *Ann. Bot. (Usteri)* 15: 4 (1795). NAPO: Cantón Quijos. Papallacta. Reserva Ecológica Antisana. 12-febrero-1999. D. Suárez, J. Quezada 123. QCNE201060.

**Chlorophyllum molybdites* (G. Mey.) Masse., *Bull. Misc. Inf., Kew.* 136 (1898). MANABÍ: Cantón Puerto López, Mantaraya Lodge 2 km south of Puerto López. 29-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen. 11702. QCNE186469.

Crucibulum laeve (Huds.) Kambly, *Gast. Iowa*: 167 (1936). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque de Cochapamba. 3-mayo-2003. T. Sanjuán, C. Padilla y R. Batallas 365. QCNE152873.

**Cystolepiota luteohemisphaerica* (Dennis) I. Saar & Læssøe, *Mycotaxon* 104: 317 (2008) MANABÍ: Cantón Puerto López, Rio Ayampe near the village. 31-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard 11724. QCNE186439.

Cystolepiota pulverulenta (Huijsman) Vellinga, *Persoonia* 14 (4): 407 (1992). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 3-mayo-2003. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11643. QCNE186525.

**Leucoagaricus sulphurellus* (Pegler) B.P. Akers, *Mycotaxon* 76: 48 (2000). MANABÍ: Cantón Puerto López, Mantaraya Lodge 2 km south of Puerto López. 29-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen. 11713. QCNE186391.

**Leucocoprinus fragilissimus* (Ravenel ex Berk. & M.A. Curtis) Pat., *Essai Tax. Hyménomyc.* (Lons-le-Saunier): 171 (1900). MANABÍ: Cantón Puerto López, Mantaraya Lodge 2 km south of Puerto López. 29-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen. 11704. QCNE186386.

Lycogalopsis solmsii E. Fisch., *Ber. dt. bot. Ges.* 4: 197 (1886). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha. 11-septiembre-2002. R. Batallas, A. Mariscal y L. Parra 325. QCNE186039.

Lycoperdon perlatum Pers., *Observ. mycol.* (Lipsiae) 1: 4 (1796). PICHINCHA: Cantón Quito, Nono. Reserva Orquideológica Pahuma, sendero Oreja de Mono. 14-diciembre-2002. R. Martínez y D. Barrera 27. QCNE152359.

**Lycoperdon pisiforme* Henn., *Monsunia* 1: 158 (1899) [1900]. CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 17-abril -2009. A. Toapanta 01. QCNE244856.

Melanophyllum haematosperrum (Bull.) Kreisel, *Feddes Repert. Spec. Nov. Regni Veg.* 95(9-10): 700 (1984). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 17-julio-2001. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11509. QCNE186333.

Nidula macrocarpa Lloyd, *Mycol. Writ.* 5(Letter 51): 731 (1917). NAPO: Cantón Quijos. Just below Papallacta pass, paramo El Virgen. 11-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11363. QCNE186531.

BOLBITIACEAE

Rhodoarrhenia cyphelloides (Lloyd) Singer, *Sydowia* 17(1-6): 143 (1964). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 16-abril-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1234. QCNE201421.

CLAVARIACEAE

**Clavaria* aff. *taxophila* Lloyd, *Mycol. Writ.* 6(Letter 64): 1008 (1920) [1921]. CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 25-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y C. Cárdenas-Batallas, K. 11687. QCNE186523.

**Clavulinopsis* aff. *antillarum* (Pat.) Courtec, *Docums Mycol.* 33(131): 36 (2004). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Los Bancos km 79 de la carretera Calacalí-La Independencia. Bosque Protector Mindo Lindo. 31-julio-2003. D. Suárez 843. QCNE201684.

**Clavulinopsis laeticolor* (Berk. & M.A. Curtis) R.H. Petersen, *Mycologia* 57(4): 522 (1965). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Zamora. El Tambo. Estación Científica San Francisco carretera Loja-Zamora. 28-marzo-2002. D. Suárez 1006. QCNE152262.

**Ramariopsis minutula* (Bourdot & Galzin) R.H. Petersen, *Mycologia* 58(2): 202 (1966). PICHINCHA. Bosque Protector Río Guajalito, sendero los españoles. Km 59 de la antigua vía a Santo Domingo de los Colorados. 20-diciembre-2003. G. Martínez 6. QCNE186751.

CYPHELLACEAE

Campanophyllum proboscideum (Fr.) Cifuentes & R.H. Petersen, *Mycol. Progr.* 2(4): 289 (2003). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 23-julio-2004. T. Laessoe, J. H Petersen y T. Sanjuán 11600. QCNE186482.

ENTOLOMATACEAE

**Entoloma dunstervillei* (Dennis) E. Horak, *Sydowia* 30(1-6): 51 1977 (1978). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 12-junio-2008. B. Dentingen y T. S. Jenkinson 19. QCNE201352.

HYDNANGIACEAE

Laccaria amethystina Cooke, *Grevillea* 12(63): 70 (1884). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 7-diciembre-2002. C. Cárdenas y C. Padilla 22. QCNE152696.

Laccaria fraterna (Sacc.) Pegler, *Aust. J. Bot., Suppl. Ser.* 13(2): 332 (1965). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha, SE de Quito, loma el Ungui, Ciudadela Tarqui. 7-diciembre-2002. R. Batallas, C. Padilla y I. Jalca 534. QCNE152341.



**Laccaria laccata* (Scop.) Cooke, *Grevillea* 12(63): 70 (1884). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha, Sector Bosque de Cochapamba. 13-abril-2005. C. Rivadeneira-Roura y J. Salazar 55. QCNE186965.

HYGROPHORACEAE

**Hygrocybe coccinea* (Schaeff.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 112 (1871). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualera, Finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, L. Luzuriaga y M. Ortega 32. QCNE152333.

Hygrocybe conica (Schaeff.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 111 (1871). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha, Sector Bosque de Cochapamba. 21-abril-2002. T. Sanjuán 235. QCNE201503.

**Hygrocybe hypohaemacta* (Corner) Pegler, *Kew Bull.* 32(2): 299 (1978). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 20-enero-2010. M. Wherley, J. McAlpine y B. Roy 272. QCNE201373.

Hygrocybe miniata (Fr.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 112 (1871). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Zamora. El Tambo. Estación Científica San Francisco carretera Loja-Zamora. 28-marzo-2002. D. Suárez 100. QCNE152332.

HYMENOGASTRACEAE

Gymnopilus lepidotus Hesler, *Mycol. Mem.* 3: 40 (1969). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 13-junio-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 41. QCNE201356.

Psilocybe cubensis (Earle) Singer, *Sydowia* 2(1-6): 37 (1948). ESMERALDAS: Cantón Muisne. Muisne – Monpiche, carretera hacia la casa del prefecto. 19-julio-2002. T. Sanjuán 531. QCNE186163.

**Psilocybe plutonia* (Berk. & M.A. Curtis) Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 5: 1056 (1887). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 31-junio-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 130. QCNE201367.

**Psilocybe subzapotecorum* Guzmán, *Docums Mycol.* 29(116): 46 (2000). PICHINCHA: Cantón Quito. Nono. Reserva Orquideológica Pahuma, sendero Oreja de Mono. 14-diciembre-2002. R. Martínez y D. Barrera 32. QCNE152989.

**Psilocybezapotecorum* R. Heim, *Revue Mycol.*, Paris 22: 77 (1957). PICHINCHA: Cantón Quito. Nono. Reserva Orquideológica Pahuma, sendero Oreja de Mono. 14-diciembre-2002. R. Martínez y D. Barrera 22. QCNE152739.

INOCYBACEAE

**Crepidotus eucalypticola* Singer, *Nova Hedwigia* 29 (1-2): 73 (1977). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha, Sector Bosque de Cochapamba. 03-mayo-2003. T. Sanjuán 597. QCNE201548.

**Crepidotus pallidus* (Berk. & Broome) Knudsen, *Cladistics* 26: 67 (2010). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 17-julio-2004. T. Laessle, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11513. QCNE186322.

**Crepidotus variabilis* (Pers.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 74 (1871). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 29-diciembre-2004. V. Jácome 84. QCNE201434.

LYOPHYLLACEAE

**Lyophyllum decastes* (Fr.) Singer, *Lilloa* 22: 165 (1951) [1949]. LOJA: Cantón Saraguro. Bosque protegido por comunidades kichwas "Washapamba". 1-agosto-2003. S.Villamar 58. QCNE152369.

MARASMIACEAE

Marasmius aciculiformis Berk. & M.A. Curtis, *J. Linn. Soc., Bot.* 10(45): 297 (1868) [1869]. PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Santuario de las cascadas. 15-julio-2001. R. Batallas 168. QCNE152369.

Marasmius berteroi (Lév.) Murrill, *N. Amer. Fl.* (New York) 9(4): 267 (1915). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, L. Luzuriaga y M. Ortega 14. QCNE152370.

Marasmius cladophyllus Berk., *Hooker's J. Bot. Kew Gard. Misc.* 8: 138 (1856). PICHINCHA: Cantón Quito. Nono. Reserva Orquideológica Pahuma, sendero Oreja de Mono. 14-diciembre-2002. R. Martínez y D. Barrera 38. QCNE 152756.

Marasmius crinis-equi F. Muell. Ex Kalchbr. *Grevillea* 8(48): 153 (1880).IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 13-junio-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 41. QCNE201356.

**Marasmius* aff. *oreades* (Bolton) Fr., *Anteckn. Sver. Ätl. Svamp.*: 52 (1836). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 10-agosto-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, L. Luzuriaga y M. Ortega 111. QCNE152367.

**Marasmius* cf. *plicatulus* Peck, *Bull. Torrey bot. Club* 24: 142 (1897). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, L. Luzuriaga y M. Ortega 13. QCNE152308.

Marasmius siccus (Schwein.) Fr., *Epicr. syst. mycol.* (Upsaliae): 382 (1838) [1836-1838]. PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados. Sector finca "La Chamarra", vía Sto. Domingo-Quininde Km 16. 19-enero-2002. R. Batallas 259. QCNE 152375.

**Nothopanus candidissimus* (Sacc.) Kühner, *Bull. mens. Soc. linn. Lyon* 49(Num. Spéc.): 895 (1980). IMBABURA: Cantón Cotacachi, Sector Plaza Guitiérrez. Intag. Protector San Luis de Toabuche. 17-julio-2001. N. Chasiliquin y A. Troya 014. QCNE152361.

Tetrapyrgos alba (Berk. & M.A. Curtis) E. Horak, *Sydowia* 39: 101 (1987) [1986]. MORONA SANTIAGO: Cantón Morona. San Isidro. Parque Nacional Sangay, Bosque Domono. 25-agosto- 2005. K. Villavicencio y J. Gualotuña 45. QCNE186932.

**Tetrapyrgos nigripes* (Fr.) E. Horak, *Sydowia* 39: 102 (1987). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 16-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11469. QCNE186314.

Trogia cantharelloides (Mont.) Pat., *Essai Tax. Hyménomyc.* (Lons-le-Saunier): 129 (1900). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 13-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen & A. Alsgard Jensen 113959. QCNE186275.

**Trogia icterina* (Singer) Corner, *Monogr. Cantharelloid Fungi*: 218 (1966). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 9-enero-2012. R. Dentinger, T.S. Jenkinson y J. McAlpine 814. QCNE201385.



MYCENACEAE

- **Favolaschia calocera* R. Heim, *Revue Mycol.*, Paris 31(2): 154 (1966). QCNE186298.
ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 16-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. A. Alsgard Jensen 11473. QCNE186298
Filoboletus gracilis (Klotzsch ex Berk.) Singer, *Lloydia* 8(3): 216 (1945). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 12-junio-2008. R. Dentinger, T.S. Jenkinson 3. QCNE201347.
**Hydropus cavipes* (Pat. & Gaillard) Dennis, *Kew Bull.*, Addit. Ser. 3: 42 (1970). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 5-febrero-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 144. QCNE201369.
Hydropus nigrita (Berk. & M.A. Curtis) Singer, *Beih. Sydowia* 7: 55 (1973). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 30-abril-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1286. QCNE201419.
Mycena acicula (Schaeff.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 109 (1871). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque Rosa de los Andes. 10-mayo-2003. T. Sanjuán, C. Padilla y R. Batallas 374. QCNE 152426.
Mycena alcalina (Fr.) P. Kumm. *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 109 (1871). PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados. Sector finca "La Chamarra", vía Sto. Domingo-Quinde Km 16. 19-enero-2002. R. Batallas 263. QCNE 152434.
Mycena aff. *alphitophora* (Berk.) Sacc, *Syll. fung.* (Abellini) 5: 290 (1887). QCNE247883.
IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 23-abril-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1293. QCNE247883.
Mycena citricolor (Berk. & M.A. Curtis) Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 5: 263 (1887). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 23-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y T. Sanjuán 11603. QCNE186485.
**Mycena chloroxantha* Singer, *Cryptog. Mycol.* 4(1): 114 (1983). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 29-diciembre-2018. Oblando y Lomas 38. QCNE246441.
Mycena filopes (Bull.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 110 (1871). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 29-diciembre -2004. V. Jácome 93C. QCNE201436.
Mycena holoporphrya (Berk. & M.A. Curtis) Singer, *Sydowia* 15(1-6): 64 (1962) [1961]. CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 29-diciembre -2004. V. Jácome 95. QCNE201437.
**Mycena* cf. *luteopallens* (Peck) Peck, *Bull. N.Y. St. Mus. nat. Hist.* 1(no. 2): 12 (1887). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 29-diciembre -2004. V. Jácome 92. QCNE201431.
**Mycena maculata* P. Karst., *Meddn Soc. Fauna Flora fenn.* 16: 89 (1890) [1889]. PICHINCHA: Cantón Quito. Calacalí. Reserva Geobotánica Pululahua, sendero el chivo. 27-agosto-2004. M. F. Villamil 74. QCNE186901.
Mycena pura (Pers.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 107 (1871). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 12-junio-2008. R. Dentinger, T.S. Jenkinson 5. QCNE201349.
**Mycena sanguinolenta* (Alb. & Schwein.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 108 (1871). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 29-diciembre -2004. V. Jácome 82. QCNE186895.
**Panellus luteus* (Dennis) Singer, *Beih. Sydowia* 7: 32 (1973). SUCUMBOS: Cantón Dorado de Cascales. Campo Bermejo. 29-abril-2001. D. Suárez 380. QCNE152440.

Panellus pusillus (Pers. ex Lév.) Burds. & O.K. Mill., *Beih. Nova Hedwigia* 51: 85 (1975). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha, loma el Ungui, Ciudadela Tarqui. 7-diciembre-2002. R. Batallas, C. Padilla y I. Jalca 533. QCNE152301.

Resinomycena saccharifera (Berk. & Broome) Redhead, *Can. J. Bot.* 62(9): 1850 (1984).

ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 18-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11527. QCNE186293.

Xeromphalina tenuipes (Schwein.) A.H. Sm., *Pap. Mich. Acad. Sci.* 38: 84 (1953). SUCUMBIOS: Cantón Sushufindi. Limoncocha. Reserva Biológica Limoncocha. 17-septiembre-2004. M. Villegas y C. Padilla 2490. QCNE201174.

OMPHALOTACEAE

**Gymnopus androsaceus* (L.) Della Maggiora & Trassinelli, *Index Fungorum* 171: 1 (2014). SUCUMBIOS: Cantón Dorado de Cascales. Campo Bermejo. 21-abril-2001. D. Suárez 384. QCNE152366.

Gymnopus montagnei (Berk.) Redhead, *Index Fungorum* 148: 1 (2014). SUCUMBIOS: Cantón: Gonzalo Pizarro. Lumbaquí. Dentro del derecho de vía del OCP. 18-mayo-2002. D. Suárez, S. Endara y C. Morales 1043. QCNE152992.

Gymnopus macropus Halling, *Brittonia* 48(4): 490 (1996). AZUAY: Cantón: Cuenca. Parque Nacional Cajas, sector laguna a Llaviuvu, sendero turístico. 25-octubre-2005. G. F. Bråulete 84. QCNE201334.

**Marasmiellus candidus* (Fr.) Singer, *Pap. Mich. Acad. Sci.* 32: 129 (1948) [1946]. CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 21-marzo-2009. D. Medina 87. QCNE244831.

Marasmiellus volvatus Singer, *Feldiana Botany* 21: 37 (1989). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 17-julio-2001. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11493. QCNE186327.

**Lentinula edodes* (Berk.) Pegler, *Kavaka* 3: 20 (1976). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 27-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y C. Cárdenas-Batallas 11641. QCNE186411.

**Rhodocollybia amica* J.L. Mata & Halling, *Mycol. Progr.* 3(4): 339 (2004). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 22-junio-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 119. QCNE201366.

PHYSALACRIACEAE

Armillaria puiggarii Speg., *Boln Acad. nac. Cienc. Córdoba* 11(4): 384 (1889). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 14-junio-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 53-A. QCNE201357.

**Flammulina callistosporioides* (Singer) Singer, *Darwiniana* 13: 183 (1964). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 25-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y C. Cárdenas-Batallas, K. 11641. QCNE186412.

Gloiocephala epiphylla Masee, *Grevillea*: 34 (1892). IMBABURA: Cantón Cotacachi, García Moreno, Reserva Los Cedros. 18-junio-2008. R. Vandegrift y D. Newman 1510. QCNE201364.

Oudemansiella canarii (Jungh.) Höhn., *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Math.-naturw. Klasse Abt. I* 118: 276 [2 repr.] (1909). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 18-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11538. QCNE186324.



PLEUROTACEAE

**Hohenbuehelia angustata* (Berk.) Singer, *Lilloa* 22: 255 (1951). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 18-junio-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 96. QCNE201431.

Pleurotus djamor (Rumph. ex Fr.) Boedijn, *Rumphius Memorial Volume*: 292 (1959). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha, a 8 Km al este de Misahualli, al margen derecho del río Napo 11-septiembre-2002. D. Suárez y S. Villamarín 975. QCNE152476.

PLUTEACEAE

**Pluteus laetifrons* (Berk. & M.A. Curtis) Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 5: 677 (1887). NAPO: Cantón El Chaco, N of town at small crossing. 2-agosto-2004. D.T. Laessoe y K. Hansen 11774. QCNE201386.

**Pluteus romellii* (Britzelm.) Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 11: 44 (1895). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 13-junio-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 40. QCNE201355.

POROTHELEACEAE

**Phloeomana speirea* (Fr.) Redhead, *Index Fungorum* 15: 2 (2013). PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados. Sector finca "La Chamarra", vía Sto. Domingo-Quinde Km. 19-enero-2002. R. Batallas 263. QCNE152434.

PSATHYRELLACEAE

Coprinellus disseminatus (Pers.) J.E. Lange, *Dansk bot. Ark.* 9(no. 6): 93 (1938). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 22-enero-2010. B. Roy, M. Wherley y J. McAlpine 372. QCNE241572.

Coprinellus micaceus (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson, *Taxon* 50 (1): 234 (2001). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque Cochapamba. 3-mayo-2003. T. Sanjuán, C. Padilla y R. Batallas 364. QCNE152297.

**Coprinopsis nivea* (Pers.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo, *Taxon* 50(1): 229 (2001). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque de Cochapamba. 3-mayo-2003. T. Sanjuán, C. Padilla y R. Batallas 356. QCNE152296.

**Panaeolus acuminatus* (P. Kumm.) Quél., *Mémoires de la Société d'Émulation de Montbéliard* Sér. 2, 5: 257 (1872). PICHINCHA: Cantón Quito. Calacalí. Reserva Geobotánica Pululahua. 24-agosto-2004. M. F. Villamil 61. QCNE201442.

Panaeolus papilionaceus (Bull.) Quél., *Mém. Soc. Émul. Montbéliard*, Sér. 2 5: 152 [122 repr.] (1872). PICHINCHA: Cantón Quito. El Batán. Parque Metropolitano de Quito, sendero de trote sentido norte-sur. 14-diciembre-2002. D. E. Zambrano 26. QCNE201386.

Panaeolus semiovatus (Sowerby) S. Lundell & Nannf., *Fungi Exsiccati Suecici* Fasc. 11-12: no. 537 (1938). COTOPAXI: Cantón Sigchos. Parroquia Huacusi, Huacusi cerca del río Toachi. 12-agosto-1998. D. Suárez 11. QCNE201014.

**Psathyrella corrugis* (Pers.) Konrad & Maubl., *Encyclop. Mycol.* (Paris) 14: 123 (1949) [1948]. PICHINCHA: Cantón Quito. El Batán. Parque Metropolitano de Quito, sendero de trote sentido este-oeste. 14-diciembre-2002. D. E. Zambrano 22. QCNE201382.

PTERULACEAE

**Deflexula* cf. *major* Corner, *Annals of Botany* 16: 277 (1952). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 15-enero-2011. B. Dentinger, T.S. Jenkinson y J. McAlpine 809. QCNE201393.

**Deflexula* cf. *subsimplex* (Henn.) Corner, *Annals of Botany* 16: 279 (1952). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 18-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11525. QCNE186329.

**Pterula brunneosetosa* Corner, *Annals of Botany* 16 (4): 566 (1952). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 24-julio-2004. Laessoe, J.H Petersen y C. Cárdenas-Batallas, 11639. QCNE186506.

**Pterula echo* D.J. McLaughlin & E.G. McLaughlin, *Canadian Journal of Botany* 58 (12): 1328 (1980). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 20-enero-2010. M. Wherler, J. McAlpine y B. Roy 240. QCNE201372.

**Pterula robusta* Corner, *Proceedings of the Linnean Society London* 178: 101 (1967). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 20-enero-2010. M. Wherler, J. McAlpine y B. Roy 273. QCNE201374.

**Pterula secundiramea* (Lév.) Speg., *Boln Acad. nac. Cienc. Córdoba* 11(4): 466 (1889). PICHINCHA: Cantón Quito. Nono. Reserva Orquideológica "El Pahuma". Km 43 vía Calacalí-La Independencia. 24-septiembre-2004. M. Villegas, C. Padilla y R. Leyva 2510. QCNE 244741.

SCHIZOPHYLLACEAE

Schizophyllum commune Fr., *Observ. mycol.* (Havniae) 1: 103 (1815). COTOPAXI: Cantón Sigchos. Parroquia Huacusi, Propiedad Fmlia. Caisapanta Maldonado, cerca del río Toachi. 12-agosto-1998. D. Suárez 12. QCNE201192.

**Schizophyllum fasciatum* Pat., *J. Bot.*, Paris 1: 170 (1887). QCNE186946. PICHINCHA: Cantón Mejía. Uyumbicho. Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, sendero rojo. 11-mayo-2005. F. Salazar 88. QCNE186946.

STROPHARIACEAE

**Deconica coprophila* (Bull.) P. Karst., *Bidr. Känn. Finl. Nat. Folk* 32: 515 (1879). QCNE201428. IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 15-mayo-2014. R. Vandegrift, D. Newman y S. Boden 1396. QCNE201428.

Hypholoma fasciculare (Huds.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 72 (1871). QCNE186281. ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 18-julio-2004. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11518. QCNE186281.

TRICHOLOMATACEAE

Collybia syringea Singer, *Mycologia* 47(5): 768(1955). MANABÍ: Cantón Puerto López, Rio Ayampe near the village. 31-julio-2004. T. Laessoe, K Hansen, J.H Petersen y A. Alsgard 11735. QCNE186443.

**Collybia tuberosa* (Bull.) P. Kumm., *Führ. Pilzk.* (Zerbst): 119 (1871). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 24-julio-2004. D. Suárez 513. QCNE152270.



**Phyllostopsis* cf. *subnidulans* (Overh.) Singer, *Beih. Botan. Centralbl.*, Abt. B 56: 143 (1936). CARCHI: Cantón Espejo. Zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica "El Ángel", sector El Voladero. 1-octubre-2004. M. Villegas, T. Sanjuán, C. Padilla y R. Leyva 2532. QCNE201121

TYPHULACEAE

**Macrotyphula* aff. *rhizomorpha* R.H. Petersen, *Bull. N.Z. Dept. Sci. Industr. Res., Pl. Dis. Div.* 236: 80 (1988). PICHINCHA: Cantones: Quito y Mejía. Reserva Biológica Río Guajalito. Km 59 de la vía antigua Quito - Sto. Domingo. 15-octubre-2004. M. Villegas 2567. QCNE201092.

AURICULARIALES

AURICULARIOMYCETIDAE

Pseudohydnum gelatinosum (Scop.) P. Karst., *Not. Sällsk. Fauna et Fl. Fenn. Förh.* 9: 374 (1868). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Zamora. El tambo. Estación Científica San Francisco carretera Loja-Zamora. D. Suárez 1005. QCNE152737.

AURICULARIACEAE

Auricularia auricula-judae (Bull.) Quél., *Enchir. fung.* (Paris): 207 (1886). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 6-agosto-2000. D. Suárez y M. Arévalo 302 QCNE201224.

Auricularia cornea Ehrenb., *Horae Phys. Berol.*: 91 (1820). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 85. QCNE2152172.

Auricularia delicata (Mont. ex Fr.) Henn., *Bot. Jb.* 17: 492 (1893). PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados, km 11 1/2 vía Quevedo. Estación Biológica Gustavo Orcés. 4-diciembre-1999. D. Suárez, G. Pérez y M. Trujillo 222. QCNE152237.

Auricularia fuscusuccinea (Mont.) Henn., *Bot. Jb.* 17: 19 (1893). PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados, km 11 1/2 vía Quevedo. Estación Biológica Gustavo Orcés. 2-junio-1999. D. Suárez, G. Pérez y M. Trujillo 226. QCNE152818.

Auricularia mesenterica (Dicks.) Pers., *Mycol. eur.* (Erlanga) 1: 97 (1822). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 123. QCNE2152251.

Auricularia nigricans (Sw.) Birkebak, Looney & Sánchez-García, *N. Amer. Fung.* 8(6): 12 (2013). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 15-enero-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 57. QCNE201361.

BOLETALES

BOLETINELLACEAE

Boletinus exiguus (Singer & Digilio) Watling, *Edinburgh Journal of Botany* 54: 243 (1997). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegalito, sector Pachijal Km 69 vía Calacalí - Los Bancos. 14-julio-2001. R. Batallas y 4 "G" Ecoturismo. Proyecto Ecoturístico MANA RIKSISHKA URKU 470. QCNE152806.

Boletinus monticola (Singer) Watling, *Edinb. J. Bot.* 54(2): 245 (1997). NAPO: Cantón Quijos. Parroquia Papallacta, Below Papallacta, just in disturbed river bank. 2-agosto-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H Petersen y A. Alsgard 11758. QCNE186548.

Sclerodermataceae

**Scleroderma areolatum* Ehrenb., *Sylv. mycol. berol.* (Berlin): 27 (1818). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha, SE de Quito, Loma el Ungui, Ciudadela Tarqui. 7-junio-2003. R. Batallas, C. Padilla y I. Jalca 544. QCNE152879.

SUILLACEAE

Suillus luteus (L.) Roussel, *Fl. Calvados*: 34 (1796). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Zamora. El Tambo, Estación Científica San Francisco carretera Loja-Zamora. 10-septiembre-2001. D. Suárez 543. QCNE152588.

CANTHARELLALES

APHELARIACEAE

**Aphelaria* cf. *tropica* (Mont.) Corner, *Monograph of Clavaria and allied Genera*, (*Annals of Botany Memoirs* No. 1): 191 (1950). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 14-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11434. QCNE186361.

HYDNACEAE

**Craterellus cornucopioides* (L.) Pers., *Mycol. eur.* (Erlanga) 2: 5 (1825). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Nangaritza, Rio Nangaritza. Shaime. Confluencia de los rios Nangaritza y Numpatakaiame. 15-octubre-1991. E. Freire 13. QCNE 152629.

DACRYMYCETALES

DACRYMYCETACEAE

Calocera viscosa (Pers.) Fr., *Syst. mycol.* (Lundae) 1: 486 (1821). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera, sendero Oso cerca de la casa de Estación. 14-junio-2002. C. Padilla y A. Alvarez 513. QCNE 186215.

Dacryopinax spathularia (Schwein.) G.W. Martin, *Lloydia* 11: 116 (1948). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque Rosa de los Andes. 10-mayo-2003. T. Sanjuán, C. Padilla y R. Batallas 529. QCNE 152751.

**Dacrymyces chrysospermus* Berk. & M.A. Curtis, *Grevillea* 2(no. 14): 20 (1873). IMBABURA: Cantón Cotacachi. Sector Plaza Gutiérrez. Intag. 23-agosto-2004. G. Romero 76. QCNE186985.

Guepinopsis alpina (Earle) Brasf. *Am. Midl. Nat.* 20: 225 (1938). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera, sendero largo desde las turberas de frailejones. 21-marzo-2009. C.D, O.L.A y M. Bernal 115. QCNE244825.

GEASTRALES

GEASTRACEAE

Geastrum mirabile Mont., *Crypt. Guyan.* 595 (1855). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualca, Finca Mapali. 18-agosto-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 130. QCNE152851.



Geastrum cf. *triplex* Jungh., *Tijdschr. Nat. Gesch. Physiol.* 7: 287 (1840). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 17-junio-2011. B. Dentinger y T.S. Jenkinson 821. QCNE201392.

**Myriostoma coliforme* (Dicks.) Corda, *Anleit. Stud. Mykol.*, Prag: LXXXI (1842). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. San Gabriel. 25-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y C. Cárdenas Batallas 11694. QCNE186575.

GOMPHALES GOMPHACEAE

**Phaeoclavulina cyanocephala* (Berk. & M.A. Curtis) Giachini, *Mycotaxon* 115: 191 (2011). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 18-junio-2011. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 830. QCNE201394

**Phaeoclavulina* aff. *decurrans* (Pers.) J.H. Petersen, *Index Fungorum* 369: 1 (2018). PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados. Sector finca "La Chamarra", vía Sto. Domingo-Quininde Km. 19-enero-2002. R. Batallas 212. QCNE152328.

**Ramaria* cf. *grandis* (Peck) Corner, *Monograph of Clavaria and allied Genera*, (*Annals of Botany Memoirs* No. 1): 595 (1950). PICHINCHA: Cantones: Quito y Mejía. Bosque Protector Río Guajalito (QUSF). 14-octubre-2004. K. Escobar 52. QCNE186763.

HYMENOCHAETALES

**Trichaptum trichomallum* (Berk. & Mont.) Murrill, *Bull. Torrey bot. Club* 31(11): 608 (1904). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualera, Parche B, noreste 67° de Gualera Cruz. 06-agosto-2000. D. Suárez y M. Arévalo 295. QCNE152497.

HYMENOCHAETACEAE

Hymenochaete rubiginosa (Dicks.) Lév., *Annls Sci. Nat., Bot.*, sér. 3 5: 150 (1846). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 25-agosto-2004. V. Jácome 91A. QCNE201501.

Inonotus aff. *pseudoradiatus* (Pat.) Ryvarden, *Occ. Pap. Farlow Herb. Crypt. Bot.* 18: 30 (1983). CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. 25-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y C. Cárdenas- Batallas, K. 11699. QCNE186576.

**Inonotus tabacinus* (Mont.) G. Cunn., *Bull. N.Z. Dept. Sci. Industr. Res., Pl. Dis. Div.* 78: 3 (1948). NAPO: Cantón Quijos. Parroquia Papallacta, shrub along small river above "aguas termales". 22-julio-2004. T. Laessoe, J.H. Petersen y C. Cárdenas Batallas 11568. QCNE 186467.

Phylloporia spathulata (Hook.) Ryvarden, *Syn. Fung.* (Oslo) 5: 196 (1991). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Reserva Mindo Lindo. 22-agosto-2001. D. Suárez, P. Aguirre y C. Garzón 610. QCNE152465.

SCHIZOPORACEAE

**Xylodon sambuci* (Pers.) Tura, Zmitr., Wasser & Spirin, *Biodiversity of Cyanoprocarayotes, Algae and Fungi of Israel* (Ruggel): 221 (2011). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha, SE de Quito, Loma el Ungui, Ciudadela Tarqui. 7-junio-2003. C. Padilla, R. Batallas y I. Jalca 62. QCNE152788.

PHALLALES PHALLACEAE

**Mutinus bambusinus* (Zoll.) E. Fisch., *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg* 6: 30 (1887). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 18-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen s/n. QCNE186582.

**Staheliomyces cinctus* E. Fisch., *Mitt. Naturf. Ges. Bern*: 142 (1921) [1920]. PICHINCHA: Cantón Pedro Moncayo. Malchinguí. Bosque Protector Jerusalem, sendero avifauna. 7-mayo-2006. R. Batallas y A. Troya 1128. QCNE186878.

POLYPORALES FOMITOPSIDACEAE

Laetiporus sulphureus (Bull.) Murrill, *Mycologia* 12(1): 11 (1920). QCNE201601. PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Los Bancos km 79 de la carretera Calacali-La Independencia. Bosque Protector Mindo Lindo. 1-septiembre-2001. D. Suárez, C. Cárdenas y L. Pinos 684. QCNE201065.

**Wolfiporia cocos* (Schwein.) Ryvarden & Gilb. *Mycotaxon* 19: 141 (1984). PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados, km 11 1/2 vía Quevedo. Estación Biológica Gustavo Orcés. 04-diciembre-1999. D. Suárez y M. Arévalo 204. QCNE152564.

GANODERMATACEAE

**Amauroderma camerarium* (Berk.) J.S. Furtado, *Revisão do gênero Amauroderma (Polyporaceae); Estudos baseados nas microestruturas do basidiocarpo*: 140 (1968). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 16-julio-2004. T. Laessoe y J. H. Petersen 11489. QCNE186268.

Ganoderma cf. *applanatum* (Pers.) Pat., *Hyménomyc. Eur.* (Paris): 143 (1887). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 2-febrero-2008. B. Dentinger y T.S. Jenkinson 140. QCNE201386.

Ganoderma australe (Fr.) Pat., *Bull. Soc. mycol. Fr.* 5(2,3): 65 (1889). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha, a 8 Km al este de Misahualli, al margen derecho del río Napo 2-enero-2001. D. Suárez 310. QCNE152316

Ganoderma cf. *lucidum* (Curtis) P. Karst., *Revue mycol.*, Toulouse 3(no. 9): 17 (1881). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 16-julio-2004. T. Laessoe, J.H Petersen y A. Alsgard Jensen 11476. QCNE186419.

IRPICACEAE

**Irpex lacteus* (Fr.) Fr., *Elench. fung.* (Greifswald) 1: 142 (1828). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 18-agosto-2001. D. Suárez 249. QCNE152339.

MERIPILACEAE

**Hydnopolyporus fimbriatus* (Cooke) D.A. Reid, *Persoonia* 2(2): 151 (1962). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegalito. SE of Nanegalito, km 49, Puma Sacha, cascada del rayo. 10-julio-2004. T. Laessoe, J.H Petersen, C. A Padilla y R. Batallas 11360. QCNE 186366.



- **Hydnopolyporus palmatus* (Hook.) O. Fidalgo, *Mycologia* 55(6): 715 (1963). PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados, km 11 1/2 vía Quevedo. Estación Biológica Gustavo Orcés. 4-diciembre-1999. D. Suárez, G. Pérez y M. Trujillo 209. QCNE152330.
- Rigidoporus microporus* (Sw.) Overeem, *Icon. Fung. Malay.* 5: 1 (1924). ORELLANA: Cantón Loreto. Faldas del Volcán Sumaco, a 2 km al oeste del río Huatarac. 21-marzo-1996. Efraín Freire 06. QCNE152610.
- Rigidoporus vinctus* (Berk.) Ryvarden, *Norw. J. Bot.* 19(2): 143 (1972). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegalito, SE of Nanegalito, km 49, Puma Sacha, cascada del rayo. 10-julio-2004. T. Laessoe, J.H Petersen, C. A Padilla y R. Batallas 11337. QCNE186347.

MERULIACEAE

- Coraloderma nigripes* (D.A. Reid) A.L. Welden, *Fl. Neotrop., Monogr.* 106: 19 (2010). ORELLANA: Cantón: Aguarico. Tiputini field station. 14-julio-2004. T. Laessoe, J.H Petersen y A. Aلسgard Jensen 11438. QCNE186263.
- Cymatoderma caperatum* (Berk. & Mont.) D.A. Reid, *Kew Bull.* [10]: 635 (1956) [1955]. PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados. Sector finca "La Chamarra", vía Sto. Domingo-Quininde Km. 19-enero-2002. R. Batallas 253. QCNE152277.
- Flaviporus liebmannii* (Fr.) Ginns, *Can. J. Bot.* 58(14): 1584 (1980). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Los Bancos km 79 de la carretera Calacalli-La Independencia. Bosque Protector Mindo Lindo. 1-octubre-2001. D. Suárez y Colaboradores 773. QCNE201037.
- **Hydnophlebia chrysoirhiza* (Eaton) Parmasto, *Eesti NSV Tead. Akad. Toim.*, Biol. seer 16(4): 384 (1967). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 23-abril-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1348. QCNE201426.
- **Hyphoderma cf. nudicephalum* Gilb. & M. Blackw., *Mycotaxon* 33: 378 (1988). PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque Rosa de los Andes. 10-mayo-2003. C. Padilla, T. Sanjuán y R. Batallas 549. QCNE152770.
- Phlebia tremellosa* (Schr.) Nakasone & Burds., *Mycotaxon* 21: 245 (1984). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 14-abril-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1231. QCNE201416.
- **Podoscypha cristata* (Berk. & M.A. Curtis) D.A. Reid, *Beih. Nova Hedwigia* 18: 174 (1965). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 15-enero-2008. B. Dentinger y T.S. Jenkinson 56. QCNE201358.

POLYPORACEAE

- **Cerrena caperata* (Berk.) Zmitr, *Mycena* 1(1): 91 (2001). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Bosque Protector Mindo Lindo. 4-febrero-2001. E. Muela y R. Batallas 06. QCNE152543.
- Cerrena hydnoidea* (Sw.) Zmitr, *Mycena* 1(1): 91 (2001). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualca, Finca Mapali. 6-agosto-2000. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 81. QCNE152491.
- Cerioporus varius* (Pers.) Zmitr. & Kovalenko, *International Journal of Medicinal Mushrooms* (Redding) 18(1): 33 (2016). [MB#812042]. PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualca Cruz. 6-agosto-2000. D. Suárez y M. Arévalo 282. QCNE152412.

Earliella scabrosa (Pers.) Gilb. & Ryvarden, *Mycotaxon* 22(2): 364 (1985). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha, a 8 Km de puerto Misahualli margen derecha del río Napo. 16-septiembre-2002. R. Batallas, A. Mariscal y L. Parra 395. QCNE186094.

**Favolus* aff. *alveolarius* (Bosc) Quél., *Syst. orb. veg.* (Lundae): 185 (1886). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 14-diciembre-1999. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 71. QCNE152884.

Favolus tenuiculus P. Beauv., *Flore Oware Benin*: 74 (1806). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 6-agosto-2000. D. Suárez y M. Arévalo. 298. QCNE 152305.

**Fomes extensus* (Lév.) Cooke, *Grevillea* 14(69): 18 (1885). PICHINCHA: Cantón Santo Domingo de los Colorados, km 11 1/2 vía Quevedo. Estación Biológica Gustavo Orces. 4-diciembre-1999. D. Suárez, G. Pérez y M. Trujillo 197. QCNE201051.

**Fomes fasciatus* (Sw.) Cooke, *Grevillea* 14(69): 21 (1885). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 22-febrero -2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 73. QCNE152312.

**Hapalopilus rutilans* (Pers.) Murrill, *Bull. Torrey bot. Club* 31(8): 416 (1904). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 6-agosto-2000. D. Suárez y M. Arévalo. 299. QCNE 201225.

Lentinus arcularius (Batsch) Zmitr., *International Journal of Medicinal Mushrooms* (Redding) 12(1): 88 (2010). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 10-agosto-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 107. QCNE152480.

Lentinus badius (Berk.) Berk., *London J. Bot.* 6: 491 bis (1847). SUCUMBIO: Cantón Dorado de Cascales. Campo Bermejo. 21-abril-2001. D. Suárez 380. QCNE152440.

**Lentinus* aff. *brumalis* (Pers.) Zmitr., *International Journal of Medicinal Mushrooms* (Redding) 12(1): 88 (2010). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea, Finca Mapali. 10-agosto-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 67. QCNE152481.

**Lentinus* aff. *copulatus* (Ehrenb.) Henn., *Nat. Pflanzenfam., Teil. I* (Leipzig) 1(1): 224 (1898) [1900]. ORELLANA: Cantón Aguatico. Tiputini field station. 16-julio-2004. T. Laessoe, J.H Petersen, y A. Alsgard Jensen, C.A 11459. QCNE186291.

Lentinus crinitus (L.) Fr., *Syst. orb. veg.* (Lundae) 1: 77 (1825). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea Cruz. 5-agosto-2000. D. Suárez y M. Arévalo. 245. QCNE152451.

Lentinus tricholoma (Mont.) Zmitr., *International Journal of Medicinal Mushrooms* (Redding) 12 (1): 88 (2010). ORELLANA: Cantón Aguatico. Tiputini field station. 18-agosto-2004. T. Orellana. Bataburo Lodge, orillas del río Tiguino en territorio Huaorani. L. Guzmán – Dávalos 9215. QCNE186212.

**Lentinus velutinus* Fr., *Linnaea* 5: 510 (1830). NAPO: Cantón Tena. Estación Biológica Jatun Sacha, a 8 Km al este de Misahualli, al sur del del río Napo. 16-septiembre-2002. R. Batallas, A. Mariscal y L. Parra 382. QCNE186084.

**Nigroporus vinosus* (Berk.) Murrill, *Bull. Torrey bot. Club* 32(7): 361 (1905). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 15-junio-2008. B. Dentinger y T. S. Jenkinson 65. QCNE201360.

Picipes badius (Pers.) Zmitr. & Kovalenko, *International Journal of Medicinal Mushrooms* (Redding) 18(1): 35 (2016). PICHINCHA: Cantón Quito. Orquideológica El Pahuma, km 22 vía Calacalí - La Independencia. 2-noviembre-1998. D. Suárez, J. Quezada y M. Díaz 87. QCNE152482.

Polyporus cf. *citrinus* Pers., *Mycol. eur.* (Erlanga) 2: 49 (1825). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Bosque Protector Mindo Lindo. Km 79 de la carretera Calacali. 1-agosto-2001. D. Suárez y Colaboradores 615. QCNE201022.



- Polyporus dictyopus* Mont., *Annls Sci. Nat., Bot.*, sér. 2 3: 349 (1835). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 7-febrero-2010. J. McAlpine 665. QCNE201381.
- Polyporus lepreurii* Mont., *Annls Sci. Nat., Bot.*, sér. 2 13: 203 (1840). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Bosque Protector Mindo Lindo. Km 79 de la carretera Calacalí. 1-agosto-2001. D. Suárez y Colaboradores 619. QCNE201038.
- Pseudofavolus tenuis* (Fr.) G. Cunn., *Bull. N.Z. Dept. Sci. Industr. Res.* 164: 185 (1965). SUCUMBIOS: Cantón Shushufindi, Parroquia Limoncocha. Reserva Biológica Limoncocha, sendero Pishira. 30-julio-2001. C. Cárdenas, P. Gamboa y L. Pinos 25. QCNE186175.
- Pycnoporus sanguineus* (L.) Murrill, *Bull. Torrey bot. Club* 31(8): 421 (1904). ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Nangaritza. Rio Nangaritza. Shaime. Confluencia de los Rios Nangaritza y Numoatakaime. 15-octubre-1991. E. Freire 10. QCNE152572.
- **Skeletocutis nivea* (Jungh.) Jean Keller, *Persoonia* 10 (3): 353 (1979). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegalito, SE of Nanegalito, km 49, Puma Sacha, cascada del rayo. 10-julio-2004. T. Laessoe, J.H Petersen, C. Padilla & R. Batallas 11355. QCNE186358.
- Tinctoporellus epimiltinus* (Berk. & Broome) Ryvarden, *Trans. Br. mycol. Soc.* 73(1): 18 (1979). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 11-abril-2014. R. Vandegrift y D. Newman 1219. QCNE201415.
- Trametes elegans* (Spreng.) Fr., *Epicr. syst. mycol.* (Upsaliae): 492 (1838) [1836-1838]. IMBABURA: Cantón Cotacachi, Sector Plaza Guitierrez. Intag. Protector San Luis de Toabuche. 17-julio-2001. N. Chasiliquin y A. Troya 049. QCNE152347.
- Trametes membranacea* (Sw.) Kreisel, *Monografías, Ciencias, Univ. Habana, Ser. 4* 16: 83 (1971). IMBABURA: Cantón Cotacachi. García Moreno. Reserva Los Cedros. 24-enero-2010. B. Roy 409. QCNE201375.
- Trametes versicolor* (L.) Lloyd, *Mycol. Notes* (Cincinnati) 65: 1045 (1921) [1920]. PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Sector Bosque Cochapamba. 3-marzo-2003. R. Batallas, T. Sanjuán, C. Padilla 520. QCNE152511.
- Trametes villosa* (Sw.) Kreisel, *Monografías, Ciencias, Univ. Habana, Ser. 4* 16: 83 (1971). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Santuario de las cascadas. 17-julio-2001. R. Batallas 179. QCNE152324.

RUSSULELES

- **Laeticutis cristata* (Schaeff.) Audet, *Mycotaxon* 111: 442 (2010). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Guallea, Finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 76. QCNE152484.

ALBATRELLACEAE

- **Albatrellopsis flettii* (Morse ex Pouzar) Audet, *Mycotaxon* 111: 440 (2010). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Guallea, Finca Mapali. 10-agosto-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 120. QCNE152884.

AURISCALPIACEAE

- Aratomyces pyxidatus* (Pers.) Jülich, *Bibliotheca Mycol.* 85: 399 (1982) [1981]. CARCHI: Cantón San Pedro de Huaca. Parroquia Mariscal Sucre. Estación Biológica Guandera. 3-diciembre-2002. R. Batallas, T. Sanjuán y C. Padilla 441. QCNE186768.

**Artomyces turgidus* (Lév.) Jülich, *Bibliotheca Mycol.* 85: 399 (1982) [1981]. ZAMORA CHINCHIPE: Cantón Zamora. El Tambo, Estación Científica San Francisco carretera Loja-Zamora. 28-marzo-2002. D. Suárez 1019. QCNE152264.

**Auriscalpium cf. andinum* (Pat.) Ryvarden, *Harvard Pap. Bot.* 6(1): 194 (2001). ORELLANA: Cantón Aguarico. Tiputini field station. 13-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard Jensen 11414. QCNE 186478.

Auriscalpium villipes (Lloyd) Snell & E.A. Dick, *Lloydia* 21: 35 (1958). IMBABURA: Cantón Cotacachi. Sector Plaza Guitiérrez. Intag. Protector San Luis de Toabuche. 17-julio-2001. N. Chasiliquin y A. Troya 055. QCNE152331.

Auriscalpium vulgare Gray, *Nat. Arr. Brit. Pl.* (London) 1: 650 (1821). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Km 85 vía Quito-Mindo. 29-agosto-2005. N. Baño 58. QCNE201539.

LACHNOCLADIACEAE

**Asterostroma cf. laxum* Bres., *Bull. Soc. mycol. Fr.* 36(1): 46 (1920). PICHINCHA: Cantón Quito. Volcán Pichincha. La primavera, N side of quebrada. 21-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard 11547. QCNE186561.

STEREACEAE

Stereum hirsutum (Willd.) Pers., *Observ. mycol.* (Lipsiae) 2: 90 (1800) [1799]. IMBABURA: Cantón Cotacachi. Sector Plaza Guitiérrez. Intag. Protector San Luis de Toabuche. 17-julio-2001. N. Chasiliquin y A. Troya 030. QCNE152536.

Stereum ostrea (Blume & T. Nees) Fr., *Epicr. syst. mycol.* (Upsaliae): 547 (1838) [1836-1838]. PICHINCHA: Cantón Quito. Bosque Protector Pichincha. Loma El Ungui, Ciudadela Tarqui. 7-junio-2003. C. Padilla, R. Batallas y I. Jalca 611. QCNE152751.

**Stereum cf. subtomentosum* Pouzar, *Česká Mykologie* 18 (3): 147 (1964). NAPO: Cantón Quijos. Just bellow Papallacta pass, páramo la virgen. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Alsgard 11365. QCNE186274.

STEREOPSISDALES

STERIOPSISIDACEAE

Stereopsis radicans (Berk.) D.A. Reid, *Beih, Nova Hedwigia* 18: 314 (1965). PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Reserva Mindo Lindo. Los Bancos km 79 de la carretera Calacalí - La Independencia. 1-septiembre-2001. D. Suárez, C. Cárdenas y L. Pinos 704. QCNE201105.

THELEPHORALES

THELEPHORACEAE

Thelephora terrestris Ehrh., *Pl. Crypt. Linn. Exsicc.*: no. 178 (1793). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea Cruz en la finca Mapali. 22-febrero-2001. W. Chamorro, D. Montalvo, A. Luzuriaga y M. Ortega 47. QCNE152591.



TRECHISPORALES HYDNODONTACEAE

**Scytinopogon angulisporus* (Pat.) Corner, *Monograph of Clavaria and allied Genera*, (Annals of Botany Memoirs No. 1): 648 (1950). ORELLANA: Cantón Aguarico. Tiputini field station. 13-julio-2004. T. Laessoe, K. Hansen, J.H. Petersen y A. Aلسgard Jensen 11408. QCNE186254.

**Scytinopogon pallescens* (Bres.) Singer, *Lloydia* 8: 139 (1945). QCNE186775.

TREMELLALES TREMELLACEAE

**Tremella encephala* Pers., *Syn. meth. fung.* (Göttingen) 2: 623 (1801). PICHINCHA: Cantón Quito. Nanegal. Zona Gualea Cruz. 5-agosto-2000. D. Suárez y M. Arévalo 264. QCNE152983.

**Tremella rufolutea* Berk. & M.A. Curtis, *J. Linn. Soc., Bot.* 10(no. 46): 340 (1868) [1869]. PICHINCHA: Cantón San Miguel de los Bancos. Parroquia Mindo. Trayecto del Oleoducto de Crudos Pesados OCP vía Nono - Tandayapa, Cerro Castillo, La Bola. 5-octubre-2001. D. Suárez 536. QCNE152985.

DISCUSIÓN

En la plataforma Fungi web Ecuador [28] se reporta para el país 843 especies entre hongos y hongos liquenizados. Considerando este dato la colección micológica del QCNE posee aproximadamente el 32% de las especies de hongos reportadas para el país. Las familias más abundantes reportados en el Fungario QCA(M) de la PUCE, según Fungi Web, en Basidiomycota son: Polyporaceae (69 spp.), Marasmiaceae (35 spp.), Agaricaceae (32 spp.), Mycenaceae (29 spp.) y Meruliaceae (22 spp.) y en Ascomycota: Xylariaceae (122 spp.), Cordicipitaceae (20 spp.), Laboulbeniaceae (16 spp.), Pyronemataceae y Sarcoscyphaceae (9 spp.). En este artículo evidenciamos que las familias Polyporaceae (35 spp.), Marasmiaceae (14 spp.), Xylariaceae (33 spp.) y Cordycipitaceae (20 spp.) también son las más abundantes en el repositorio del QCNE. Los géneros mejor representados en el Fungario QCA(M) son: *Ganoderma* (19 spp.), *Marasmius* (16 spp.), *Trametes* (12 spp.) y *Polyporus* (12 spp.) en Basidiomycota y *Xylaria* (52 spp.), *Camillea* y *Hypoxylon* (18 spp.) y *Cordyceps* (11 spp.) en Ascomycota. En el repositorio del QCNE están mejor representados los géneros: *Marasmius* (7 spp.), *Polyporus* (6 spp.), *Xylaria* (33 spp.) y *Cordyceps* (19 spp.). Con este trabajo se contribuye con 144 especies al listado de Fungi web Ecuador [28].

En este análisis hay que considerar que falta ingresar y depurar un buen porcentaje de los especímenes depositados de proyectos de investigación con instituciones cooperantes que seguramente incrementarán el número de especímenes al repositorio. En la colección se reporta mayor número de basidiomicetes pertenecientes a hongos agaricales (hongos en sombrilla) y polyporales (poliporoides) pues la mayoría de colectas son muestreos en bosques montanos y subtropicales, y los hongos agaricales (en especial los miembros saprófitos) son considerados más diversos en latitudes bajas. Los polyporales

son organismos frecuentes en bosques húmedos, cuyos factores cambiantes como: temperatura, pluviosidad y humedad relativa constituyen estrategias de adaptación que les permiten explotar el sustrato del medio y facilitan la dispersión de esporas [29].

La visita ocasional de especialistas en diferentes grupos taxonómicos ha permitido la revisión y determinación taxonómica de especímenes, pero al contrario la inexistencia de procesos como préstamos, intercambios y donaciones de duplicados con otros repositorios ha impedido el intercambio y actualización de información taxonómica. Ante esto, a futuro se pretende mejorar los procesos curatoriales de las muestras con la revisión de especímenes por parte de especialistas de los diferentes grupos.

La colección micológica del Herbario QCNE del INABIO constituye una fuente importante de referencia y base de datos sobre la biodiversidad de hongos, promoviendo el desarrollo de las actividades taxonómicas, divulgativas y de conservación de la funga del territorio ecuatoriano, además representa a nivel nacional el único repositorio micológico del sector gubernamental parte de un instituto público de investigación. A pesar de esto la diversidad y cantidad de colecciones de este repositorio público aún es muy baja y la información de importantes registros no está publicada.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos a los estudiantes Jordi Rivera de la Universidad Tecnológica Indoamérica, Diego Córdova y Daniela Olmedo de la Universidad Central del Ecuador que como parte del programa de prácticas preprofesionales colaboraron en la digitalización y actualización de los datos en dicha colección. De igual forma a David Donoso (Escuela Politécnica Nacional) y a Nelson Miranda-Moyano (Universidad San Francisco de Quito) por las correcciones y recomendaciones realizadas al manuscrito en general.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Rosa Batallas redactó el manuscrito y revisó los nombres del listado de especies en las plataformas correspondientes. Gabriela Moya analizó y tabuló los datos. Daniel Navas digitalizó la información para el análisis de los datos del manuscrito.

REFERENCIAS

- [1] Hokche, O. y Rodríguez L. (2006). Herbario Nacional de Venezuela: El centro del conocimiento y conservación de la riqueza florística del país celebra 90 años. *Museos.Ve*, 6:10-13.
- [2] Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales MECN. (1992). Serie: *Revista Informativa Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales*. 2(9). Quito.
- [3] Base de Datos de Biodiversidad del Ecuador. 2020. Recuperado el 22 de junio de 2020 de: <http://www.symbiota.org> | <https://bdj.pensoft.net/articles.php?id=1114> | <https://github.com/Symbiota/>
- [4] Sanjuán, T., Tabima, J., Restrepo, A., Læssøe, S., Spatafora, T. y Franco-Molano, A. E. (2014). Entomopathogens of Amazonian stick insects and locust are members of the *Beauveria* species complex (*Cordyceps* sensu stricto). *Mycologia*, 106: 260-275. doi: <https://doi.org/10.3852/106.2.260>
- [5] Sanjuán, T., Franco-Molano, A. E., Kepler, R. M., Spatafora, J. W., Tabima, J., Vasco-Palacios, A. M y Restrepo, S. (2015). Five new species of entomopathogenic fungi from the Amazon and evolution of neotropical *Ophiocordyceps*. *Fungal Biology* 1-16. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.funbio.2015.06.010>
- [6] Batallas, R. (2016). Caracterización morfológica y molecular de cuatro especies de hongos comestibles y medicinales en zonas de cultivo de la comunidad kichwa de Oglán – Pastaza, Ecuador (Tesis de maestría). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- [7] Thomas, D., Vandegrift, R., Ludden, A., Carroll, G y Roy, B. (2016). Spatial Ecology of the Gungal Genus *Xylaria* in a Tropical Cloud Forest. *Biotropica* 48: 381–393. doi: <https://doi.org/10.1111/btp.12273>
- [8] Lowy B. (1952). The genus *Auricularia*. *Mycologia* 44: 656–692.
- [9] Dennis, R. W. G. (1982). Fungus Flora of Venezuela and adjacent countries. *Fungus flora of Venezuela and adjacent countries*. Royal Botanic Gardens, Kew. 125-135 pp.
- [10] Gilbertson, R. L. y Ryvarden. L. (1987). *North American polypores 2. Megasperoporia –Wrightoporia*. Oslo: *Fungiflora*.
- [11] Largent, D. y Baroni, T. (1988). *How identify mushrooms to genus VI: Modern Genera*. Eureka, CA: Mad River Press.
- [12] Ryvarden, L. (1991). *Genera of polypores: Nomenclature and taxonomy. Synopsis Fungorum* 5. Oslo: Fungiflora.
- [13] Ryvarden, L. (2000). Studies in Neotropical polypores 8. Poroid fungi from Jamaica, a preliminar checklist. *Mycotaxon* 76: 349–360.
- [14] Ryvarden, L. (2015a). *Studies in Neotropical polypores 39 Trametes alba nova species. Synopsis Fungorum*, 33: 32–35.
- [15] Ryvarden, L. (2015b). *Clave taxonómica. Laetiporus – Lindtneria. Synopsis Fungorum. Oslo: Fungiflora*
- [16] Núñez, M. y Ryvarden. L. (1995). *Polyporus* (Basidiomycotina) and related genera. *Synopsis Fungorum* 10: 1–85.
- [17] Mata, M. (1999). *Macrohongos de Costa Rica*. Costa Rica: INBio.
- [18] Mata, M., Halling, R. y Mueller, G. (2003). *Macrohongos de Costa Rica*. Costa Rica: INBio.
- [19] Franco-Molano, A. E., Vasco-Palacios A., López-Quintero, C. y Boekhout, T. (2005). *Macrohongos de la Región del Medio Caquetá – Colombia*. Medellín: Multimpresos.
- [20] Wright, J., y Albertó, E. (2006). *Guía de los Hongos de la Región Pampeana. II Hongos sin laminillas*. L.O.L.A: Argentina.
- [21] Montoya-Alvarez, A. F., Hayakawa, H., Minamya, Y., Fukuda, T., López-Quintero, C. A., & Franco-Molano, A. E. (2011). Phylogenetic relationships and review of the species of *Auricularia* (Fungi: Basidiomycetes) in Colombia. *Caldasia* 33(1), 55–66.
- [22] Alvarenga, R. L., Naves L. R y Santos S. (2015). El género *Auricularia* Bull. Ex Juss. (*Basidiomycota*) en Cerrado (Sabana brasileña) áreas del estado de Goiás y el Distrito Federal. *Mycosphere* 6: 532-541. doi: <https://doi.org/10.5943/mycosphere/6/5/3>
- [23] Index Fungorum. (2009). The Royal Botanic Gardens Kew, Landcare Research-NZ. Institute of Microbiology (Versión 3) Recuperado el 18 de julio de 2019 de: <http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>.

- [24] V. Robert, G. Stegehuis y J. Stalpers. (2005). The MycoBank engine and related databases. Recuperado el 7 de mayo de 2020 de: <http://www.mycobank.org/quicksearch.aspx>
- [25] Rodríguez, O., Herrera-Fonseca, M., Sánchez-Jácome, M. Del R., Álvarez, I., Valenzuela, R., García, J. y Guzmán-Dávalos, L. (2010). Catálogo de la micobiota del bosque La Primavera, Jalisco. *Revista Mexicana de Micología*, 29–40. URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802010000200004&lang=pt
- [26] Dios, M. M., Albertó, E., y Moreno, G. (2011). Catálogo de hongos gasteroides (*Basidiomycota*) de Catamarca, Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 46: 5–11.
- [27] Fernández-Fernández, D., Freire, E., Peñafiel, M., Romero, G., Tello, F., y Toapanta, E. (2015). Catálogo de especímenes tipo del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE). Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* 7(1): B39-B87. doi: <https://doi.org/10.18272/aci.v7i1.227>
- [28] Ordoñez, M. E. (2018). Fungi del Ecuador. Versión 2018.0. Fungario QCAM, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado el 20 de enero de 2020 de: <https://bioweb.bio/fungiweb>
- [29] Lodge, D. J., Ammirat, J. F., O' Dell, T. E., Mueller, G. M., Huhndorf, S. M., Wang, C., Stokland, J., Schmit, J. P., Ryvardeen, L., Leacock, P., Mata, M., Umaña, L., Wu, Q., Czederpiltz, D. L. (2004). Terrestrial and lignicolous macrofungi. En Mueller, G., Bills, G., Foster, M. (Eds.), *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods* (pp. 127-172). San Diego: Elsevier Inc.

Revisión conjunta de fuentes primordiales para autoabastecimiento energético urbano e incidencia solar como principal fuente, en contexto de ciudad ecuatorial-andina

Esteban Zalamea-León^{1*}, Antonio Barragán-Escandón²

¹Universidad de Cuenca

²Universidad Politécnica Salesiana

*Autor para correspondencia / Corresponding autor: esteban.zalamea@ucuenca.edu.ec

Review of primary sources for urban energy self-supply and solar incidence as the main source, in the context of the Equatorial-Andean city

Abstract

This work reviews individual studies determining different energy technological possibilities and capabilities, in order to figure out their joint potential of urban energy self-supply, with internal resources. This study has been done in the context of the Andean equatorial city of Cuenca, Ecuador, as a representative case. Initially, the existing alternatives are described, selecting six options through an expert survey. Then individual estimations of energy capability of the defined resource and, from that, a joint potential has been found. When comparing the capabilities and against real urban consumption, has been establishing that solar energy is by far the source with the greatest potential and with better adaptability from qualitative and quantitative aspects. Besides It has been found that with the analyzed technologies, together, 14% of the urban consumption of 2015 as base year can be supplied. Nevertheless, it is observed that as a consequence of the PV potential, this potential is increased to 39%, but for this option could be useful, a conversion of consumptions from fuels to electricity is required. In consequence, then is presented the PV potential of typologies that have been determined in buildings of different types in the city. From this it is concluded that the existing Andean equatorial climatic conditions in Cuenca are highly advantageous to reach maximum urban and building energy standards with solar energy, due to the reduced and stable temporary demands, in addition to good and constant presence of irradiation.

Keywords: Renewable energies, Urban energy metabolism, energy on buildings, solar energy.

Resumen

Este trabajo realiza la revisión conjunta de una serie de investigaciones que determinan individualmente distintas posibilidades tecnológicas y sus capacidades para alcanzar un potencial de autoaprovisionamiento energético desde recursos urbanos. Este estudio se realiza en la ciudad ecuatorial andina de Cuenca, Ecuador, como caso representativo. Inicialmente se describen las alternativas tecnológicas existentes, considerando seis

de estas en este estudio. Al compararse la disponibilidad de los recursos energéticos y los consumos urbanos detectados, se establece que la energía solar es por lejos la fuente con mayor potencial y con mejor adaptabilidad desde aspectos cualitativos y cuantitativos. Se determina que con las tecnologías analizadas, se puede abastecer sobre el 14% de los consumos urbanos del año base 2015. No obstante, se observa que como consecuencia del potencial PV, este potencial se incrementa hasta un 39%, llegando incluso a tener excedentes eléctricos en momentos puntuales, lo que sugiere realizar una conversión de consumos desde combustibles a eléctricos, lo que demuestra un potencial superior para esta tecnología. Se concluye que las condiciones climáticas ecuatoriales andinas existentes en Cuenca resultan altamente ventajosas para alcanzar máximos estándares energéticos urbanos y en edificios, por las reducidas y estables demandas temporales, además debido al buen y constante potencial de energía solar.

Palabras clave: Energías renovables, Metabolismo energético urbano, edificación, energía solar.

INTRODUCCIÓN

Los centros urbanos son foco del problema climático del planeta, pero también existe potencial relativo para alcanzar resiliencia y equilibrio ambiental [1]. Para ello es estratégico la implementación de medidas de eficiencia energética sumado a un autoaprovechamiento energético desde recursos endógenos como alternativa idónea [2]. Varias opciones se han extendido con relativo éxito, sobre todo en países desarrollados [3] Este proceso debe expandirse a aquellos en vías de desarrollo [4-6].

Tal como se ha evidenciado en Ecuador y Latinoamérica [7,8] los problemas asociados con la energía resultan en problemas que pueden implicar crisis sociales e incluso de gobernabilidad. Ello implica la necesidad de impulsar alternativas limpias que puedan subsidiarse para descarbonizar los procesos sociales y económicos. Las evoluciones tecnológicas y la economía de escala son determinantes para alcanzar viabilidad económica [9-11]. La creación de fuentes trabajo locales también es una ventaja comparativa sustancial, así, las tecnologías renovables en microgeneración frente a las tradicionales implican entre seis y diez veces más plazas locales de mano de obra [12]. El sector de Energías Renovables (ER) muestra crecimiento mundial de más del 5% al año, no observado en ningún otro sector productivo [12,13]. Más allá de ello, las fuentes no renovables e incluso fuentes renovables instaladas a gran escala en lugares agrestes, también implican impacto en ocupación y afección a la naturaleza, como lo describen en sus investigaciones Poggi, Firmino, & Amado, [14] para el caso de hidroeléctricas con grandes represas, así como también el impacto establecido por el consumo de biomasa a gran escala en el estudio de Caldarelli & Gilio, [16]. Entonces, la opción es promover un metabolismo urbano circular y en este ámbito las opciones existentes para lograr una máxima generación urbana, con lo cual se puede reducir además la importación de materiales o alimentos como también de energía [17,18].

Una de las principales barreras para limitar el autoabastecimiento energético de ciudades es la fluctuación de consumos y la intermitencia de las fuentes energéticas renovables como



solar o eólica [19,20]. Pero en las condiciones climáticas de ciudades ecuatoriales andinas se observan características muy adecuadas para alcanzar un margen de autogeneración significativo, ya que el consumo energético es relativamente estable durante el año, así como también la intermitencia de fuentes que dependen del clima y de las estaciones, lo que es menor cuando se compara con ciudades más alejadas del Ecuador.

A continuación, se describen de manera simplificada varias metodologías y procesos que han permitido determinar la capacidad de autogeneración de forma. Se describen las posibilidades tecnológicas en el contexto de Cuenca, Ecuador, como ciudad intermedia representativa de la condición ecuatorial andina. Consideramos que esta condición puede ser representativa al localizarse a 2535 msnm y bajo condiciones climáticas de ciudades localizadas cerca de la línea ecuatorial a altura comprendida sobre los 2000 msnm y bajo los 3000 msnm considerando su similitud climática. Así en la Tabla 1 se recogen ciudades localizadas en los valles interandinos, cuyas temperaturas promedio están entre los 16,5 °C y 13,0 °C; con máxima promedio de 22,8 ° y mínimas promedias entre 11,3 °C y 7,1 °C, con la excepción de Cajamarca (Perú) en cuyo caso el promedio mínimo es de 2,1 °C. Son temperaturas que se encuentran por debajo de los límites de confort térmico, no obstante, utilizando diseños pasivos en las edificaciones se pueden alcanzar los niveles de confort requeridos con un bajo o nulo aporte de energía adicional. Si bien se pueden tener horas en las que la temperatura se aleja de los límites adecuados de confort térmico, con el uso de una adecuada ventilación, captación solar pasiva y control de niveles de infiltración se pueden alcanzar temperaturas internas adecuadas. Como se puede observar en dicha tabla, Cuenca posee temperaturas intermedias entre las ciudades descritas, por lo que consideramos que se trata de un caso representativo.

Tabla 1: Temperaturas promedio máxima y mínima promedio de ciudades entre los 2000 y 3000 msnm, próximas a la línea ecuatorial (Los autores)

Ciudad	Altura msnm (m)	Temp Min Promedio (°C)	Temp. Promedio (°C)	Temp Max Promedio (°C)
Quito (Ecuador)	2850	7.1	13.8	21.1
Cajamarca (Perú)	2750	2.6	13.0	21.2
Bogota (Colombia)	2640	7.2	13.6	19.4
Cuenca (Ecuador)	2550	8.0	14.4	21.8
Pasto (Colombia)	2527	9.9	15.2	20.4
Loja (Ecuador)	2060	11.3	16.5	22.8

Bajo esta motivación, y considerando que se han desarrollado varios estudios previos en esta ciudad, se reúnen los datos detectados en distintos análisis de investigadores locales, de los que se consideran los más significativos. A partir de ello se desarrolla un análisis conjunto para concluir las mejores posibilidades para lograr un máximo autoabastecimiento energético urbano. Se presenta una descripción de diferentes tecnologías con capacidad de convertir la energía proveniente de recursos existentes. Se

describen los principales indicadores que permiten determinar el potencial del recurso y luego se analiza de forma conjunta con la tecnología de conversión existente para tener una evaluación global, determinándose con ello el potencial de autogeneración frente a consumos urbanos. De la solución y predimensionamiento inicial se analiza concretamente la fuente solar en integración en distintas edificaciones, discutiendo implicancias arquitectónicas, de desbalance de producción-consumo y ello frente a la red, considerando la conexión de microgeneradores. Ello permite concluir hacia donde se debería dirigir la planificación energética urbana para lograr un máximo auto aprovisionamiento y además, cómo los resultados hasta ahora determinados permiten establecer posibilidades y estándares energéticos alcanzables en edificaciones considerándolas como fuentes de energía, como alternativas a investigar de forma detallada a futuro.

METODOLOGÍAS APLICADAS

En el contexto del metabolismo urbano

En esta sección se describen las metodologías que se han aplicado desde instancias iniciales durante el proceso investigativo, el cual arrancó en el año 2016. Para establecer de manera aproximada un potencial energético desde fuentes renovables de forma conjunta. La primera instancia es descifrar en campo a través de técnica multicriterio PROMETHEE [21] conjuntamente con revisión bibliográfica, las tecnologías renovables aplicadas a ámbitos urbanos, utilizando recursos disponibles dentro de sus límites. Se descifra con ello que cinco poseerían mayor oportunidad en la ciudad estudiada, más una que ya está implementada; el detalle de este proceso puede revisarse en estudios previos desarrollados por Barragán-Escandón y otros [4,22]. Al ser determinados aspectos como aceptación e integrabilidad social se detecta además del potencial bruto condiciones que se han desarrollado ampliamente en otros contextos [23,24] aspectos detallados del potencial técnico [25]. Para definir el impacto de estas tecnologías se empleó el modelo LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning) [26], con esta herramienta y análisis de modificaciones por la incursión de una o varias fuentes se halla un balance entre producción y consumo. Los resultados se encuentran publicados a detalle en los estudios de Barragán y otros [27][28].

Ya en análisis individuales, para determinar el potencial de obtención de energía térmica a baja temperatura, desde tecnología Solar Térmica (ST) se aplican indicadores de consumo frente a ocupación espacial requerida para implementación de esta tecnología. Se descifra que la superficie urbana requerida de captación solar (instalación de placas térmicas) no resulta en una restricción significativa y no es un limitante, por cada persona se requiere una superficie de 0,5 m² lo que cubriría mayormente el consumo individual considerando consumos típicos residenciales. Ello implica que solamente en edificios en altura no alcanzaría a existir la superficie mínima requerida para cubrir la demanda con estas instalaciones debido a la baja relación de techo por habitante. Por otra parte, en necesario establecer que no es práctico el plantear sistemas ST para abastecer la totalidad de abastecimiento térmico sin sistema de respaldo, porque ello supondría instalaciones sobredimensionadas, con utilidad solo en el peor de los escenarios (baja irradiación y el extremo máximo consumo). La energía de respaldo no obstante puede ser electricidad



reduciendo así la necesidad de combustible en las edificaciones para calentar agua, por lo general Gas Licuado de Petróleo (GLP). Así, considerando la eficiencia de colectores y población a abastecer, se determina un indicador de contribución solar. La metodología a detalle está desarrollada por E. Barragán-Escandón, [29].

En tercera instancia, se estima el potencial de generación de pequeñas hidroeléctricas potencialmente instalables sin represar los ríos urbanos. Para ello se aplica una metodología que permite calcular la generación eléctrica a partir de caudales, información existente para la ciudad, aplicando a partir de ello indicadores de energía potencial existente por el desnivel existente en el transcurso de los cauces. La metodología a detalle está desarrollada por E. Barragán-Escandón[29].

Otra alternativa adoptada es la generación eléctrica a partir de residuos sólidos urbanos. Es necesario establecer que es la única tecnología en funcionamiento actualmente. Para considerar esta capacidad se utiliza los rendimientos actuales de la planta de procesamiento de Pichacay, que alcanza a producir sobre los 7 GWh/año [30]. Es necesario considerar en este caso la generación si bien está fuera de los límites urbanos, la fuente energética si está dentro de los límites urbanos.

La cuarta opción analizada es generación desde recursos de desechos forestales para generación eléctrica. Para ello a partir de toma de datos y determinación de capacidad energética de residuos forestales leñosos, se mide la carga energética de la vegetación actual. A partir de ello y de toma de datos de podas municipales urbanas, se determina la carga energética útil, extrapolando los resultados de zonas puntuales de muestra de las que se obtiene efectivamente la carga energética forestal, se proyecta a la totalidad de superficie disponible a partir de información municipal de zonas verdes en Sistema de Información Geográfica (GIS). La metodología y los datos de cantidad existente del recurso se encuentra descrito y detallado en la investigación desarrollada por Urgiles & Yanez, [31],

La siguiente alternativa que se analizó es la generación eléctrica a partir de biogás obtenido de lagunas de oxidación de aguas residuales. A partir de eficiencia de producción y recolección del biogás formado en el proceso de depuración de este equipamiento purificador ya existente en la ciudad de Cuenca. A partir de eficiencias determinadas en estudios internacionales y el volumen estimado disponible de aguas residuales, se dimensiona una posible generación energética para aprovisionar transporte público. El detalle de la metodología está descrito por E. Barragán-Escandón, [29].

En siguiente instancia de este trabajo se entrega una posible autogeneración desde distintas fuentes: Para el potencial fotovoltaico (PV) que se ha detectado como la tecnología de mayor aceptación inicial, se aplica una estimación de superficies de techumbre desde información municipal e indicadores determinados en estudios referenciales. Considerando que en Cuenca, existe una gran preponderancia de techumbres inclinadas y que particularmente en esta latitud, el potencial de generación eléctrica es elevado en cualquier superficie inclinada, sin importar la orientación, se considera que todos los faldones son útiles para aplicación de PV. Por ello se realiza en estudio previo la determinación de rendimiento PV en Cuenca, para así poder calibrar un modelo desde irradiación y archivo climático cuya fuente es la Universidad Politécnica Salesiana y calibración para la herramienta desarrollada cuyo proceso y validación en

concordancia con rendimiento PV está descrita a detalle por Izquierdo-Torres, Pacheco-portilla, Gonzalez-Morales, & Zalamea-Leon [32]. Desde este rendimiento y aplicando índices de ocupación, sombras, pérdidas de conexión aplicadas a los rendimientos PV, se establece un potencial rendimiento anual.

El potencial solar urbano

Una vez determinado las potencialidades de cada alternativa con los resultados que se mostrarán en la siguiente sección, se busca determinar en posibilidades reales y de forma más detallada basado en rendimiento. Se estableció la fuente solar PV como una de las opciones con mayor capacidad como se describirá en la sección subsiguiente. Por ello se describe el potencial en distintas tipologías de edificaciones, áreas urbanas e incidencia arquitectónica. Se levantan techos de edificaciones residenciales, industriales, multifamiliares o de servicio y se compara con consumos reales. Para esto ha sido fundamental la información entregada por el distribuidor de electricidad local a los autores [33]. En el mismo orden se deja planteado la exploración de rendimiento de colectores ST, buscando el determinar la validez del modelo F-Chart [34] en su rendimiento efectivo, bajo condiciones ambientales particulares ecuatoriales, con un recorrido solar particular.

RESULTADOS

Potencial energético con recursos endógenos

Desde información proporcionada por la distribuidora eléctrica local más la información del centro de distribución de hidrocarburos, se ha podido establecer para el año 2015, los destinos energéticos urbanos (Figura 1). La imagen muestra la distribución de consumos convertidos a Miles de Barriles Equivalentes de Petróleo (KBEP), así como las fuentes de procedencia primaria y secundaria. Los resultados marcan particularidades, por ejemplo, la significativa preponderancia del transporte y reducido consumo residencial como aspectos resaltantes considerando condiciones habituales publicados en reportes de la IEA [35] para otros países, que señalan que el transporte alcanza por lo general un 40% de consumo, y las edificaciones el 41%. Sin embargo, el transporte en Cuenca es casi del 60% y en edificaciones el 34%. Esta diferencia, con respecto a otros contextos, se puede explicar por el mínimo consumo comparativo de las edificaciones para abastecer demandas de acondicionamiento ambiental, frente a edificaciones en países estacionales en los cuales los requerimientos energéticos para ambientación, gracias al clima favorable, condición explicada previamente. Contrariamente, en cuanto a transporte, el alto consumo es consecuencia un alto índice de transporte particular a combustión, situación impulsada por el subsidio a combustibles, por ello se espera que este se mantenga como la demanda más alta de combustibles en los próximos años [36].

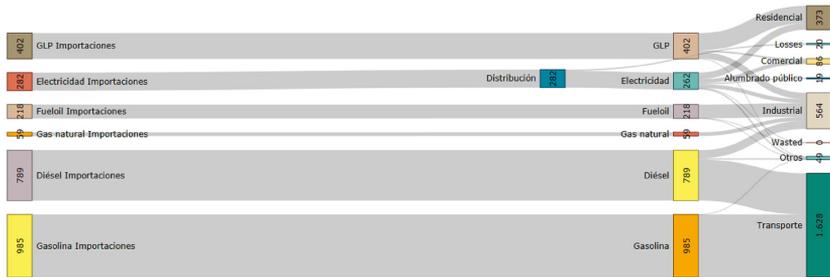


Figura 1: Diagrama de Sankey de consumos energéticos urbanos de Cuenca (en KBEPs) (Los autores [33])

Una vez desarrollados los estudios de potencial energético general que se encuentran descritos detalladamente en los documentos E. Barragán-Escandón, Zalamea-León, Terrados, Vanegas-Peralta, et al., [4] y Urgiles & Yanez, [31], se puede apreciar que el consumo total registrado en el año 2015 es del equivalente 2739 KBEP en electricidad o combustibles fósiles. La electricidad significa apenas el 9,8% de consumo energético urbano, es una fuente que idealmente debería crecer ya que reduce la necesidad de combustión en sitio y puede ser cubierta desde tecnologías con cero emanaciones. La mayor proporción de demandas está cubierto por combustibles y combustión desarrollada dentro de los límites urbanos; de ello la mayor contaminación registrada es por contaminación vehicular, de la cual procede el 85% de los gases y partículas contaminantes en la ciudad, con impactos no dimensionados a la salud pública [37].

Luego de determinar los consumos, estos sirven de base para establecer el potencial energético desde las fuentes energéticas urbanas. Para ello se plantea un escenario de destinar el potencial PV, mini-hidro, residuos sólidos urbanos y poda de residuos forestales para aprovisionamiento eléctrico. La tecnología ST para abastecer agua caliente sanitaria (ACS); biogás procedente desde aguas residuales destinado a abastecer el consumo de transporte público. La Figura 2 muestra el resultado de la generación alternativa con recursos endógenos, distribución en potencial anual, de la cual se puede encontrar más detalle en la tesis E. Barragán-Escandón, [29]. Marcadamente el recurso de mayor potencial es el sol, y concretamente la tecnología PV, la cual conjuntamente con las otras fuentes alcanzaría a abastecer la totalidad de consumo eléctrico urbano, que corresponde al 9,8% del total. No obstante, existe un excedente de 736 KBEP, los cuales serían remanentes eléctricos no utilizables bajo situación actual. Entonces, el potencial solar total es 3 veces superior a las mediciones de consumo eléctrico, ello significa que se puede alcanzar un mayor margen si el consumo de combustibles se transfiere tecnológicamente a alternativas de alimentación eléctrica. La superficie disponible neta para introducción PV en techumbres ha sido establecida acorde a información de predios y ocupación espacial de edificaciones a la que se aplican indicadores de generación, irradiación disponible, afectaciones arquitectónicas, etc.; detallado por Antonio Barragán-Escandón, Zalamea-León, & Terrados-Cepeda, [27]. Las posibilidades ciertas serían el integrar decididamente la inclusión de cocción con inducción, situación ya analizada en estudios previos [33], así como la inclusión consistente de transporte eléctrico [38]. La tecnología ST puede contribuir además con un consumo del 2,2% de los consumos térmicos totales urbanos del 2015; si bien no parecería una contribución significativa, es relevante en la reducción del gasto de GLP destinado a calentamiento

de ACS; es estrategia prometedora para reducir el gasto en subsidios a GLP, política que implica ingente gasto estatal en importaciones además se ser altamente ineficiente [38]. Entre las tecnologías de mini-hidro, generación de desechos sólidos y biomasa apenas supera un 1% del consumo total urbano, el recurso de podas de hecho resulta insignificante (0,01% respecto al consumo base) [31]. En la Figura 2 y Tabla 2 se pueden advertir los potenciales de las distintas tecnologías y ello comparado con las demandas de las distintas fuentes.

Analizados estos potenciales globales conjuntos y definidos los de mejor aptitud, se vislumbra que la fuente solar es la más prometedora, tanto PV como ST. A partir de ello, se desarrollan análisis iniciales de integración solar en edificaciones en el ámbito urbano.

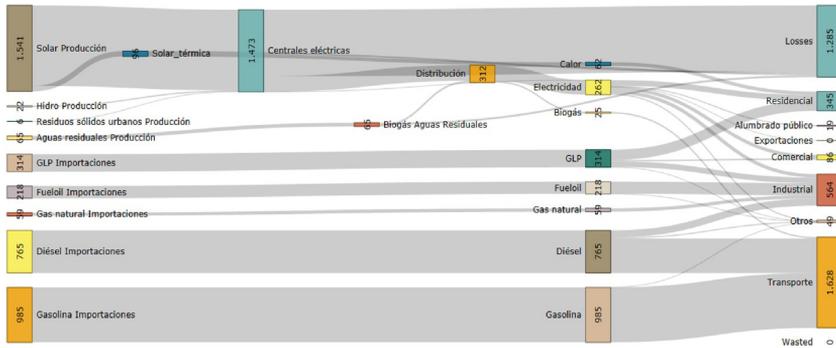


Figura 2: Diagrama de Sankey de consumos con posible auto-aprovisionamiento desde fuentes diversas desde recursos endógenos en Cuenca (KBEPs) (Los autores[32])

Tabla 2. Balance energético E_{se} (kBEP)

	Energía Eléctrica	Gas Natural	Gasolina	Diesel	Fuel Oil	Gas Licado Petroleo	Biogas	Solar PV	Hidro.	Calor	MSW	Aguas Residuales	Biomasa Podas	Total
Producción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1540,53	22,32	0,00	6,04	65,36	65,36	1634,26
Importación	0,00	59,47	984,85	764,54	218,49	313,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2340,93
Exportación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oferta total	0,00	59,47	984,85	764,54	218,49	313,58	0,00	1540,53	22,32	0,00	6,04	65,36	65,36	3975,18
Solar térmico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-95,97	0,00	62,38	0,00	0,00	0,00	-33,59
Centrales eléctricas	281,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1444,57	-22,32	0,00	-6,04	0,00	-2,6	-1194,24
Biogás aguas residuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,72	0,00	0,00	0,00	0,00	-65,36	0,00	-34,64
Distribución	-19,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-25,60
Transformación total	261,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,80	-1540,53	-22,32	62,38	-6,04	-65,36	0,00	-1288,07
Residencial	101,55	0,00	0,00	0,00	0,00	181,51	0,00	0,00	0,00	62,38	0,00	0,00	0,00	345,44
Industria	61,89	59,47	0,00	127,33	216,55	98,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	563,92
Transporte	0,00	0,00	984,83	617,92	0,00	0,00	24,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1627,56
Comercial	59,62	0,00	0,00	0,00	0,00	25,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	85,51
Alumbrado público	18,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,56
Otros	19,98	0,00	0,02	19,29	1,93	7,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,72
Consumo total	261,60	59,47	984,85	764,54	218,49	313,58	24,80	0,00	0,00	62,38	0,00	0,00	0,00	2689,71

Fuente: E. Barragán-Escandón [29]

Rendimiento PV en condiciones de integración en techos

Para establecer la producción PV se descifra el rendimiento de la tecnología. Como se mencionó, en el contexto de estudio existe una marcada preponderancia de techumbres inclinadas, condición característica de locaciones con alta pluviosidad. En condiciones de países localizados en regiones estacionales, se consideran en el hemisferio norte, las fachadas y techos orientados hacia el hemisferio sur presenta irradiación relevante; contrariamente en el sur, aquellas orientadas al norte. Por ello el primer análisis es encontrar qué implican las condiciones de orientación e inclinación de PV en localizaciones tan próximas a la línea ecuatorial. Para ello se analizó previamente el rendimiento de placas PV en distintas disposiciones respecto al firmamento, al tiempo que se recolecta información climática, entonces, a partir de ello con lecturas de rendimiento de períodos cercano de una semana en cada disposición, se calibra modelo de rendimiento PV en herramienta de simulación SAM, (Simulation Advisor Model). El modelo al analizar frente a producciones reales muestra buena fiabilidad bajo distintas condiciones de irradiación, acorde a resultados comparativos desarrollados por investigadores locales [32].

Los resultados significativos son entre otros la existencia de un elevado rendimiento PV en cualquier orientación, sobre todo cuando la inclinación de los PV es baja. Con el modelo de SAM establecido y archivo climático se detecta que la mayor producción se obtiene con orientación SE y la mínima al NO, no obstante, en balance anual es apenas 1,5% la primera sobre la segunda, en estudio en inclinaciones entre 0 ° y 30 ° de pendiente, en donde también se determina que la proporción de esta tipología de techos supera el 90% [33]. Se concluye entonces que cualquier techumbre inclinada en estas latitudes tiene potencial sustancial si esta no está afectada por sombras, limitación que también es menor en esta latitud respecto a otras por configuración urbana y recorrido solar.

Potencial solar en tipologías urbanas

Potencial PV en edificaciones bajas mixtas

Un primer análisis se hizo considerando una muestra representativa de una de las tipologías de casas. Se adoptaron viviendas/edificaciones típicas del centro histórico comprendidos en 80 manzanas del núcleo central de la ciudad y entre estas, 119 edificaciones individuales. Por tratarse del centro de la ciudad, estas presentan uso mixto principalmente residencial, comercial y de oficinas. Este trabajo fue auspiciado por la empresa de distribución eléctrica la que entregó curvas de consumo de los sectores en donde se localizan estas viviendas. El consumo medido neto anual del conjunto de casos estudiados está en el orden de 495 MWh. Frente a ello la producción neta con PV monocristalino que se adaptarían arquitectónicamente, se estima en 2815 MWh / anual, es decir, 5,7 veces el consumo base. Además, por condiciones arquitectónicas se estima el rendimiento con teja PV que sería de 1059 MWh/año, esto corresponde a 2,1 veces a la energía utilizada. Este potencial refleja que superficies de techumbre en esta tipología, exceden la demanda. Con los excedentes, por ejemplo, sería posible el energizar autos eléctricos para un recorrido de 387.000 km con la instalación masiva de placas monocristalinas, considerando un rendimiento de los vehículos de 6 kWh/km [39]. La condición de *ecuatorialidad* y de mínimos consumos urbanos registrados suponen este potencial. Los resultados reflejan además indicadores de una producción



posible de 202 kWh/año por m² en placa PV de sílice monocristalino, 59 kWh/año por m² de teja PV. Ello entrega indicadores de producción asociados de generación por m² de techumbre neto de 143,30 kWh al año, lo que implica una eficiencia neta de 9,3% en el caso de placas de sílice y 3,5% de eficiencia al aplicarse tejas PV. Es llamativo, además, que una familia integrada por tres a cuatro personas, el consumo está en el orden de 140kWh/mes a 160 kWh/ mes, observando el rendimiento de un m² sugiere que en estos casos, para alcanzar un equilibrio respecto al consumo anual implica alrededor de 10 a 12 m² de placas PV cristalinas de 60 celdas. Además, se pudo advertir que es necesario considerar los desbalances momentáneos de consumo-generación, el análisis se pudo realizar en margen horario en los días de máxima, mínima e irradiación promedio; no obstante, las oscilaciones para diseño de redes deben considerarse con mayor resolución ya que las fluctuaciones pueden darse en minutos, incluso segundos con caídas e incrementos tanto de producción como consumo. (Figura 3).

En este estudio se realizaron diversos análisis de producción respecto a consumos contabilizados. Uno de estos casos es considerar, en el promedio de los 119 casos, una dimensión de instalación PV considerando una cantidad requerida para alcanzar el estándar Net-Zero desde el consumo eléctrico. Este estándar (una de sus definiciones) supone que una edificación alcanza a generar cuanto energía consume en balance anual [40]. Suponiendo este escenario, en la Figura 3 se refleja, con un índice de ocupación de 17,5% de superficie de techo en promedio se alcanzaría teóricamente dicho estándar; si analizamos la producción con dicha superficie en días de máxima, mínima e irradiación promedio (se tomaron días registrados y su irradiación en el 2016), se observa que para alcanzar este estándar, existiría excedentes (energía en exceso) a entregar a la red en las horas cercanas al medio día; solamente días de baja irradiación no alcanzaría o existirían mínimos excedentes. Ello supone la necesidad de explorar incidencia en la red de integración de PV a escala en el ámbito urbano. Este y otros escenarios que pueden resultar de interés, así como la metodología aplicada, es descrito a detalle por Zalamea y otros [33].

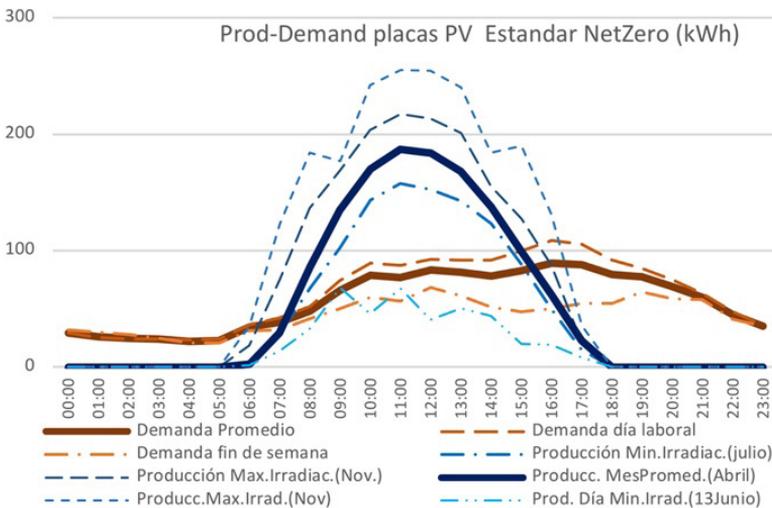


Figura 3: Curvas horarias de producción consumo considerando indicador de ocupación PV Net-Zero (Los autores[46])

Potencial PV en equipamiento industrial

Una zona especialmente sensible a la contaminación y al consumo energético es el denominado “Parque industrial” de la ciudad de Cuenca. Para analizar el desempeño y potencial autoabastecimiento de esta tipología con condiciones de particular potencial autoaprovisionamiento, se toma la industria con mayor consumo y con mayor ocupación en extensión del conjunto urbano. A su vez esta está compuesto por edificaciones individuales con extensos techos con inclinación baja, regulares geoméricamente, es decir, con características idóneas para integrar PV. El complejo está en un predio de casi 10 Hect. de terreno y ocupa poco más de 5 Hect con edificaciones, en su gran mayoría de producción y almacenamiento de producto. Para este estudio se realiza un diagramado tridimensional del complejo y fundamentalmente de su techumbre. Se analiza las condiciones arquitectónicas locales, con énfasis en cuanto a requerimientos de iluminación cenital y ventilación como prioridades arquitectónicas. Luego de establecerse estas condiciones, se plantea una ocupación máxima de PV en la techumbre de esta industria. Se alcanza con ello a integrar 28516 placas de sílice cristalino de 60 celdas lo que significaría 41633,36 m² de superficie de captación solar (Fig. 4).



Figura 4: Fotomontaje de propuesta de integración de 41600 m² de captación PV en edificio industrial en Cuenca, Ecuador (los autores [48])

A partir de la superficie disponible, con el modelo SAM establecido previamente se obtiene el rendimiento eléctrico factible acorde a las distintas inclinaciones y orientaciones de los faldones. Con datos de los consumos eléctricos horarios provistos por la empresa de distribución del año 2016 y con archivo de condiciones climáticas de ese mismo año, se simula la producción factible frente a los consumos. El análisis horario se muestra en la Fig. 5. Se encuentra que a pesar d existir una capacidad dimensional para instalarse más de 4 Hect. de PV, apenas se alcanza a cubrir el 22% del consumo actual. A pesar de observarse un porcentaje de abastecimiento que no alcanza la cuarta parte, en momentos de alta irradiación que coinciden con bajos consumos, se pueden esperar excedentes de potencia de sobre los 3 MW por momentos. Ello supone que también existe requerimiento de conexión a red para aprovechar el potencial completo [41].

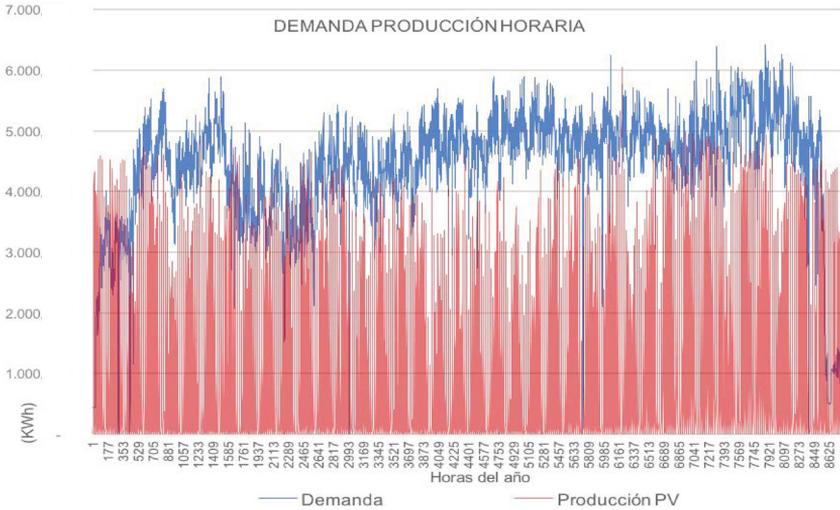


Figura 5: Comparación producción- consumo horario industria de alta demanda de Cuenca (los autores[41])

Incidencia en red

Por lo anterior, se ve la necesidad de profundizar en implicaciones en la red eléctrica. En consecuencia, se ha simulado la capacidad de inclusión PV a gran escala en los techos de un sector urbano alimentado por un transformador de media a baja tensión. Además, se considera la integración en todas las residencias existentes en aquellas edificaciones, la inclusión de sistemas de cocción eléctrica y además sistemas individuales de almacenamiento con baterías de litio residenciales. El proceso realiza simulaciones de producción y consumo de 119 edificaciones o puntos de carga, así como 119 unidades de potencial generación PV en los techos. A diferencia del potencial solar descrito previamente, este se realiza con una resolución de 15 min, justamente porque se requiere analizar fluctuaciones temporales a mayor escala. La descripción metodológica detallada, herramientas y resultados están publicados en el trabajo de Zambrano-Asanza, Zalamea-León, Barragán-Escandón, & Parra-González [42]. Se concluye que la producción PV tiene el potencial bruto para cubrir la totalidad del consumo de la zona de estudio. Pero al revisar detalladamente restricciones en red y coincidencia de producción-consumo perfecto a nivel del punto de carga, se observa que no es posible abastecer la totalidad del consumo eléctrico medido incluso integrando almacenamiento a través de baterías de litio, pero la proporción alcanzable es significativa de todos modos. Los resultados para esta zona analizada son parciales, pero entregan información importante.

Se simuló autogeneración por puntos de carga individuales (edificaciones), considerando se trata de red eléctrica existente, bajo sus condiciones. La posibilidad de inyectar el exceso de generación en determinado punto de carga adiciona complejidad a la operación y preparación de la red. Predecir la carga y producción de esta fuente fluctuante, es un desafío para la planificación eléctrica, existe la necesidad de instalar sensores de variables externas referentes a niveles de radiación, viento y clima; además contar con herramientas de predicción, simulación y optimización, integradas a la gestión y operación. No obstante, por las condiciones ambientales y de consumo favorables y estables que se dan en Cuenca, muy particulares en el mundo, la energía solar presenta un potencial significativo [43].

La evaluación presentada determina que hay oportunidades reales de autoabastecimiento eléctrico con producción cercana a la carga. Si bien no se alcanza a lograr el abastecimiento teóricamente alcanzable en escenarios con conexión en redes inteligentes y almacenamiento (de hasta un 90%), el porcentaje estimado es muy relevante de hasta un 46% sin almacenamiento y hasta 73% con almacenamiento considerando incluso consumos incrementados pero coherentes con la producción solar como la cocción. Estos resultados son superiores a otras situaciones latinoamericanas que adolecen por ahora de la capacidad técnica en red, en los que se prevé una fracción solar de máximo hasta 27% sin almacenamiento o 35% con almacenamiento [6] como consecuencia de clima y oscilación de irradiación estacional.

Son además deseables escenarios alternativos para maximizar un autoaprovisionamiento, es la posible compra-venta a red y almacenamiento a gran escala en media tensión y exportación en red a otras zonas urbana (comerciales, servicios e industriales) bajo condiciones espacio-temporales en Smart Grid [44]. También la adopción de estrategias para maximizar coincidencia producción-consumos típicos, programando las demandas estratégicamente a nivel de consumidor [44]. La Fig. 6 muestra la simulación de producción (superior) consumo (imagen inferior) de los 119 casos.

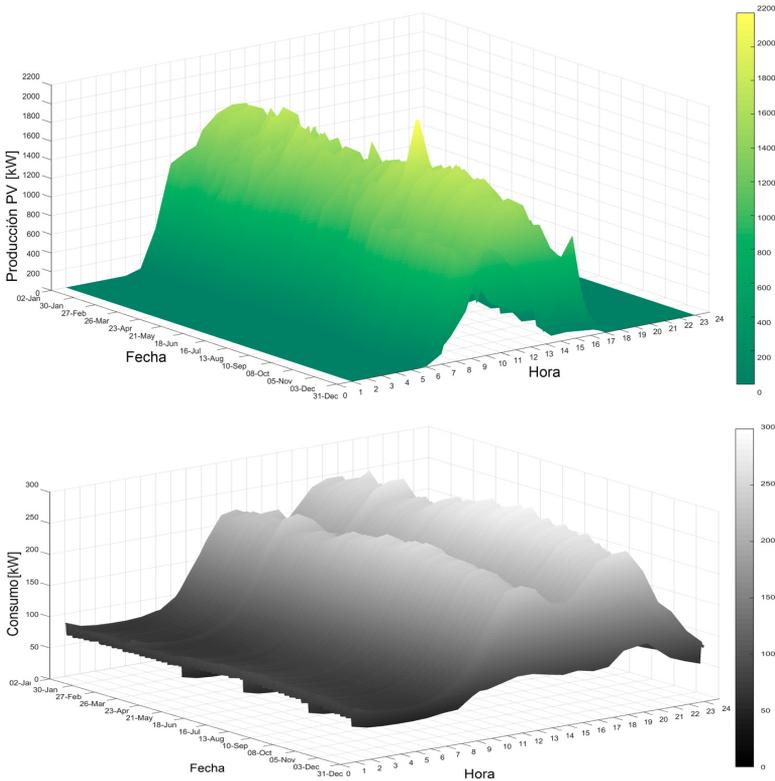


Figura 6: Análisis anual de producción PV frente a consumos de 119 edificaciones con integración PV en curvas horarias-año (Los autores [42])



Implicancia arquitectónica

Al mismo tiempo, se ha venido desarrollando inicialmente un análisis de las consecuencias ambientales de la integración arquitectónica en edificaciones. Si bien este análisis se ha hecho conjuntamente con el rendimiento PV, también se torna aplicable a los colectores ST cuando estos no tienen integrados sistemas de almacenamiento, ya que ello provocaría resultados aspectuales similares. La zona más sensible en este aspecto sería el Centro Histórico de Cuenca, zona Patrimonio Cultural de la Humanidad con edificaciones valoradas. Cabe recalcar que en el estado del arte, en edificaciones en centros urbanos de ciudades y zonas con mayor valor en el mundo (medievales), como son ciudades europeas, incluso en el Vaticano, se ha integrado PV, llevando el aspecto ambiental preponderancia a pesar de los valores estéticos-patrimoniales. Se trata justamente de uno de los aspectos con más amplia discusión actual [45].

Para llevar este análisis en el contexto de Cuenca, se desarrolla la investigación no solo desde el punto del potencial solar, sino se relaciona las implicancias arquitectónicas resultantes. A partir de la comparación de estos dos aspectos se ha definido que las superficies de techo exceden la necesidad espacial para alcanzar el estándar Net-Zero. De hecho, dependiendo del caso de estudio en el análisis desarrollado se encuentra que con una ocupación de entre el 20% y 5% de ocupación en techo con placas de sílice se puede abastecer los consumos energéticos de estas edificaciones; el análisis completo se desarrolla en E. Zalamea y otros. Así también por condiciones de red se podría ocupar espacialmente entre el 16% de superficie disponible para suplir los consumos actuales; y hasta un 30% considerando la instalación masiva de cocinas eléctricas y almacenamiento con baterías de litio [39]. Se concluye en estos trabajos que las superficies de captación pueden ubicarse en sectores de techumbre que no impactan de manera directa al ambiente urbano. De hecho, considerando la escala de calles, los PV serían perceptibles desde visuales cercanas, únicamente en el caso de edificaciones de una planta en contacto directo con el espacio público. De ahí en más los dispositivos solares serían perceptibles desde visuales lejanas y sobre todo aéreas; más allá de ello, en todo el centro histórico se observan otros tipos de techos que no son de teja que superan la superficie requerida para alcanzar el estándar Net-Zero, o además de otros tipos de elementos igual o más impactantes como tragaluces o antenas. En las Figuras a continuación, se pueden observar dos edificaciones con la cantidad de PV requeridos para alcanzar el estándar Net-Zero de aquellos casos puntuales, con mediciones reales de los dos casos; en el caso con mayor consumo (Fig. 7) en donde funciona un museo durante todo el día se requiere 56 placas de sílice; en el segundo (Fig. 8) una vivienda y comercio menor requiere solamente 11 placas. En ambos casos mostrados en fotomontaje, las placas PV de sílice serían observables solamente desde vistas aéreas, de estar dispuestas en los faldones posteriores no orientados al espacio público.



Figura 7: Edificaciones con montaje de placas requeridas para alcanzar el estándar Net-Zero de alto consumo (Esteban Zalamea-León / Antonio Barragán-Escandón [39])



Figura 8: Edificaciones con montaje de placas requeridas para alcanzar el estándar Net-Zero de consumo promedio (Esteban Zalamea-León / Antonio Barragán-Escandón)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este artículo se trata de una revisión de varios trabajos realizados en investigaciones desde 2015 desarrolladas y publicadas, describiendo posibilidades y magnitudes para lograr un eventual abastecimiento con recursos endógenos y renovables. Las ciudades como fuente de su propia energía son una situación ideal desde la perspectiva ambiental. La coyuntura actual que muestra la necesidad urgente de reducir y eliminar subsidios a los combustibles fósiles exige el promover alternativas que además posibiliten generar puestos de trabajo en lugar de gastar ingentes recursos en importaciones energéticas que además resultan ineficientes, contaminantes y con usufructo de corporaciones extranjeras. Se plantea la situación bajo el escenario de consumos de años resientes. La limitación de este trabajo en su verdadera implementación es sin duda que la base



de este estudio se vería modificado para los años subsiguientes, por lo que lograr lo planteado de forma precisa resultaría en otras magnitudes. La intención es mostrar el potencial actual, para promover las mejores posibilidades a futuro.

La primera parte recopila los resultados obtenidos a partir de seis fuentes energéticas en los que se denota como aspecto primordial que, si bien entre todas las posibilidades existe el potencial de abastecer algo menos de un 14% del consumo base, existirían excedentes para abastecer una magnitud de tres veces los requerimientos eléctricos y podría alcanzar sobre el 38,8%, el potencial eléctrico total es 998 KBEP, pero el consumo eléctrico urbano solo 262 KBEP. Pero para ello, se debe tornar útil este excedente, siendo necesaria la conversión de consumos actuales alimentados por combustible fósiles a eléctricos. Los estudios muestran que estratégicamente se deben focalizar en la sustitución de los energéticos destinados al transporte, que actualmente es el sector con mayor consumo y más contaminante; aunque además la cocción o abastecimiento de ACS también puede ser significativo.

En segunda instancia, a partir del excelente potencial determinado (las dos fuentes con mayor capacidad son la PV en primer lugar y la ST en segundo) se desarrolla investigación puntual de la primera opción. En cuanto a despliegue por disposición PV es destacable el relevante potencial existente en cuanto a captación, cuando los PV presentan pendientes concordantes con las techumbres típicas locales, existiendo excelente irradiación con mínima afectación por condiciones de orientación; condición particularmente positiva de esta latitud. En el caso de viviendas se observa que se requiere, dependiendo el caso, de márgenes menores para alcanzar el estándar Net-Zero; normalmente en un rango de entre el 5% al 20%; en el caso de la industria, si bien por el elevado consumo. Se obtiene una fracción, no obstante, es una importante producción, concretamente en la industria analizada se podría instalar más de 4 hect. de PV, lo que representa el consumo eléctrico promedio de 17000 cuencanos. Es necesario el seguir con investigaciones en otras tipologías y barrios urbanos particulares, no obstante, los análisis expuestos permiten al lector tener una idea, de la capacidad PV urbana, en el contexto particular. También por las buenas condiciones climáticas con mínima variación estacional, se observa excelentes condiciones para integración a red, incluso en condición actual, sin requerir tecnología de redes inteligentes. Sin embargo, para poder exportar excedentes entre zonas de la ciudad, se debe reacondicionar la red de forma que maneje flujos espacio temporales entre zonas de elevada producción (áreas residenciales), a zonas de alto consumo, como industriales, de equipamiento o comerciales.

La segunda tecnología solar, la ST está en análisis como trabajo futuro. Si bien ha se ha predeterminado existiría un potencial de hasta un 2,2% del consumo urbano, en el caso de edificaciones residenciales, este abastecimiento se espera alcance márgenes superiores al requerimiento de energía para abastecer ACS. Es una alternativa ideal como complemento a la cocción por inducción justamente como estrategias para reducir los actuales subsidios y así descarbonizar la matriz energética actual. Concretamente se analizará el rendimiento de los colectores ST de tubo de vacío (*heat pipe*) y de placa plana, para validar modelos de simulación, así como establecer la tecnología con mejor aptitud.

Los análisis futuros están encaminados a determinar posibilidades y requerimientos para alcanzar los estándares Net-Zero (consumo total energético de una edificación

igual a la energía generada) Plus-Energy (estándar en el que la edificación genera más de lo que consume para suplir usos urbanos y de transporte) y el más reciente que es el estándar Power-Building nueva definición para edificaciones que generan la cantidad de energía ocupada durante la operación de la edificación más la energía contenida en materiales y proceso de construcción y deconstrucción en un balance a sesenta años. Estos estándares son complejos de alcanzar especialmente en los climas adversos, en donde se requiere cuantiosa carga energética para lograr confort, además de exigencias altas en construcción y aislamientos que además provocan más energía contenida. En el clima ecuatorial andino con estrategias sencillas, control de infiltración y buena captación pasiva más ventilación se puede alcanzar niveles de confort sin necesidad de equipos de ambientación o consumo energético alguno. Sin esta carga, se concluye finalmente, que uno de los lugares del mundo en donde es más fácil alcanzar los estándares descritos es en la situación geográfica de la ciudad analizada y cualquier ciudad bajo condiciones climáticas similares; de estas hipótesis, también surgen evidentemente la necesidad de ampliar la investigación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto de investigación “Calibración de modelo F-Chart para colectores solares térmicos con parametrización y validación acorde a disposiciones típicas para integración arquitectónica en climas ecuatoriales andinos”. Es financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca, a la cual enviamos el más profundo agradecimiento.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Contribuciones de E. Zalamea, estructuración y recopilación de información. Es autor principal de las investigaciones revisadas de potencial solar urbano y de edificaciones. Contribuciones de A. Barragan, fue el autor de la metodología y obtención del potencial renovable urbano desde distintas fuentes y revisor del potencial solar en conjunto con el autor principal.

REFERENCIAS

- [1] Byrne, J., Taminiau, J., Seo, J., Lee, J., & Shin, S. (2017). Are solar cities feasible? A review of current research. *International Journal of Urban Sciences*, 0(0), 1–18. <https://doi.org/10.1080/12265934.2017.1331750>
- [2] Brown, T. W., Bischof-Niemz, T., Blok, K., Breyer, C., Lund, H., & Mathiesen, B. V. (2018). Response to 'Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92(September 2016), 834–847. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.113>
- [3] Mosannazadeh, F., Bisello, A., Diamantini, C., Stellin, G., & Vettorato, D. (2017). A case-based learning methodology to predict barriers to implementation of smart and sustainable urban energy projects. *Cities*, 60, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.07.007>
- [4] Barragán-Escandón, E., Zalamea-León, E., Terrados, J., & Vanegas-Peralta, P. (2019). Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad, 45(134), 259–288
- [5] Nejat, P., Jomehzadeh, F., Mahdi, M., & Gohari, M. (2015). A global review of energy consumption, CO₂ emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂ emitting countries). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 843–862. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066>
- [6] Wegertseder, P., Lund, P., Mikkola, J., & García Alvarado, R. (2016). Combining solar resource mapping and energy system integration methods for realistic valuation of urban solar energy potential. *Solar Energy*, 135, 325–336. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.05.061>
- [7] Aguilar, E. (2019, October 17). Ecuador muestra que los subsidios fósiles se niegan a morir. *EL CEO*. Retrieved from <https://elceo.com/internacional/ecuador-muestra-que-los-subsidios-fosiles-se-niegan-a-morir>
- [8] Vargas, F. (2019, October 19). Primer balance tras los desmanes en Santiago: 41 estaciones de Metro con destrozos y 308 detenciones
- [9] Moser, D., Lovati, M., & Maturi, L. (2018). *Photovoltaic City: Effective Approaches to Integrated Urban Solar Power. Urban Energy Transition* (2nd ed.). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102074-6.00030-9>
- [10] REN21. (2017). *Renewables 2017: global status report. Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 72). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.082>
- [11] Renewable Energy Agency, I. (2018). Renewable Power Generation Costs in 2017. *International Renewable Energy Agency*. https://doi.org/10.1007/SpringerReference_7300
- [12] IEA. (2009). *Cities, Towns & Renewable Energy Cities, Towns*. Paris: IEA/OECD. Retrieved from <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Cities2009.pdf>
- [13] IRENA. (2018). *Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2018, International Renewable Agency*. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-16-2586>
- [14] Poggi, F., Firmino, A., & Amado, M. (2018). Planning renewable energy in rural areas: impacts on occupation and land use. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.009>
- [15] Lin, Z., & Qi, J. (2017). Hydro-dam – A nature-based solution or an ecological problem: The fate of the Tonlé Sap Lake. *Environmental Research*, 158(May), 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.016>
- [16] Caldarelli, C. E., & Gilio, L. (2018). Expansion of the sugarcane industry and its effects on land use in São Paulo: Analysis from 2000 through 2015. *Land Use Policy*, 76(January), 264–274. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.05.008>
- [17] Benis, K., Turan, I., Reinhart, C., & Ferrão, P. (2018). Putting rooftops to use – A Cost-Benefit Analysis of food production vs. energy generation under Mediterranean climates. *Cities*, 78(February), 166–179. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.02.011>
- [18] Ziebell, A. C., & Singh, V. K. (2018). Energy indicator in sustainable urban energy metabolism and challenges. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy*, 171(1), 26–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1680/jener.17.00010>
- [19] Connolly, D., Lund, H., & Mathiesen, B. V. (2016). Smart Energy Europe: The technical and economic impact of one potential 100% renewable energy scenario for the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1634–1653. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.025>

- [20] Dujardin, J., Kahl, A., Kruyt, B., Bartlett, S., & Lehning, M. (2017). Interplay between photovoltaic, wind energy and storage hydropower in a fully renewable Switzerland. *Energy*, 135, 513–525. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.092>
- [21] Mareschal, B. (2013). *Visual PROMETHEE manual*
- [22] Barragán-Escandón, A., Terrados-Cepeda, J., & Zalamea-León, E. (2017). The role of renewable energy in the promotion of circular urban metabolism. *Sustainability (Switzerland)*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/su9122341>
- [23] Grubler, A., Bai, X., Buettner, T., Dhakal, S., Fisk, D. J., & Ichinose, T. (2013). Urban Energy Systems. In *Global Energy Assessment (GEA) Toward a Sustainable Future* (pp. 1307–1400). <https://doi.org/10.4324/9780203066782>
- [24] Zhang, X., Shen, L., Chan, S. Y., & Yee, S. (2012). The diffusion of solar energy use in UK : What are the barriers ? *Energy Policy*, 41, 241–249. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.10.043>
- [25] Child, M., Breyer, C., & Haukkala, T. (2017). The Role of Energy Storage Solutions in a 100% Renewable Finnish Energy System. *Sustainability*, 9(1358), 0–25. <https://doi.org/doi:10.3390/su9081358>
- [26] Heaps, C. G. (2016). Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system. Somerville, MA, USA.: Stockholm Environment Institute. Retrieved from <https://www.energycommunity.org>
- [27] Barragán-Escandón, Antonio, Zalamea-león, E., Terrados-Cepeda, J., & Parra-González, D. (2019). Las energías renovables a escala urbana. Aspectos determinantes y selección tecnológica. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(2), 39–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n2.65720>
- [28] Barragán Escandón, A., Terrados Cepeda, J., Zalamea León, E., & Arias Reyes, P. (2018). Electricity production using renewable resources in urban centres. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy*, 171(1), 12–25. <https://doi.org/10.1680/jener.17.00003>
- [29] Barragán-Escandón, E. (2018). *EL AUTOABASTECIMIENTO ENERGÉTICO EN LOS PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO EN EL MARCO DEL METABOLISMO URBANO: CASO CUENCA, ECUADOR*. Universidad de Jaen. Retrieved from <http://ruja.ujaen.es/handle/10953/936>
- [30] [30]ARCONEL. (2019). Proyecto de Biogas Pichacay. Retrieved December 29, 2019, from <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/proyecto-de-biogas-pichacay/>
- [31] Urgiles, E., & Yanez, I. (2019). *Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la estimación del potencial energético de la biomasa lignocelulósica, en las áreas verdes públicas de la zona urbana de Cuenca*. Universidad de Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32119>
- [32] Izquierdo-torres, I. F., Pacheco-portilla, M. G., Gonzalez-Morales, L. G., & Zalamea-Leon, E. F. (2019). Simulación fotovoltaica considerando parámetros de integración en edificaciones Photovoltaic simulation considering building integration parameters. *INGENIUS: Revista de Ciencia y Tecnología*, 21, 9–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/ings.n21.2019.02>
- [33] ARCH-Azuay, & Centrosur. Base de datos (2017). Cuenca, Ecuador.
- [34] Duffie, J. a., & Beckman, W. a. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes. Journal of Solar Energy Engineering* (2nd ed., Vol. 116). New York. <https://doi.org/10.1115/1.2930068>
- [35] International Energy Agency. (2019). *Renewables Information 2019 Overview* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CB09781107415324.004>
- [36] Castro Verdezoto, P. L., Vidoza, J. A., & Gallo, W. L. R. (2019). Analysis and projection of energy consumption in Ecuador: Energy efficiency policies in the transportation sector. *Energy Policy*, 134(August). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110948>
- [37] Palacios, E., & Espinoza, C. (2014). Contaminación Del Aire Exterior. Cuenca - Ecuador, 2009- 2013. Posibles Efectos En La Salud. *Revista de Ciencias Médicas*, 32(2), 34,56. Retrieved from [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22965/1/Dra Elvira palacios ing Claudia Espinoza.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22965/1/Dra%20Elvira%20palacios%20ing%20Claudia%20Espinoza.pdf)
- [38] González, L. G., Sivachay, E., & Espinoza, J. L. (2019). Impact of EV fast charging stations on the power distribution network of a Latin American intermediate city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107(June 2018), 309–318. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.017>



- [39] Zalamea-León, E., Mena-Campos, J., Barragán-Escandón, A., Parra-González, D., & Méndez-Santos, P. (2018). URBAN PHOTOVOLTAIC POTENTIAL OF INCLINED ROOFING FOR BUILDINGS IN HERITAGE CENTERS IN EQUATORIAL AREAS. *Journal of Green Building*, 13(3), 45–69. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.13.3.45>
- [40] Karlessi, T., Kampelis, N., & Kolokotsa, D. (2017). The concept of smart and NZEB buildings and the integrated design approach. *Procedia Engineering*, 180, 1316–1325. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.294>
- [41] Marin-López, D., Zalamea-León, E. F., Barragán-Escandón, E. A., Marin-Lopez, D. S., Zalamea-León, E. F., & Barragán-Escandón, E. A. (2018). POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN TECHUMBRE DE EDIFICIOS INDUSTRIALES DE ALTA DEMANDA ENERGÉTICA, EN ZONAS ECUATORIALES. A. *Habitat Sustentable*, 8(1), 28–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.22320/07190700.2017.08.01.03> HS
- [42] Zambrano-Asanza, S., Zalamea-León, E. F., Barragán-Escandón, A., Parra-González, D., Barragán-Escandón, E. A., & Parra-González, A. (2019). Urban photovoltaic potential estimation based on architectural conditions, production-demand matching, storage and the incorporation of new eco-efficient loads. *Renewable Energy*, 142, 224–238. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.105>
- [43] Ministerio Federal de Relaciones Exteriores de Alemania. (2017). La Energiewende Alemana.
- [44] Freitas, S., Reinhart, C., & Brito, M. C. (2018). Minimizing storage needs for large scale photovoltaics in the urban environment. *Solar Energy*, 159(September 2017), 375–389. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.11.011>
- [45] Bonomo, P., & De Berardinis, P. (2014). PV integration in minor historical centers: Proposal of guidecriteria in post-earthquake reconstruction planning. *Energy Procedia*, 48(0), 1549–1558. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.175>

Control de un sistema de energía basado en supercondensadores para mitigar los huecos de tensión en el punto de conexión común

Carlos Orellana Uguña^{1*}, Luis González Morales¹, Filipe Soares Oliveira², Nuno Abreu Sousa²

¹Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad de Cuenca, Ecuador

²Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Escola Superior de Tecnologia e Gestãa, Instituto Politécnico de Leiria, Portugal

*Autor para correspondencia / Corresponding autor: carl.mauryou@yahoo.es

Control of a system of energy based on supercapacitors to mitigate the voltage gaps at the point of common coupling

Abstract

This article presents the design of an energy injection system based on supercapacitors in order to reduce the voltage gaps caused by the random connection of electric machines that are used in industrial activities, with the aim of improving the quality of energy at the common connection point. Therefore, a model of the energy distribution of the studied case, the energy storage that is composed of supercapacitors, the two-way energy conversion and the current and voltage control systems are made. The designed system allows the injection of a power of 22,8 kW with a capacity of 1.2 Wh, compensating the transients produced by the connected loads to the network in order to keep the voltage levels within the established standards given by IEEE 1159, CONELEC 004/01 y NP EN 50160-2010.

Keywords: Voltage sags, supercapacitor bank, Power conversión (AC/DC, DC/AC), point of common coupling (PCC).

Resumen

Este artículo presenta el diseño de un sistema de inyección de energía basado en supercondensadores para mitigar los huecos de tensión originados por la conexión aleatoria de máquinas eléctricas que son utilizadas en las actividades industriales, con el objetivo de mejorar la calidad de energía en el punto de conexión común. Para ello se modela el sistema de distribución de energía del caso de estudio, el sistema de almacenamiento de energía que está compuesto por supercondensadores, el sistema de conversión de energía bidireccional y el sistema de control de corriente y voltaje. El sistema diseñado permite inyectar una potencia de 22,8 kW y capacidad de 1,2 Wh, compensando los transitorios producidos por las cargas conectadas a la red para mantener los niveles de tensión dentro de las normas establecidas por IEEE 1159, CONELEC 004/01 y NP EN 50160-2010.

Palabras clave: Huecos de tensión, Banco de supercondensadores, convertidores de potencia (AC/DC, DC/AC), punto de conexión común (PCC).

INTRODUCCIÓN

Una buena planificación del sistema de alimentación de energía involucra una rápida respuesta ante problemas que se puedan originar por motivos atmosféricos, por intervención humana o por mantenimiento; otra consideración que se debe tener presente es el continuo crecimiento de la demanda, obligando al redimensionamiento y a la expansión de la red de distribución [1] con el objetivo de incrementar los niveles de confiabilidad en el suministro y en la calidad de energía en el punto común de conexión (PCC) [2], siempre considerando los aspectos económicos para determinar si la mejor opción es el redimensionamiento, repotenciación o la interconexión de un sistema de inyección de energía en la red, cualquiera de las opciones que se implemente tendrá el objetivo de hacer cumplir las regulaciones técnicas a las empresas distribuidoras, con la finalidad de mantener la calidad de energía entregada. Para llevar a cabo este objetivo se ha implementado diferentes sistemas de almacenamiento (ESS) y estabilizadores de energía, los cuales están indicados en la Fig. 1.

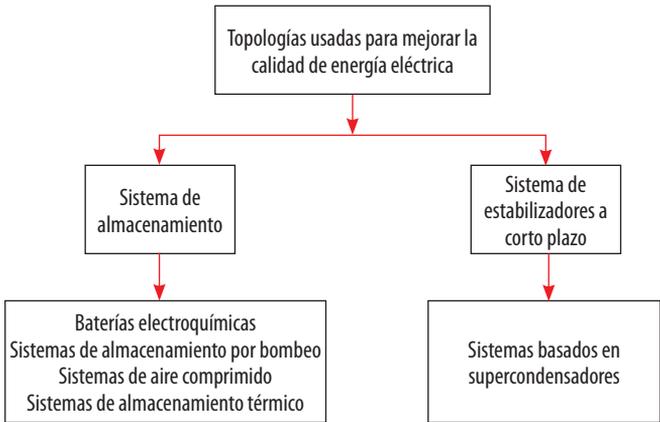


FIGURA 1. Topologías utilizadas para mejorar la calidad de energía

Estos diferentes sistemas de almacenamiento tendrán la función de absorber la energía durante períodos no picos de consumo, cuando el costo de generación es bajo o cuando la generación es excedente y abastecer la demanda durante los períodos de carga máxima cuando los costos son altos o cuando no se disponga de otro medio de generación. Sin embargo, se debe tener presente algunas consideraciones antes de su elección: tiempo de vida útil, eficiencia y ciclo de carga/descarga, las cuales están indicadas en la Fig. 2.



ESS	Ciclo	Vida útil	Eficiencia
	Carga/descarga	(años)	(%)
Supercondensador	1.000.000	10-20	95
Volante de Inercia	200.000	15	90
Batería Plomo-Ácido	2.000-2.500	5-15	75-80
Batería Niquel Cadmio	2.000-2.500	10-15	60-70
Batería Sulfuro de Sodio	2.500	5-15	75-86
Batería Ion-Litio	500-1.000	5-10	87-92
Batería Polímero-Litio	>1.000	5-10	95
Por aire comprimido	10.000-30.000	30	70-80
Por bombeo	20.000-50.000	30	57-64

FIGURA 2. Características de los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica

Si se considera los aspectos mencionados en la Fig. 2, la opción viable es la utilización de supercondensadores, es por ello, que el presente trabajo realiza el estudio sobre el diseño de un sistema de inyección de energía basado en supercondensadores para mitigar los huecos de tensión en el punto de conexión común.

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema de inyección de energía se procede a modelar el sistema basado en supercondensadores con sus respectivos lazos de control y la red de distribución, mediante la utilización del simulador PSIM®.

El diseño es aplicado a una zona rural con explotación minera/agrícola que presentan cargas del tipo máquinas eléctrica.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Debido al incremento de cargas conectadas a un PCC perteneciente a zonas con vocación minera/agrícola, la calidad del suministro de energía disminuye, dado que las características del sistema de distribución existente y a la continua puesta en marcha de las máquinas eléctricas de gran capacidad sin contar con sistemas de arranques suaves contribuyen a la formación de huecos de tensión.

Para determinar las zonas de mayor explotación minera/agrícola en el Ecuador se consideró la base de información del Instituto Nacional de Estadística y Censo (año 2010), los cuales determinaron que el 58% de las concesiones dedicadas a la explotación minera se encuentra en ocho provincias del país: El Oro, Pichincha, Azuay, Orellana, Sucumbíos, Zamora Chinchipe, Guayas y Esmeralda, especificando lo siguiente [3]:

- En la provincia del Oro: 6.745 personas trabajaron en la actividad de explotación minera, representado un 2,7% del total de habitantes.
- En la provincia de Pichincha: 6.245 personas trabajaron en la actividad de canteras, representando el 0,5% del total de habitantes.
- En la provincia del Azuay (Camilo Ponce Enríquez, Pucará): 4.728 personas trabajan en la explotación minera, representado más del 85% del total de habitantes, además se dedican a otras actividades como la agricultura y la ganadería [4].

A partir de lo mencionado, las zonas con mayores actividades mineras/agrícolas son: Camilo Ponce Enríquez y Pucará, por ende, en estos cantones se enfocará el estudio.

Una vez establecido las zonas de estudio, mediante el Geoportal de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, perteneciente a la provincia del Azuay del país Ecuador, se procedió a identificar el alimentador que suministra de energía eléctrica, determinando que es el alimentador 1424.

Debido a la falta de existencia de normativas técnicas que regulen la potencia de los motores usados en las diferentes actividades, se consideró como referencia las maquinarias empleadas en una principal minera denominada TRES CHORRERAS [5] que establece la utilización de motores Allis Chalmers de 32 Hp, en función de ello y en base a catálogos disponibles en el Ecuador se utiliza motores eléctricos W21 a Prueba de Explosión NEMA Premium Efficiency de 50 HP que dan movimiento a bombas centrífugas para el manejo de líquidos, trituradoras, cintas transportadoras entre otras [6]. Por ende, la carga a modelar serán para esta aplicación motores eléctricos de inducción con las características indicadas en la Fig. 3 [7] y con el modelo de simulación y sus características de la red de distribución indicadas de igual forma en la Fig. 3, con resistencias de 20 Ω en el modelo, la cual emula pequeños aparatos eléctricos conectados (iluminación, electrodomésticos).

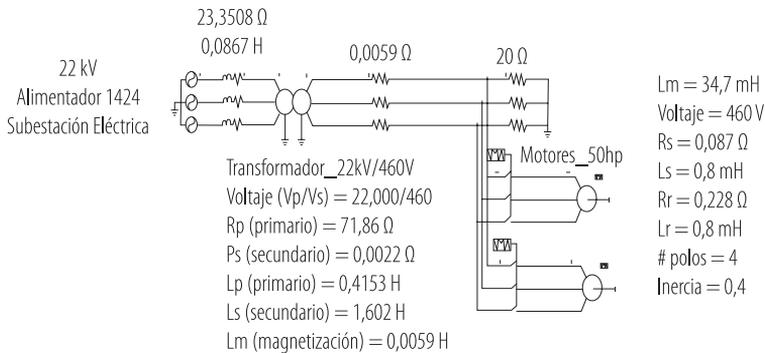


FIGURA 3. Modelo de la red de distribución

CALIDAD DE ENERGÍA

Uno de los aspectos importantes relacionadas con la calidad de energía son los llamados huecos de tensión (*sag*) descritos en detalle en las normativas técnicas IEEE 1159, CONELEC



004/01 y NP EN 50160-2010, las cuales definen al *sag* como una disminución de la tensión de alimentación a un valor situado entre el 10% y el 90% de la tensión nominal, además definen a la elevación de tensión (*swell*) como una elevación de tensión de alimentación a un valor situado entre el 110% y 180% de la tensión nominal seguida del restablecimiento de la tensión después de un corto lapso de tiempo, aplicando este criterio al nivel de tensión fase-neutro del lado secundario del transformador de la figura 3, el rango de voltaje de fase para la formación de los sags está comprendido entre 26,55 V y 238,95 V y para el *swell* entre 292,05 V y 477,9 V, resultando así un rango permisible de 238,95 V y 292,05 V en donde el nivel de tensión se considera como aceptable.

PROPUESTA DEL SISTEMA DE ENERGÍA PARA MITIGAR LOS HUECOS DE TENSIÓN EN EL PUNTO DE CONEXIÓN COMÚN

El modelo que este estudio propone para mitigar los huecos de tensión en el PCC está indicado en la Fig. 4, el cual está compuesto por un banco de supercondensadores y un convertidor de potencia trifásico bidireccional.

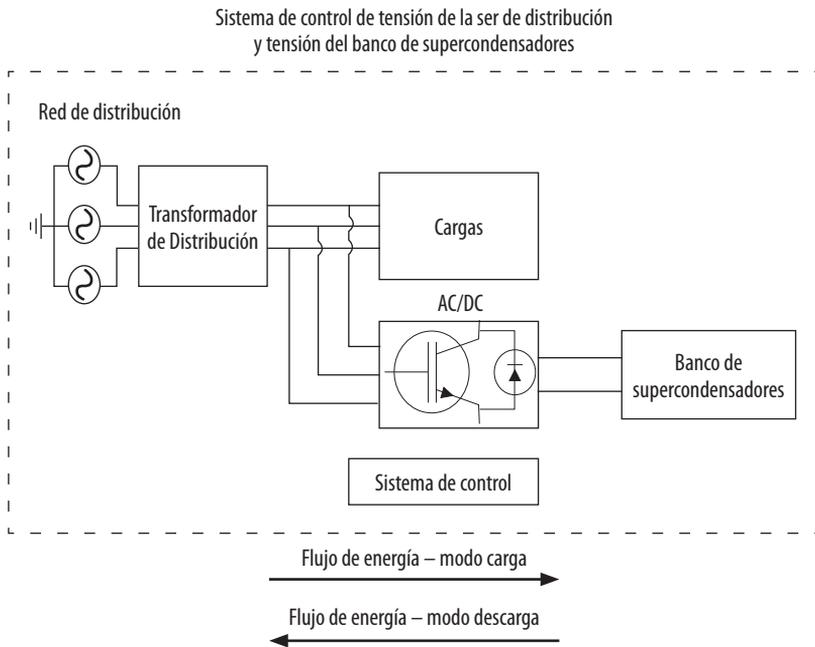


FIGURA 4. Sistema basado en supercondensadores para mitigar los huecos de tensión en el PCC

El sistema de control de la Fig. 4 consta de un control de corriente en el sistema de referencia síncrono [8, 9], y tendrá la tarea de controlar la tensión de la red de distribución y tensión del banco de supercondensadores, este control se puede dividir en tres subetapas:

- **Modo carga**, la energía fluye desde la red de distribución hacia el banco de supercondensadores para alcanzar el nivel de tensión nominal, en este modo, opera el sistema de control de tensión del banco de supercondensadores comportándose el convertidor como rectificador trifásico controlado.
- **Modo descarga**, la energía fluye desde el banco de supercondensadores hacia la red de distribución, en este modo, opera el sistema de control de tensión de la red de distribución comportándose el convertidor como inversor trifásico controlado.
- **Modo stand-by**, no existe circulación de energía debido a que el nivel de tensión de los supercondensadores coincide con la tensión de referencia establecido, en este modo, el convertidor trifásico se encuentra inactivo esperando el momento exacto para convertirse en inversor controlada para inyectar energía desde los supercondensadores hacia a la red eléctrica o en rectificador controlado para inyectar energía desde la red eléctrica hacia los supercondensadores.

A continuación, se describe el lazo de control que conforma el sistema basado supercondensadores.

Sistema de control perteneciente al control de la tensión de la red de distribución y tensión del banco de supercondensadores

El sistema de control, cuenta con una estructura definida por el modo de operación “carga o descarga”, la Fig. 5, indica en forma de diagrama de bloques el sistema de control en cascada, donde el lazo interno de control es el correspondiente a las corrientes en el eje directo (i_d) y cuadratura (i_q).

En base al nivel de tensión que soporta el convertidor trifásico SKiM459GD12E4 y el banco de supercondensadores U37F tipo E37F501CPN103MFK0M, se establece que para el *modo carga*, el valor de referencia de la tensión del banco de supercondensadores se fijará en 900 V.

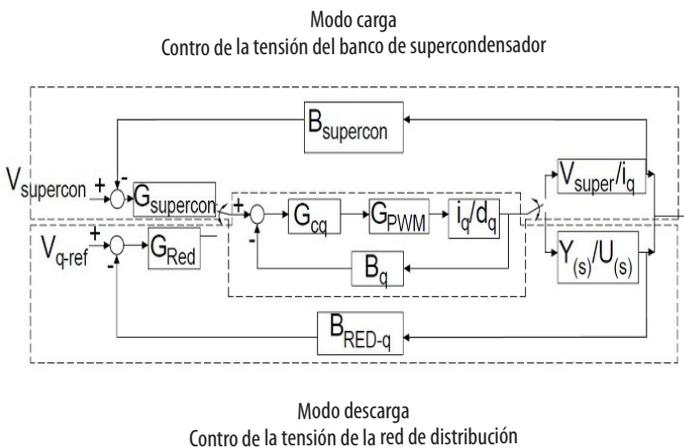


FIGURA 5. Lazos de control para la tensión de la red de distribución y del banco de supercondensadores



De la Fig. 5, B_{cf} , $B_{(red-q)}$, $B_{supercon}$ son las ganancias asociadas a los censados de corriente, de tensión de la red de distribución y de la tensión del banco de supercondensadores respectivamente, con valores unitarios, G_{cf} , $G_{supercon}$, G_{RED} son las funciones de transferencia de los controladores, que en esta aplicación se han utilizado controladores clásico proporcional e integrales PI, G_{PWM} es la ganancia del PWM, que en este caso se ha utilizado con ganancia unitario, $\frac{Y(s)}{U(s)}$ representa la función de transferencia que relaciona

la tensión de la red de distribución con respecto a la corriente en el eje de cuadratura, $\frac{V_{super}}{\tilde{I}_q}$ representa la función de transferencia que relaciona la tensión del banco de supercondensadores respecto a la corriente en el eje de cuadratura.

Las ecuaciones del balance de energía asociada al banco de supercondensadores pueden representarse mediante las ecuaciones (1) y (2) [8].

$$\frac{V_{super}}{\tilde{I}_q} = \frac{D_q}{C s' + \frac{I_{filtro}}{V_{banco_super}}} \quad (1)$$

$$D_q = \frac{2\sqrt{2}V_{fn}}{V_{banco_super}} \quad (2)$$

Donde: D_q es el índice de modulación, C es la capacitancia total del banco de supercondensadores, I_{filtro} es la corriente que circula desde el puente rectificador hacia el banco de supercondensadores, V_{banco_super} es la tensión nominal del banco de supercondensadores, s' es el operador de Laplace.

Para calcular el valor de la capacitancia total del banco de supercondensadores se hace uso de la ecuación (3).

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Dónde: Q es la carga en Coulomb, definido como la integral de la corriente $i(t)$ que circula a través del banco de supercondensadores, t es el tiempo en el cual se produce el arranque de los motores (que para este caso es de 0,2 s) y V es la diferencia de tensión que se requiere al momento de descargarse el banco de supercondensadores que en este caso se considerará una diferencia de 30 V.

El modelo de la Fig. 6, permite calcular el valor de $\int_0^t j(t)$.

La carga de la Fig. 6 está conformado por las características indicadas en la Fig. 3.

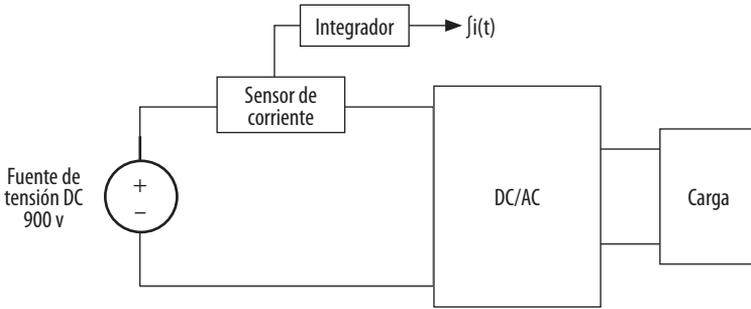


FIGURA 6. Modelo para el cálculo de la integral de la corriente

Al aplicar el modelo de la Fig. 6 en la ecuación (3) se obtuvo un valor de capacitancia total de 0,1 F, pero se debe considerar los siguientes aspectos:

- El nivel de tensión que debe soportar el banco de capacitores es de 900 V, para ello se usó dos capacitores en serie de 0,01 F con una tensión máxima individual de soporte de 550 V.
- La capacitancia total debe de ser de 0,1 F, como se usó dos capacitores en serie de 0,01 F resulta la capacitancia total de 0,005 F, por lo tanto, para que la capacitancia total sea de 0,1 F se hará uso de 20 capacitores en paralelo.

De igual modo el modelo del convertidor de potencia, puede tratarse mediante la ecuación (4) [8].

$$\frac{\bar{i}_{d(s)'}}{\bar{d}_{d(s)'}} = \frac{\bar{i}_{q(s)'}}{\bar{d}_{q(s)'}} = \frac{V_0}{L s' + R_s} \tag{4}$$

Para los parámetros involucrados en la ecuación (4), se considera lo siguiente:

- V_0 es la tensión del banco de supercondensadores, en el presente trabajo se ha definido en un valor de 900 V.
- L es la inductancia del filtro de entrada de acuerdo a 4 [10].
- Para el cálculo se procede de la siguiente manera: se considera que la reactancia inductiva va a ser igual al 10% de la resistencia base [8] resultando y a partir de ello . A partir de este valor inicial se calibra el valor del filtro L hasta llegar a un valor de 7 mH, con el cual el THD se encuentra dentro de la norma NP EN 50160-2010, CONELEC 004/01 (menor al 8%).
- R_s está asociado a las pérdidas de los elementos pasivos y semiconductores que existe en el convertidor [10].
- s' es el operador de Laplace.



En el caso de la *modo descarga*, el convertidor de potencia controlado mediante los lazos de corriente en el eje directo y cuadratura son utilizado para el control de la tensión en la red de distribución mediante la función de transferencia $\left(\frac{Y(s)}{U(s)}\right)$ que para efecto del diseño del sistema de control se ha caracterizado a una aproximación de un sistema de primer orden.

Para encontrar los parámetros que constituyen dicha función de transferencia se considera que el sistema basado en banco de supercondensadores va a estar conectado en paralelo a la red de distribución comportándose como fuente de corriente, de forma gráfica, la Fig. 7, indica el esquema para determinar la función de transferencia ante la respuesta escalón.

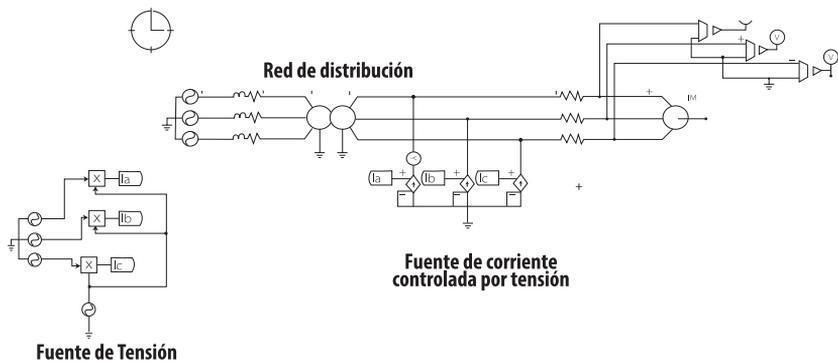


FIGURA 7. Modelo para la función de transferencia que relaciona la tensión en el PCC con la inyección de corriente en fase

Al aplicar el procedimiento antes descrito, el comportamiento de la tensión en la red de distribución ante perturbaciones de corriente con amplitud de 1 , se obtiene, obteniéndose una función de transferencia como la que se observa en la ecuación (5).

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0,129}{0,287 s + 1} \quad (5)$$

Es importante destacar que las corrientes que se inyecten desde el sistema de almacenamiento de energía hacia el PCC deben constar con un sistema de sincronización de fase para poder tener un control de energía activa o reactiva, en este diseño se ha utilizado un sistema de enganche de fase PLL [8].

Un inconveniente que presenta este sistema de sincronización de fase, es que, una vez sintonizado el controlador PI para un determinado valor de amplitud de la entrada, al cambiar la misma, varía la dinámica del lazo con llevando a que de nuevo se vuelva a sintonizar el PI. Una solución para ello es la normalización de las magnitudes de entrada [8], es decir, ante cualquier amplitud de valor de entrada con un bloque de transformación, esta magnitud siempre será igual a uno. Para realizar esta normalización se utiliza la ecuación (6) con un modelo igual al de la Fig. 8 [8].

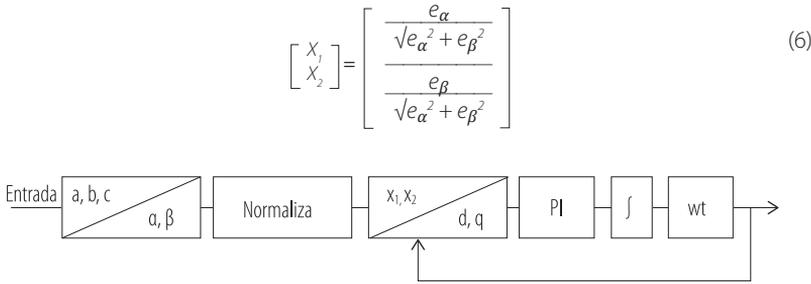


FIGURA 8. Diagrama de un PLL normalizado

La sintonización de los PI para los diferentes lazos de control se realiza por asignación de polos y ceros tomando en consideración los siguientes aspectos [8]:

- La frecuencia de conmutación en este trabajo se ha fijado en 15 kHz, lo que limita las dinámicas de los lazos de corriente, dado que para frecuencias superiores a $\frac{f_{sw}}{2} = 7,5 \text{ kHz}$, la técnica del modelado pierde validez.
- A partir de la frecuencia de sintonización del PI para el lazo de corriente, se debe sintonizar una década menos para los lazos restantes de control.
- El margen de fase del diagrama de Bode tiene que ser mayor o igual a 60°.
- El margen de ganancia mayor o igual a 7dB.

Considerando estos aspectos se obtuvieron los siguientes parámetros del PI:

- Sistema de control: para el lazo de corrientes en el eje directo y cuadratura el controlador PI posee un $k_p = 0,36$ y $k_i = 0,09$ para el lazo de control de tensión del banco de supercondensadores el controlador PI posee un $k_p = 15$ y $k_i = 0,03$ y para el lazo de control de tensión de la red de distribución el controlador PI posee un $k_p = 16,47$ y $k_i = 0,027$.
- Para el sistema de sincronización de fase PLL, el controlador PI posee un $k_p = 44.312,4$ y $k_i = 1.007,1$.

El sistema de inyección de energía basado en banco de supercondensadores en *modo descarga* posee una restricción, la cual tiene que ver con la mínima tensión que puede llegar en el momento de inyectar energía hacia el PCC, esta restricción está indicado en la ecuación (7), que para este caso es de $V_{dc_mínimo} = 639 \text{ V}$.

$$V_{dc_mínimo} = \frac{2\sqrt{2}V_{F-n(rms)}}{D_q} \quad (7)$$

Si el nivel de tensión del banco de supercondensadores se encuentra por debajo de la mínima tensión establecida anteriormente, la referencia de corriente obtendrá un valor 0 para que de este modo no inyecte ni absorba energía durante la presencia de un hueco de tensión hasta que el nivel de tensión en el PCC sea superior a 238,95 V (establecido en la sección de este documento denominado "Calidad de Energía").

DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Para comprobar el desempeño del sistema basado en supercondensadores se considera los límites establecidos en la sección de este documento denominado “Calidad de Energía”, a partir de ello se procede a simular el modelo de la Fig. 3 sin incluir el sistema de inyección de energía, el resultado del nivel de tensión está indicado en la Fig. 9.

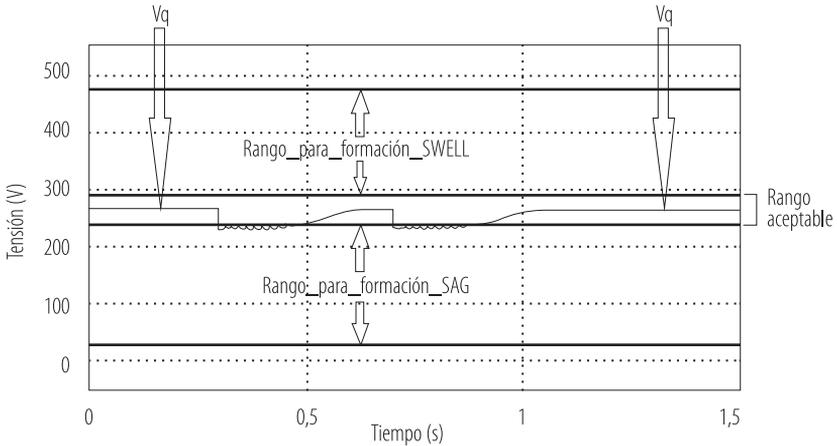


FIGURA 9. Comportamiento de tensión en PCC al momento del arranque de los motores en la red de distribución sin el sistema de energía basado en banco de supercondensadores

Al observar la Fig. 9, antes de ingresar en funcionamiento las cargas ($t < 0,3$ s), el nivel de tensión se encuentra en el rango aceptable (definido en la sección de “Calidad de energía”) con un valor igual a 265,5 V y con una corriente de 13 A debido a la carga de 20Ω que se encuentra conectado y en 0,3 s se observa una disminución repentina y transitoria de la tensión con un valor igual a 231 V, esto se debe a que en dicho momento arranca el primer motor produciéndose un pico de corriente de 400 A, con un tiempo de duración de 0,2 s, producto por el cual la tensión en el PCC se ubica dentro del rango establecido para la formación de sags, el tiempo en que ingresa nuevamente el nivel de tensión dentro del rango aceptable es de 0,2 s, de igual modo sucede en 0,7 s debido a que ingresa a funcionar el segundo motor, con el mismo valor de pico de corriente y tiempo de estabilización.

Ahora se considera la conexión del sistema de energía basado en banco de supercondensadores, el cual inyecta energía para mitigar los huecos de tensión en el PCC obteniendo la Fig. 10.

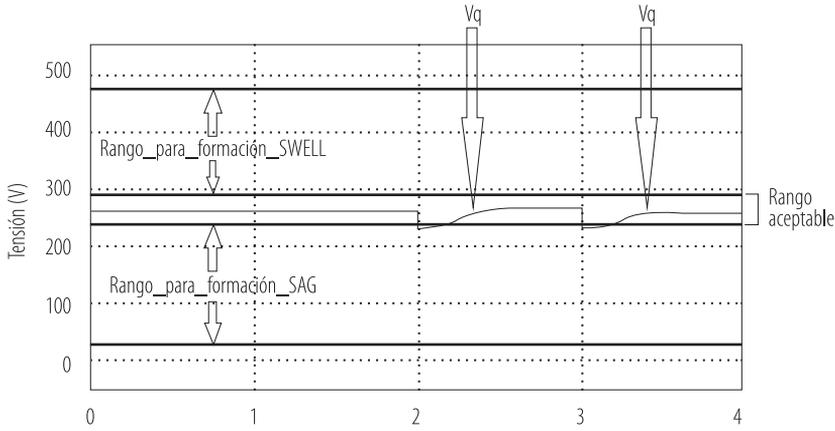


FIGURA 10. Nivel de tensión con la inyección del sistema de energía basado en banco de supercondensadores para mitigar los huecos de tensión en el PCC

En la Fig. 10, se puede observar que al momento del arranque del primer motor que ocurre en el tiempo de 2 s el nivel de tensión se encuentra dentro de los rangos aceptables, con un valor mínimo de 244 V, en comparación con el nivel de tensión de la figura 9 se incrementó 13 V, de igual modo sucede en 3 s cuando ingresa a funcionar el segundo motor con un nivel de tensión al momento del arranque de 244 V.

El nivel de tensión del banco de supercondensadores se indica en la Fig. 11.

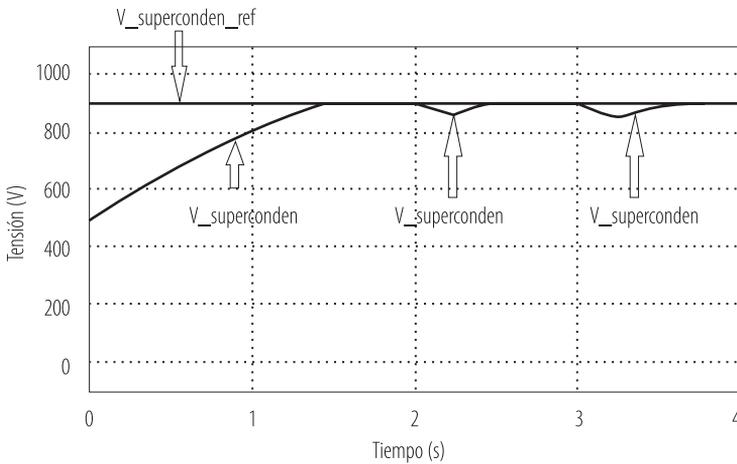


FIGURA 11. Nivel de tensión del banco de supercondensadores



En la Fig. 11, se puede apreciar el nivel de tensión del banco de supercondensadores: antes de ingresar los motores a la red de distribución el nivel de tensión del banco de supercondensadores se incrementa hasta un valor de referencia de 900 V, con el convertidor de potencia funcionando como rectificador, absorbiendo energía desde la red de distribución con referencia negativa igual a -50 A, cabe destacar que en esta condición la corriente del sistema de inyección basado en supercondensadores está desfasada con la corriente que circula a la carga (Fig. 12a), en este estado el sistema de inyección de energía basado en banco de supercondensadores se encuentra en *modo carga*; cuando la tensión del banco de supercondensadores alcanza su respectiva referencia consume una corriente igual a 2 A por fase, en este estado el sistema de inyección de energía se encuentra en *modo stand-by*; pero al momento del ingreso del primer motor existe una disminución de tensión del banco de supercondensadores con un valor mínimo de 858 V con su respectivo convertidor de potencia funcionando como inversor para que de esta manera suministre energía hacia la red de distribución, con su lazo de corriente con referencia positiva igual a 115 A, de igual manera cabe destacar que la corriente del sistema de inyección basado en supercondensadores inyectada hacia la red de distribución se encuentra en fase con la corriente que circula hacia la carga (Fig. 12b), esta disminución de tensión del banco de supercondensadores se mantiene durante el arranque de los motores por un tiempo de 0,2 s, en este estado el sistema de inyección de energía se encuentra en *modo descarga*, una vez transcurrido ese tiempo la tensión del banco de supercondensadores se vuelve a incrementar hasta su valor de referencia (Fig. 11) repitiéndose nuevamente el ciclo mencionado anteriormente cuando exista la presencia de otro hueco de tensión.

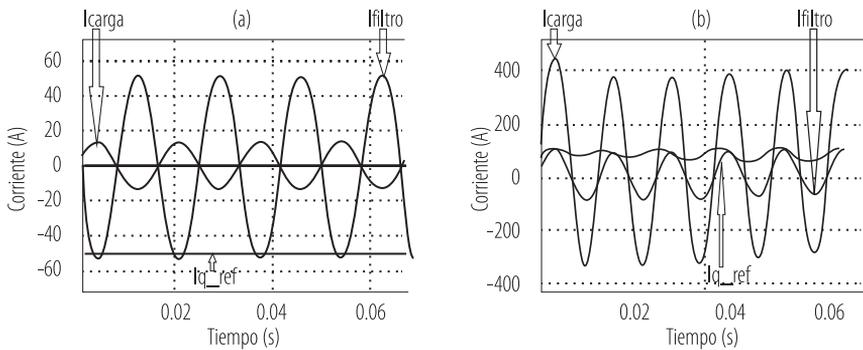


FIGURA 12. Corriente de referencia del sistema de energía basado en supercondensadores: a) en modo carga, b) en modo descarga

Un aspecto importante es el nivel de THD que se produce al momento de carga, stand-by y descarga del banco de supercondensadores que al simular se obtuvo lo siguiente: con respecto al THD de la corriente que circula hacia la carga se obtuvo 2,6% menor a lo establecido que es del 8% (regulación CONELEC 004/01, NP EN 50160-2010), con respecto al THD de la tensión medida en el PCC se obtuvo 2,3% menor a lo establecido y finalmente el THD de la corriente que circula hacia el banco de supercondensadores con un valor de 4,2% menor a lo establecido.

CONCLUSIONES

El presente artículo realiza un estudio para mitigar los huecos de tensión en el PCC debido al ingreso de cargas transitorias a la red eléctrica, concluyendo así que el sistema basado en supercondensadores actúa de forma correcta ante una disminución de tensión en el PCC, pues dicho sistema posee una rápida respuesta de actuación evitando la formación de los huecos de tensión, otro aspecto que se concluye es que el nivel de tensión en el PCC no se ve afectado cuando el sistema de energía basado en banco de supercondensadores se encuentra en modo carga, finalmente se concluye también que el sistema de energía basado en banco de supercondensadores no afecta los niveles de THD de la tensión y corriente en el PCC.

Un problema que posee este sistema es que si el nivel de tensión de los bancos de supercondensadores se ubica por debajo de la tensión mínima permitida, el sistema ya no va a poder inyectar energía para evitar la formación de los huecos de tensión y si el sistema de control en ese instante actúa de forma errónea el sistema de inyección de energía va a empezar a absorber energía desde la red para ingresar al modo de carga involucrando de forma directa una disminución más drástica del nivel de tensión en el PCC. Para solucionar este inconveniente se debe instalar en paralelo otro sistema de inyección de energía auxiliar, el cual debe constar de una sistema de control que monitoree el nivel de tensión en los bancos de supercondensadores y en la red de distribución, pues de este modo cuando el nivel de tensión tanto de los bancos de supercondensadores y la red de distribución se ubique por debajo de la tensión permitida empiece a inyectar energía para evitar lo formación de los huecos de tensión en el PCC.

Este tipo de sistema de inyección de energía tiene la ventaja de que utiliza un solo convertidor de potencia trifásico involucrando un sistema de control no complejo que en comparación con [11] utiliza dos convertidores trifásicos controlados, pues el sistema de inyección de energía está basado en Flywheel de alta velocidad, lo que involucra un sistema de control más complejo, pues debe controlar al mismo tiempo la velocidad del motor síncrono de imanes permanentes (PMSM) y la tensión del Vdc-link.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) de la República del Ecuador por la beca de cuarto nivel. El segundo autor desea agradecer el apoyo económico e institucional del Proyecto Prometeo patrocinado por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) de la República del Ecuador.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Carlos Orellana concibió la investigación, desarrolló la programación, producción de tablas y figuras y realizó el manuscrito; Luis González realizó la tutoría y revisión crítica del contenido intelectual del manuscrito; Filipe Tadeu y Nuno Abreu realizaron la tutoría.



REFERENCIAS

- [1] Bose A., Tomsovic K. & Vaziri M. (2004). *A Directed Graph Formulation of the Multistage Distribution Expansion Problem*. IEEE Transactions on Power Delivery, 19, 1335 – 1341. doi: <http://doi.org/10.1109/TPWRD.2004.829146>
- [2] TECSUP (2017). *Programa de Extensión para profesional-Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/179746191/sistemas-de-distribucion>
- [3] Banco Central del Ecuador (2017). *Reporte de Minería. Dirección Nacional de Síntesis Macroeconómico*. Recuperado el 11 de noviembre de 2017 de: <https://web.archive.org/web/20170926215322/https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012017.pdf>
- [4] Información de Historia, Cultura y Turismo de Cuenca-Azuay (2017, mayo 06). *Revista Cuenca Ilustre – Ecuador*. Recuperado de: <https://web.archive.org/web/20170616014309/https://patomiller.wordpress.com/>
- [5] Einzmann H. (1991). *Tres Chorreras: Minería Artesanal e Informal en el Cantón Pucará*. Ecuador: Adoum ediciones.
- [6] Criollo H. & Hernández F. (2017). *Minería Artesanal del oro de Aluvión Mocoa, Putumayo, Amazonia Colombiana*. Universidad Nacional de Colombia: Sede Amazonia-Leticia. Recuperado de: <https://web.archive.org/web/20170926220714/http://www.bdigital.unal.edu.co/53064/6/9587015630.preliminares.pdf>
- [7] Deshpande G. & Sankeshwari S. (2013). *Speed Control of Induction Motors Using Hybrid PI Plus Fuzzy Controller*. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 2254 – 2258.
- [8] González L. (2011). *Mejora de la eficiencia y de las prestaciones dinámicas en procesadores electrónicos de potencia para pequeños aerogeneradores sincrónicos operando en régimen de velocidad variable* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [9] Bardemaker F. (2006). *Modulação Vetorial aplicada a Retificadores Trifásicos PWM Unidireccionais* (Tese de doutorado). Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil
- [10] Barbi I., Morais A. & Tofoli F. (2015). *Modelling, Digital Control and Implementation of a Three-Phase Four-Wire Power Converter Used as A Power Redistribution Device*. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 12, 2 –5. doi: <http://doi.org/10.1109/TII.2016.2544248>
- [11] Toliyat H., Talebi S., McMullen P., Huynh C. & Filatov A. (2005). *Advanced High-Speed Flywheel Energy Storage Systems for Pulsed Power Applications*. IEEE Electric Ship Technologies Symposium. doi: <http://doi.org/10.1109/ESTS.2005.1524703>

Algoritmo de autocalibración de los parámetros extrínsecos de un sistema de visión estéreo mediante optimización de colonia de hormigas

Marco Flores-Calero^{1,2}, Miltón Aldás³, Estefania Arévalo⁴, Marco Gualsaquí¹

¹Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Quito, Ecuador

²Departamento de Sistemas Inteligentes, Latacunga, Ecuador

³Grupo de investigación COESVI de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

⁴Presales Engineer: Networking & Telecommunications en Compuequip DOS, Quito, Ecuador.

*Autor para Correspondencia / Corresponding author, email: mjflores@espe.edu.ec

Self-calibration of extrinsic parameters of a stereoscopic vision system by using ant colony optimization

Resumen

En esta investigación se presenta un algoritmo para la autocalibración de los parámetros extrínsecos de una cámara estereoscópica mediante el uso de la infraestructura vial y un algoritmo metaheurístico, para estimar la altura y los ángulos de cabeceo, balanceo y guiñada. Este algoritmo está constituido por tres etapas; la primera es un modelo de las ecuaciones no lineales que relacionan la altura y los ángulos. La segunda etapa es la extracción de la información visual de la infraestructura vial capturada por el sistema de visión estéreo, en este caso las líneas de la carretera. Finalmente se realiza la implementación de una metaheurística basada en el algoritmo de optimización colonia de hormigas para solucionar el modelo matemático mundo-cámara. Los resultados experimentales muestran la correcta estimación de los cuatro parámetros, obteniéndose un error global del 8% y del 9% en escenarios de laboratorio y reales de carretera, respectivamente.

Palabras clave: Autocalibración, parámetros extrínsecos, optimización, colonia de hormigas, visión estereoscópica.

Abstract

This research presents an algorithm for self-calibration of the extrinsic parameters of a stereoscopic vision system by using both road infrastructure and a metaheuristic algorithm, to estimate the pitch, roll and yaw angles, and the height. This algorithm is constituted by three stages: The first one is a non-linear equation of the height and angles. The second one is the extraction of visual information from the road infrastructure captured by the stereo vision system, in this case, the lines of the road. Finally, the implementation of a metaheuristic based on the ant colony optimization algorithm is carried out to solve the mathematical model which represents the world camera.

Experimental results show the correct estimation of the four parameters, obtaining an overall error of 8% and 9% in scenarios of laboratory and real road, respectively.

Keywords: Self-calibration, extrinsic parameters, optimization, ant colony, stereoscopic vision

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, una tendencia mundial es el desarrollo de tecnología destinada al campo de los vehículos inteligentes y autónomos [1], [2], y a los sistemas avanzados de asistencia a la conducción [2-6], para aumentar el confort, mejorar la seguridad vehicular, etc.

Tanto es así que en este trabajo se establece el punto inicial para el desarrollo de sistemas con características de navegación autónoma, ya que se busca establecer una correspondencia entre la información visual capturada por un sistema estereoscópico y la escena tridimensional formada por la infraestructura vial, la cual permitirá calibrar los parámetros extrínsecos del sistema de visión estereoscópico de manera automática, sin necesidad de la intervención humana.

La autocalibración de extrínsecos se entiende como la estimación de la altura (h) y los ángulos de cabeceo (α), guiñada (β) y balanceo (γ). Estos ángulos permiten describir la orientación del sistema estereoscópico en tres dimensiones. Todo esto en el contexto de relacionar los sistemas de referencia del sistema estereoscópico y el mundo. La Fig. 1(a), ilustra la relación entre los mundos de referencia de los sistemas de visión estereoscópico y real, a la vez, la Fig. 1(b) muestra como el sistema de visión estereoscópico, montado sobre el parabrisas de un vehículo, utiliza la infraestructura vial de las líneas de la carretera.

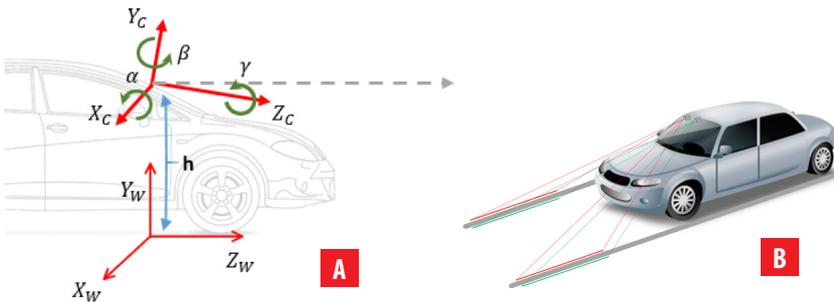


FIGURA 1. Descripción general del algoritmo de autocalibración del sistema estereoscópico, (A) sistemas de coordenadas del mundo (W) y de la cámara (C), separados una altura (h), (B) ilustración del sistema estereoscópico sobre el vehículo y al frente las líneas de la carretera.



Este método, de autocalibración de extrínsecos, se basa en una extensión al trabajo de Collado et al [5] y el uso del algoritmo de optimización de colonia de hormigas (ACO, Ant Colony Optimization) [7-9] para optimizar una función no lineal que relaciona el mundo de las cámaras y el mundo real.

Este paso es importante para el desarrollo de sistemas avanzados de asistencia a la conducción, vehículos inteligentes y vehículos autónomos, porque cada vez que el sistema de visión cambia de posición se necesita de un proceso previo de calibración, para así tener referencia del mundo en el cual se moverán.

Este documento está organizado de la siguiente manera. La primera sección corresponde a la motivación que ha generado esta investigación. La siguiente sección presenta los trabajos previos en la autocalibración de los parámetros extrínsecos en sistemas de visión estereoscópico. A continuación, el apartado tres describe un nuevo algoritmo para solucionar el modelo de Collado et al. [5] extendido al caso de tres ángulos. Seguidamente, la siguiente sección exhibe los resultados experimentales. Finalmente, la última parte está dedicada a las conclusiones y los trabajos futuros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estado del Arte

La calibración se define como el proceso mediante el cual se calculan los parámetros intrínsecos y extrínsecos del sistema de visión estereoscópica. La calibración de intrínsecos consiste en determinar las condiciones de formación de la imagen, es decir, determinar la relación entre coordenadas imagen y las direcciones de vista en el espacio. La calibración de extrínsecos consiste en determinar la posición y orientación del sistema estereoscópico respecto a un sistema de referencia preestablecido. [5], [10-14]

Broggi et al. [3] ha presentado un método de calibración usando marcas viales cuya posición es conocida, a partir de la cual permite determinar la posición y orientación de la cámara respecto al vehículo. Esta autocalibración se realiza en una etapa de calibración supervisada usando un patrón pintado frente al vehículo. Dang et al. [15] ha presentado un sistema de autocalibración de extrínsecos considerando inexactitudes mecánicas en la configuración del sistema de visión y usando de filtro Kalman extendido para obtener los parámetros en todo tiempo. Collado et al [5] ha desarrollado la autocalibración usando un algoritmo genético para la estimación de parámetros, bajo las hipótesis de mundo plano sobre infraestructura vial. Wang et al. [16] han estimado los ángulos y la altura usando el algoritmo de RANSAC [17] para eliminar valores atípicos. Este trabajo es aplicado a sistemas de navegación en ambientes de agricultura. Musleh et al. [18] han utilizado la imagen de disparidad, la transformada de Hough y algoritmo de RANSAC [17] para obtener la estimación geométrica del ambiente y así estimar la calibración extrínseca. Otra propuesta es la de Spangenberg et al. [19] que han basado su esquema en el uso de las técnicas Monte-Carlo para minimizar los costos de emparejamiento de los puntos coincidentes en las imágenes del sistema de visión para recalcular los parámetros extrínsecos periódicamente. Por otra parte, de Paul et al [20] ha realizado una aplicación de la calibración automática de cámaras sobre la marcha y aplicaciones

de realidad aumentada para sistemas de asistencia al conductor e inspección de carreteras, donde la autocalibración no requiere conocimiento de parámetros o patrones de calibración a priori. La distancia entre las líneas viales se detecta basándose en la velocidad del vehículo.

Sistema de percepción y procesamiento

El sistema total (hardware y software) está compuesto por: dos cámaras, una pantalla de visualización, una tarjeta de procesamiento, y el programa de computador desarrollado en este trabajo.

Este prototipo es de fácil instalación en cualquier tipo de plataforma móvil. En particular, en un vehículo, debido a su reducido tamaño, por lo que no interfiere en las labores de conducción y no obstaculiza la visibilidad. En la Fig. 2 se observa en detalle.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El esquema del sistema propuesto se muestra en la Fig. 3, el mismo que está compuesto de cuatro etapas.



FIGURA 2. Prototipo para la calibración de parámetros extrínsecos, compuesto de un sistema de visión estereoscópico (1), con las cámaras izquierda (2) y derecha (3), la tarjeta de procesamiento (4) y la pantalla de visualización (5). Instalado en el parabrisas y el salpicadero de la plataforma experimental ViiA.

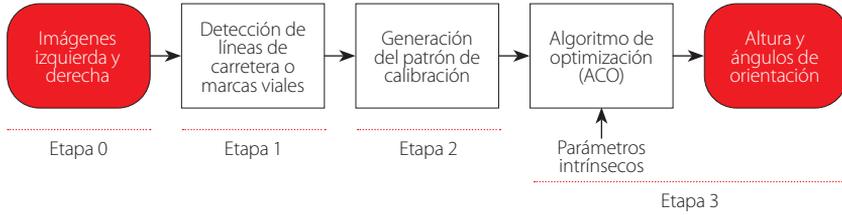


FIGURA 3. Esquema general del algoritmo de autocalibración de extrínsecos usando optimización colonia de hormigas.

Modelo matemático de los parámetros extrínsecos

Siguiendo la metodología de Collado et al. [5] se tiene el modelo, dado por la ecuación (1) y representado en la Fig. 1(a):

$$\mathbf{u}_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = (T_k \cdot T_f \cdot T_b \cdot R_\gamma \cdot R_\beta \cdot R_\alpha \cdot T_h) \cdot \mathbf{X}_m \quad (1)$$

donde \mathbf{u}_i representa un punto en el mundo de la cámara, $\mathbf{X}_m = (x_{mr}, y_{mr}, z_{mr}, 1)^T$ es un punto del mundo real, en este caso, extraído de las líneas de la carretera. Las matrices que forman parte de (1) son:

$$T_h = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & h \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$R_\alpha = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$R_\beta = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$R_\gamma = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$T_b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -b \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$T_f = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$T_k = \begin{bmatrix} k_x & 0 & c_x \\ 0 & k_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Las matrices (2) a (5) permiten manejar las traslaciones y rotaciones de los sistemas de una manera eficiente, la matriz (6) relaciona las cámaras izquierda y derecha, separadas una distancia b , y las matrices (7) y (8) son los parámetros intrínsecos de las cámaras [21]. De este modo, se llega a una función multidimensional de tipo no lineal, donde intervienen los parámetros desconocidos, a (cabeceo), β (guiñada), y (balanceo) y h (altura).

DetECCIÓN DE LAS LÍNEAS DE LA CARRETERA

Para localizar y extraer los píxeles que forman las líneas de la carretera, que constituirán el patrón de calibración, se han utilizado varias técnicas sofisticadas de procesamiento de imágenes. En las imágenes de la Fig. 4 se observa el procedimiento a seguir, que consiste de cuatro pasos, (a) capturar una imagen de la escena vial, (b) filtrar con la máscara $[-1,1]^7$, para resaltar los píxeles con alto valor del gradiente, donde los contrastes de textura entre las aristas verticales y el pavimento son más sobresalientes y que corresponden a las líneas, (c) aplicar la transformada de Hough [22], a la imagen de aristas, para estimar los parámetros (θ, ρ) de las rectas con mayor relevancia de la escena, (d) calcular las ecuaciones de las rectas usando (9), y finalmente, sobreponer a la imagen real.

$$y = -\frac{\cos(\theta)}{\sin(\theta)}x + \frac{\rho}{\sin(\theta)} \tag{9}$$

ρ es una medida de distancia, en píxeles y θ está en grados.

En la práctica se ha restringido, experimentalmente, la búsqueda a un conjunto de rectas que cumplen ciertas condiciones del ángulo y la distancia, en función de la estructura vial. Esta estrategia ha sido utilizada para reducir el tiempo de cómputo y eliminar, de antemano, líneas que no corresponden a la carretera; debido a que sobre cada imagen se debe obtener únicamente dos rectas.

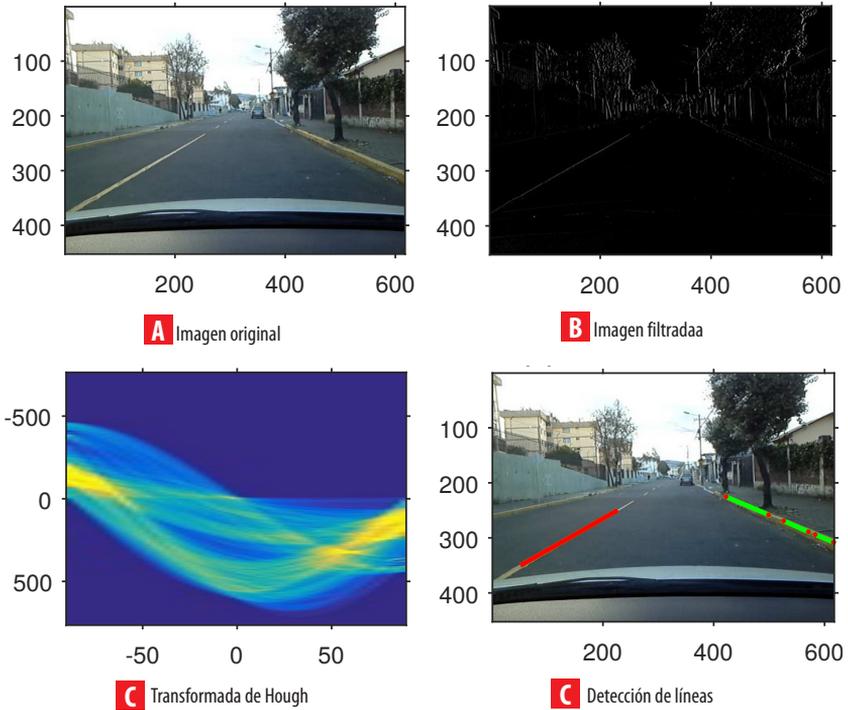


FIGURA 4. Proceso de detección de las líneas de la carretera. (A) imagen de entrada de la escena vial, (B) gradiente vertical, (C) transformada de Hough sobre el espacio (θ, ρ) , (D) superposición de las rectas sobre las líneas de la carretera.

Estimación de los parámetros extrínsecos mediante ACO

Un algoritmo ACO es un proceso iterativo de cooperación que genera soluciones factibles a un problema de solución compleja [8]. Los principales componentes de un algoritmo ACO son los siguientes [23-25]:

- **Solución inicial:** Al inicio del algoritmo, todas las feromonas tienen el valor de una constante positiva.
- **Construcción de la solución:** Para construir una solución al problema de optimización, ACO maneja la aplicación de una política de decisión local estocástica rastreando información heurística y la cantidad de feromonas depositadas. Una vez que una hormiga haya construido la solución, la evalúa para que, en la etapa de actualización de feromonas, se decida cuanta cantidad de feromonas depositar.
- **Actualización de feromonas:** Esta fase permite modificar la cantidad de feromonas depositadas en un camino o ruta, la cual varía conforme una hormiga deposite mayor cantidad o disminuya mediante un factor de evaporación. El que una hormiga descargue una feromona aumenta la probabilidad de que la ruta usada constituya una muy buena solución.

- **Acciones independientes:** Estos procesos son usados para implementar acciones centralizadas que no pueden ser realizadas por una integrante de la ACO, por ejemplo, la aplicación de un algoritmo de diferencia evolutiva en el caso de que se haya quedado estancado.

En este caso, ACO evalúa las proyecciones del patrón obtenido desde ambas cámaras sobre el plano que forma la carretera. Así, la posición y orientación del sistema estereoscópico viene dado por diferentes hipótesis representadas por cada una de las hormigas que forman parte de la colonia artificial generada, las cuales son evaluadas hasta alcanzar una condición de fin.

Para usar ACO es necesario disponer de una función multidimensional a ser optimizada [5], dada por.

$$F = 1 - \min (S_1, S_2) \tag{10}$$

La ecuación (10) tiene los siguientes componentes:

- Evalúa la coincidencia de cada punto proyectado sobre el plano de la carretera, de la cámara izquierda con la de la cámara derecha, para lo cual se utiliza como error la suma de los cuadrados de las distancias euclídeas entre las proyecciones de cada punto.

$$S_1 = \frac{1}{K_1 + \sum_i |x_{i,L} - x_{i,R}|^2} \tag{11}$$

con $x_{i,L}$ y $x_{i,R}$ son el conjunto de puntos que se extraen de las rectas tomadas con las cámaras izquierda y derecha, respectivamente. K_1 es una constante que se elige experimentalmente.

- Evalúa el paralelismo entre las líneas viales detectadas; dado el ángulo formado por la línea vial con el eje horizontal (η), el error determinado por el paralelismo entre las líneas vendrá dada por el mínimo entre la diferencia angular de ambas líneas tanto de la cámara izquierda y derecha.

$$S_2 = \frac{1}{K_2 + \min (|\eta_{1,R} - \eta_{2,R}|, |\eta_{1,L} - \eta_{2,L}|)} \tag{12}$$

K_2 es una constante que se elige experimentalmente.

RESULTADOS

Parámetros del algoritmo ACO

Los parámetros necesarios para el funcionamiento del algoritmo ACO están en la Tabla 1.

TABLA 1. Parámetros del algoritmo aco para la optimización de los parámetros extrínsecos del sistema de visión estereoscópica

Número de iteraciones	50
Tamaño de la colonia de hormigas	1000
Peso de la feromona heurística	1,50
Peso de la feromona exponencial	0,50
Límites de la población de hormigas	$h \in (500; 1800)$ mm $a \in (-\pi/4; \pi/8)$ rad $\beta \in (-\pi/4; \pi/4)$ rad $\gamma \in (-\pi/8; \pi/8)$ rad

El rango inicial de valores de (h, a, β, γ) tienen relación directa con la ubicación que el sistema estereoscópico debe tener al ser colocado en un vehículo, a partir de la Fig. 1(a) se espera que los dos sistemas de referencia sean paralelos entre sí, separados una distancia, comprendida entre 0,5 y 1,80 metros.

TABLA 2. Parámetros intrínsecos de las cámaras izquierda y derecha y del sistema de visión estereoscópica

Ancho de la imagen	640 píxeles
Alto de la imagen	480 píxeles
Distancia focal	5,30 mm
Distancia baseline (b)	1200,00 mm
Coordenada x del punto principal	320,2604 píxeles
Coordenada y del punto principal	233,6345 píxeles
Dimensiones de la CCD	$(4,128 \times 3,096)$ píxeles

Parámetros intrínsecos del sistema de visión estereoscópico

La resolución de las imágenes y la distancia entre cámaras son predeterminados de antemano; mientras que la distancia focal viene dada por el fabricante. Estos valores están en las cuatro primeras filas de la Tabla 2.

A continuación, las estimaciones de los parámetros intrínsecos [21], [26] de las cámaras están en las tres últimas filas de la Tabla 2. Esta información forma parte inseparable de las matrices (7) y (8); se los estima una sola vez, en condiciones de laboratorio. Estos valores fueron obtenidos utilizando la herramienta del Caltech [27], una herramienta de libre distribución para la calibración de cámaras.

Resultados del modelo de autocalibración de parámetros extrínsecos

En los siguientes apartados se describirán los resultados más relevantes del proceso experimental de estimación.

En condiciones de laboratorio:

Para desarrollar las pruebas de funcionamiento del algoritmo en un ambiente de laboratorio, se colocaron dos líneas sobre un fondo oscuro, como se muestra en la Fig. 5.



FIGURA 5. Imágenes tomadas en el laboratorio, donde las líneas de la carretera están completamente visibles y se conocen de antemano los parámetros a estimar. Las imágenes izquierda y derecha, corresponden a las imágenes capturadas con las cámaras izquierda y derecha, respectivamente.

Luego se preparó un conjunto de pruebas con distintas variaciones de la posición del sistema de visión estereoscópica, para así validar el modelo propuesto. La Fig. 6 muestra los distintos casos que se pueden suscitar; de todos ellos, el caso (a) es el ideal, porque no existe desplazamiento de los ángulos. El resto de las situaciones son habituales debido a que es extremadamente difícil ubicar el sistema en la posición correcta; de allí, la necesidad de la calibración.

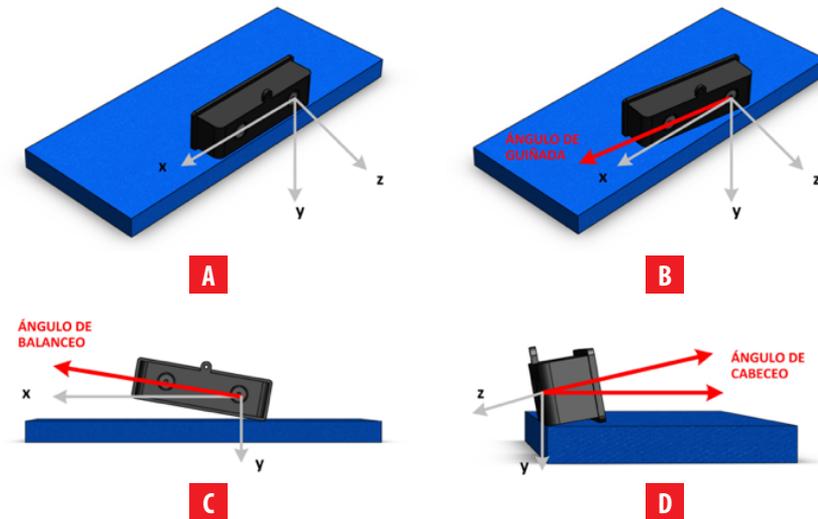


FIGURA 6. Posiciones del sistema de visión estereoscópica para desarrollar los experimentos de estimación de los parámetros extrínsecos en el laboratorio. El origen se encuentra en la cámara izquierda. **A)** posición ideal, **B)** 5 grados en la guiñada, **C)** 2 grados en el balanceo y **D)** 2 grados en el cabeceo.



Las Tablas 3, 4, 5, 6 muestran los resultados obtenidos dadas las diferentes variaciones de la posición del sistema según la Fig. 6, en los casos (a), (b), (c) y (d) respectivamente, así como la varianza y el error porcentual de los parámetros estimados comparados con los parámetros reales. Estos valores se obtuvieron realizando diez ejecuciones del algoritmo en cada caso.

TABLA 3. Resultados del algoritmo aco, en ambiente de laboratorio, a una altura de 760,00 mm

Parámetro	Altura	Distancia entre líneas	Cabeceo		Guiñada		Balanceo	
	[mm]		[rad]	[°]	[rad]	[°]	[rad]	[°]
Real	760,00	2800,00	0,01745	0,9999	-0,01745	-0,9999	0,01745	0,9999
Calculado	738,788	2560,00	0,01641	0,94028	-0,02752	1,57712	0,02160	1,23808
Varianza	21,212	240,00	0,00104	0,05962	0,01001	0,05772	-0,00416	-0,23819
Error porcentual	2,8%	8,6%	6,0%	6,0%	57,7%	57,7%	-23,8%	-23,8%

TABLA 4. Resultados del algoritmo aco, en ambiente de laboratorio, con variación del ángulo de guiñada

Parámetro	Altura	Distancia entre líneas	Cabeceo		Guiñada		Balanceo	
	[mm]		[rad]	[°]	[rad]	[°]	[rad]	[°]
Real	760,00	2800,00	0,01745	0,9999	0,0872	5,0000	0,01745	0,9999
Calculado	738,898	2561,00	0,01599	0,91662	0,07470	4,27999	0,02131	1,22097
Varianza	21,102	239,00	0,00145	0,08328	0,01250	0,72000	-0,00386	-0,22107
Error porcentual	2,8%	8,5%	8,3%	8,3%	14,3%	14,4%	-22,1%	-22,1%

En condiciones de reales:

En esta etapa se realizaron pruebas de funcionamiento del algoritmo en un ambiente real de carretera, en este caso es importante tener en cuenta que es necesario contar con marcas viales claramente visibles y marcadas como

TABLA 5. Resultados del algoritmo aco, en ambiente de laboratorio, con variación del ángulo de balanceo

Parámetro	Altura	Distancia entre líneas	Cabeceo		Guiñada		Balanceo	
	[mm]		[rad]	[°]	[rad]	[°]	[rad]	[°]
Real	760,00	2800,00	0,01745	0,9999	0,01745	0,9999	0,03491	2,0000
Calculado	745,258	2560,00	0,01850	1,05997	0,01364	0,78151	0,02022	1,15852
Varianza	14,742	240,00	-0,00105	-0,06007	0,00381	0,21838	0,01469	0,84148
Error relativo	1,9%	8,6%	-6,0%	-6,0%	21,8%	21,8%	42,1%	42,1%

TABLA 6. Resultados del algoritmo aco, en ambiente de laboratorio, con variación del ángulo de cabeceo

Parámetro	Altura	Distancia entre líneas	Cabeceo		Guiñada		Balanceo	
	[mm]		[rad]	[°]	[rad]	[°]	[rad]	[°]
Real	760,00	2800,00	0,03491	2,0000	0,01745	0,9999	0,01745	0,9999
Calculado	744,540	2562,00	0,02826	1,61918	0,02121	1,21524	0,02133	1,22211
Varianza	15,460	238,00	0,00665	0,03882	-0,00376	-0,21534	-0,00388	-0,22224
Error relativo	2,0%	8,5%	19,0%	19,0%	-21,5%	-21,5%	-22,2%	-22,2%

se muestra en la Fig. 7. Los resultados de este caso se encuentran en la Tabla 7, en esta fase no se conoce a priori la información de los parámetros extrínsecos.



FIGURA 7. Imágenes tomadas en un ambiente de carretera real. Las líneas de la carretera están visibles, sobre las imágenes izquierda y derecha, respectivamente.

TABLA 7. Resultados del algoritmo aco, en ambiente de laboratorio, a una altura de 1250,00 mm

Parámetro	Altura	Distancia entre líneas	Cabeceo		Guiñada		Balanceo	
	[mm]		[rad]	[°]	[rad]	[°]	[rad]	[°]
Real	1250,00	3000,00	0,13962	8,00	0,0349	2,00	-0,0349	-2,00
Calculado	1132,52	2751,00	0,13901	7,9646	0,0213	1,223	-0,02795	-1,6014
Varianza	117,48	249,00	0,00061	0,0354	0,00136	0,777	0,00695	0,3986
Error relativo	9,3%	8,3%	0,4%	0,4%	39,0%	39,0%	20,0%	19,9%

Comparación entre ACO y AG:

A continuación, el algoritmo ACO fue comparado con los resultados expuestos en Collado et al. [5], el cual utiliza un algoritmo genético (AG) para resolver el problema de minimización. En la Tabla 8 se muestran los resultados generados con los dos métodos.



En ambos casos se tienen resultados aceptables, sin embargo AG presenta menores errores, pero no tiene resultados de los ángulos de guiñada y balanceo.

TABLA 8. Comparación de los resultados del algoritmo aco versus el algoritmo AG [5]

Parámetro	Altura	Cabeceo		Guiñada		Balanceo	
	[mm]	[rad]	[°]	[rad]	[°]	[rad]	[°]
Real	1500,00	0,1700	9,74	No hay datos	No hay datos	-0,0900	-5,15
Calculado AG	1458,0	0,1691	9,69	-	-	-0,0933	-5,35
Calculado ACO	1461,39	0,1551	8,8866	-0,01707	-0,0978	-0,09431	-5,4035
Error relativo AG	2,8%	0,5%	0,5%	-	-	-3,3%	-3,8%
Error relativo ACO	2,6%	8,8%	8,8%	-	-	-4,8%	-4,9%

Tiempo de procesamiento

El tiempo de procesamiento no es un impedimento en este tipo de sistemas, debido a que la autocalibración se la realiza una sola vez, en condiciones de reposo. Aun así, se indica que el tiempo de procesamiento fue de 24 milisegundos, sobre un PC Core I7 de 64 bits, con 7.7 GB de memoria RAM.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo de investigación es un paso importante en el desarrollo de sistemas inteligentes, basados en visión por computador, destinados a los vehículos autónomos y vehículos inteligentes. Tanto es así que se realizaron los siguientes aportes:

- El desarrollo de un nuevo algoritmo para estimar los tres ángulos de orientación y la altura, mediante la técnica de optimización colonia de hormigas y la infraestructura vial (líneas de la carretera), para relacionar eficientemente los sistemas de referencia del mundo y la cámara.
- Este algoritmo genera un error global del 8% en condiciones de laboratorio y del 9% en condiciones reales sobre la infraestructura vial. Esta implementación es muy competitiva, en la fase de optimización de la función objetivo, al ser comparada con otras propuestas.

A futuro se extenderá esta metodología para el caso de la autocalibración dinámica, para ser utilizada en aplicaciones de navegación autónoma, con autocalibración en ambientes no controlados y en tiempo real.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Este proyecto ha recibido financiamiento indirecto, a través del préstamo de los equipos informáticos, el sistema de visión estereoscópico y el vehículo ViiA, de la empresa Tecnologías I&H.

APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El presente artículo es un aporte en la línea de investigación de procesamiento digital de señales, en el área de visión por computador. En particular, el tema de autocalibración de los parámetros extrínsecos de un sistema de visión estereoscópico usando la infraestructura vial de las líneas de la carretera sin intervención humana, es importante para el desarrollo de tecnología destinada a los vehículos autónomos.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

El diseño de la investigación, el desarrollo y la implementación de parte del software, la supervisión y el análisis de los resultados experimentales corresponden a M. Flores. Parte de la implementación del software y el desarrollo de los experimentos pertenecen a E. Arévalo. La redacción y la preparación del texto recaen en M. Aldás, y la revisión final es de M. Gualsaquí.

AGRADECIMIENTOS

Para el desarrollo de una parte significativa de este proyecto se ha contado con el apoyo de la empresa Tecnologías I&H, a ella nuestro agradecimiento. Además, agradecemos a los revisores anónimos por su valioso aporte ya que han contribuido significativamente en el perfeccionamiento de este documento.

REFERENCIAS

- [1] Riccardo Turchetto and Roberto Manduchi. Visual curb localization for autonomous navigation. 2:1336–1342, 2003. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/IROS.2003.1248830>
- [2] Stefan Ernst, Christop Stiller, Jens Goldbeck, and Christoph Roessig. Camera calibration for lane and obstacle detection. pages 356 – 361, 1999.
- [3] A Broggi, M. Bertozzi, and A. Fascioli. Self-calibration of a stereo vision system for automotive applications. 4:3698–3703, 2001. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/ROBOT.2001.933193>
- [4] Adnan Shaout, Dominic Colella, and S. Awad. Advanced driver assistance systems past, present, and future. *IEEE International Computer Engineering Conference (ICENCO)*, February 2012. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/ICENCO.2011.6153935>
- [5] Juan M Collado, Cristina Hilario, Arturo de la Escalera, and Jose M Armingol. Self-calibration of an on-board stereovision system for driver assistance systems. In *Intelligent Vehicles Symposium, 2006 IEEE*, pages 156 – 162. IEEE, 2006. doi: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2007.09.004>
- [6] Angel Sappa, David Gerónimo, Fadi Dornaika, and Antonio López. Real time vehicle poses using on-board stereo vision system. pages 205–216, 2006. doi: https://doi.org/10.1007/11867661_19
- [7] Marco Dorigo, Vittorio Maniezzo, and Alberto Colomi. Ant system: optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 26(1):29–41, 1996. Doi: <https://dx.doi.org/10.1109/3477.484436>
- [8] Christian Blum and Andrea Roli. Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison. *ACM Comput. Surv.*, 35(3):268–308, 2003. doi: <https://doi.org/10.1145/937503.937505>
- [9] Marco Dorigo and Luca Maria Gambardella. Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem. *IEEE Transactions on evolutionary computation*, 1(1):53–66, 1997. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/4235.585892>
- [10] Fenglei Du and Michael Brady. Self-calibration of the intrinsic parameters of cameras for active vision systems. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 1993. Proceedings CVPR'93., 1993 IEEE Computer Society Conference on*, pages 477–482. IEEE, 1993. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/CVPR.1993.341087>
- [11] Manuel Ortega Cantero. *Informática Industrial*. Ediciones Univesidad Castilla - La Mancha, 1997.
- [12] Zhengyou Zhang. A flexible new technique for camera calibration. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 22(11):1330–1334, 2000. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/34.888718>
- [13] Roger Tsai. A versatile camera calibration technique for high accuracy 3d machine vision metrology using off-the-shelf tv cameras and lenses. *IEEE Journal on Robotics and Automation*, 3(4):323–344, 1987. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/JRA.1987.1087109>
- [14] Juan Manuel Collado Hernaiz. *Detección y Modelado de Carriles de Vías Interurbanas mediante Análisis de Imágenes para un Sistema de Ayuda a la Conducción*. Tesis doctoral, Universidad Carlos III de Madrid, 2009. Directores: A. de la Escalera, J. Armingol.
- [15] Theo Dang and Christian Hoffmann. Stereo calibration in vehicles. In *Intelligent Vehicles Symposium, 2004 IEEE*, pages 268–273. IEEE, 2004. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/IVS.2004.1336393>
- [16] Qi Wang, Qin Zhang, and Francisco Rovira-Más. Auto-calibration method to determine camera pose for stereovision based off-road vehicle navigation. *Environment Control in Biology*, 48(2):59–72, 2010. doi: <https://doi.org/10.2525/ecb.48.59>
- [17] Richard Hartley and Andrew Zisserman. *Multiple View Geometry in Computer Vision (2nd edition)*. Cambridge University Press, 2003.
- [18] Basam Musleh, David Martín, José María Armingol, and Arturo de la Escalera. Extrinsic parameter self-calibration and nonlinear filtering for in-vehicle stereo vision systems at urban environments. In *Computer Vision Theory and Applications (VISAPP), 2014 International Conference on*, volume 3, pages 427–434. IEEE, 2014.

- [19] Robert Spangenberg, Tobias Langner, and Raúl Rojas. On-line stereo self-calibration through minimization of matching costs. In *Scandinavian Conference on Image Analysis*, pages 545–554. Springer, 2013. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-38886-6_51
- [20] Mauricio Braga de Paula, Cláudio Rosito Jung, and LG Da Silveira. Automatic on-the-fly extrinsic camera calibration of onboard vehicular cameras. *Expert Systems with Applications*, 41(4):1997–2007, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.08.096>
- [21] Olivier Faugeras. *Three-dimensional computer vision: a geometric viewpoint*. MIT press, 1993.
- [22] R. O. Duda and P. E. Hart. Use of the hough transformation to detect lines and curves in pictures. In *Comm. ACM*, volume 13, pages 111–122, 1981.
- [23] Marco Dorigo. Optimization, learning and natural algorithms. *Ph. D. Thesis, Politecnico di Milano, Italy*, 1992.
- [24] Marco Dorigo, Mauro Birattari, and Thomas Stützle. Ant colony optimization. *IEEE computational intelligence journal*, 1(4):28–39, 2006. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/MCI.2006.329691>
- [25] Dorigo, M., & Blum, C. (2005). Ant colony optimization theory: A survey. *Theoretical computer science*, 344(2-3), 243–278. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2005.05.020>
- [26] Alejandro Barranco, Saúl Martínez, and José Luis Gómez. *Visión estereoscópica por computadora con Matlab y OpenCV*. Editorial Lulu, jun 2012.
- [27] Jean-Yves Bouguet. Camera calibration toolbox for matlab, 2006.

Proceso editorial

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.

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.

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 u otro paquete 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"
- **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	Organización de un manuscrito sometido como Comunicación
Introducción	Texto (sin divisiones)
Materiales y métodos	Agradecimientos
Resultados	Referencias
Discusión	Contribuciones de los autores
Agradecimientos	Tablas
Referencias	Figuras
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 disponible 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 pixeles, por lo que recomendamos un tamaño mínimo de 1000 pixeles.
- 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 video, 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; videos 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 del portal en línea. 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.

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



UFQ
PRESS