



# CEDAMAZ

Enero - Junio 2022

Volumen 12

Número 1

Páginas 1 - 84

e-ISSN: 1390-5902



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja



**Enero - Junio 2022**

Volumen 12

Número 1

Páginas 1 - 84

e-ISSN: 1390-5902



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja



## AUTORIDADES

**Nikolay Aguirre, Ph.D.**  
Rector

**Mónica Pozo, Ph. D.**  
Vicerrectora

## COMITÉ EDITORIAL

**Paúl Eguiguren, M.Sc.**  
**Director General**  
paul.eguiguren@unl.edu.ec

**Zhofre Aguirre, Ph.D.**  
**Editor Ejecutivo**  
zhofre.aguirre@unl.edu.ec

**Tatiana Ojeda Luna, M.Sc.**  
**Editora Ejecutiva**  
tatiana.oluna@unl.edu.ec

**Marina Mazón Morales, Ph.D.**  
**Editora en Ciencias Forestales, Biodiversidad y Medio Ambiente**  
marina.mazon@unl.edu.ec

**Rodrigo Abad Guamán, Ph.D.**  
**Editor en Ciencias Agropecuarias**  
rodrigo.abad@unl.edu.ec

**Amable Bermeo, M.Sc.**  
**Editor en Ciencias de la Salud y Biotecnología**  
bermeoa@unl.edu.ec

**Oscar Cumbicus Pineda, M.Sc.**  
**Editor en Ciencias Exactas e Ingenierías**  
oscar.cumbicus@unl.edu.ec

## COMITÉ CIENTÍFICO

**Nikolay Aguirre, Ph.D.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Juan Maita, M.Sc.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Natalia Samaniego, M.Sc.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Aura Paucar-Cabrera, Ph.D.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Helena España, Ph.D.**  
Escuela Politécnica Nacional (Ecuador)

**James Aronson, Ph.D.**  
Centro de Ecología Evolutiva (Francia)

**Pablo Lozano, Ph.D.**  
Universidad Estatal Amazónica (Ecuador)

**Selene Báez, Ph.D.**  
CONDESAN (Ecuador)

**Ximena Palomeque, Ph.D.**  
Universidad de Cuenca (Ecuador)

**Dennis Denis, Ph.D.**  
Universidad de La Habana (Cuba)

**John Lattke, Ph.D.**  
Universidade Federal do Paraná (Brasil)

**Jerónimo Torres, Ph.D.**  
Universidad de Córdoba (España)

**Dan Cogalniceanu, Ph.D.**  
Universidad de Bucarest (Rumanía)

**Pablo Cuenca, Ph.D.**  
IKIAM (Ecuador)

**Gretel Geada López, Ph.D.**  
Universidad del Pinar del Río (Cuba)

**Luis Ordoñez, M.Sc.**  
Corporación ECOPAR (Ecuador)

**Marlon Cobos, M.Sc.**  
Universidad de Kansas (Estados Unidos)

**Bolier Tores, Ph.D.**  
Universidad Estatal Amazónica (Ecuador)

**Fernando Gordillo, M.Sc.**  
Instituto Thünen (Alemania)

**Max Gonzáles, M.Sc.**  
Sociedad Ecuatoriana de Salud Pública (Ecuador)

**Diego Moya, M.Sc.**  
Grantham Institute SSCP-DTP (Reino Unido)

**Mario Heredia, Ph.D.**  
Humboldt Universität zu Berlin (Alemania)

**Aitor Soroa Echave, Ph.D.**  
Universidad del País Vasco (España)

**Itziar González-Dios, Ph.D.**  
Universidad del País Vasco (España)

**Lisset A. Neyra-Romero, M. Sc.**  
Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)

La Revista Científica **CEDAMAZ**, es una revista multidisciplinaria, con revisión por pares (peer-review process) y de acceso abierto (open access license), dirigida a profesores, estudiantes, profesionistas e investigadores. Tiene como objetivo fomentar la comunicación científica y la colaboración entre personas y organizaciones involucradas en investigación y el desarrollo a nivel local, regional e internacional. La revista fomenta la transferencia del conocimiento científico de manera gratuita tanto para las y los autores, como para las y los lectores, a través de la divulgación de resultados de trabajos científicos originales, en un amplio rango de disciplinas que incluyen las siguientes áreas de investigación:

- Ciencias forestales, biodiversidad y medio ambiente.
- Ciencias agropecuarias.
- Ciencias de la salud y biotecnología.
- Ciencias exactas e ingenierías.

**CEDAMAZ** presenta información actualizada y pertinente a nivel regional e internacional destacando temáticas en experiencias forestales, biodiversidad, medio ambiente, veterinarias, agropecuarias, salud humana, biotecnología, ciencias exactas e ingenierías.

Los trabajos o revisiones de literatura presentadas a **CEDAMAZ** no deben haberse publicado previamente en libros de memorias de un congreso o revistas

científicas arbitradas. Las presentaciones previas en un evento científico pueden publicarse en la revista **CEDAMAZ**, pero también estarán sujetos a un proceso de revisión por pares.

**CEDAMAZ** se publica en español o en inglés, desde el año 2019 dos veces al año, en un solo volumen. Las opiniones expresadas en documentos publicados en **CEDAMAZ** representan la opinión de los autores y no reflejan necesariamente la política oficial de **CEDAMAZ** o de sus Editores.

#### **Publicada por**

Universidad Nacional de Loja

#### **Oficina Editorial**

Universidad Nacional de Loja. Av. Pío Jaramillo Alvarado y Reinaldo Espinosa, La Argelia, 110150 Loja - Ecuador. <https://unl.edu.ec>

#### **Diseño de logotipo**

Lcda. Sara Jaramillo Carrión

#### **Edición**

Econ. Karen Yaguana


---

#### **CEDAMAZ**

E-ISSN: 1390-5902

PBX: (593) 07 - 2545100

<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz>

Esta obra está sujeta a la licencia internacional CC BY-NC-ND 4.0 

# ÍNDICE

## ARTÍCULOS

### *CIENCIAS FORESTALES, BIODIVERSIDAD Y MEDIO AMBIENTE*

- Riqueza y abundancia de escarabajos peloteros en un área de conservación periurbana de Loja, Ecuador** 1  
Claudio Armijos-Armijos, Aura Paucar-Cabrera, y Christian Mendoza-León
- El Parque Universitario Francisco Vivar Castro: Un refugio clave para las aves de la Hoya de Loja, Ecuador** 9  
Leonardo Ordóñez-Delgado, Jorge Córdova-González, Jorge Correa-Conde, Christian Mendoza-León y Diego Armijos-Ojeda
- Lista actualizada de las cactáceas del Ecuador Continental: diversidad, distribución y notas sobre su estado de conservación** 22  
Christian Loaiza-Salazar

### *CIENCIAS AGROPECUARIAS*

- Uso de QuitoMax® en el crecimiento y desarrollo de ajo (*Allium sativum* L.)** 45  
Annarellis Alvarez-Pinedo, Michel Soto-Izquierdo, Dariellys Martínez-Balmori, Humberto Izquierdo-Oviedo y Iván Castro-Lizazo

### *CIENCIAS DE LA SALUD Y BIOTECNOLOGÍA*

- Lactancia materna como factor protector de infecciones respiratorias altas** 51  
Napoleón Alverca-Ordóñez, Natasha Samaniego-Luna y Verónica Montoya-Jaramillo
- Ansiedad, estrés y depresión en estudiantes de medicina previo al ingreso al internado rotativo** 54  
Marco Vinicio Sánchez Salinas, Ana Catalina Puertas Azanza y Anabel Elisa Larriva Borrero

### *CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS*

- Evaluación del comportamiento dinámico en edificaciones de baja altura en la ciudad de Loja-Ecuador** 59  
Edwin P. Duque, Cristhian F. Quiñonez y Jessie D. Cueva
- Desarrollo de una aplicación informática para la búsqueda de oferta de alquiler de inmuebles en la ciudad de Loja** 68  
Steeven Armijos-Bravo y Wilman Chamba-Zaragocín
- Aprendizaje del sistema de lectura y escritura Braille basado en las TIC** 77  
Javier Sarango, Wilman Chamba y Mariana Espinoza

# INDEX

## ARTICLES

### *FOREST, BIODIVERSITY AND ENVIRONMENTAL SCIENCES*

- Dung beetle richness and abundance in a peri-urban conservation area  
in Loja, Ecuador 1  
Claudio Armijos-Armijos, Aura Paucar-Cabrera, and Christian Mendoza-León
- Francisco Vivar Castro University Park: A key refuge for the birds of  
Hoya de Loja, Ecuador 9  
Leonardo Ordóñez-Delgado, Jorge Córdova-González, Jorge Correa-Conde,  
Christian Mendoza-León, and Diego Armijos-Ojeda
- Updated checklist of the cacti of Continental Ecuador: diversity,  
distribution and notes on their conservation status 22  
Christian Loaiza-Salazar

### *AGRICULTURAL SCIENCES*

- Use of QuitoMax® in the growth and development of garlic  
(*Allium sativum* L.) 45  
Annarellis Alvarez-Pinedo, Michel Soto-Izquierdo, Dariellys Martínez-Balmori,  
Humberto Izquierdo-Oviedo, and Iván Castro-Lizazo

### *HEALTH SCIENCES AND BIOTECHNOLOGY*

- Breastfeeding as a protective factor for upper respiratory infections 51  
Napoleón Alverca-Ordóñez, Natasha Samaniego-Luna,  
and Verónica Montoya-Jaramillo
- Anxiety, stress and depression in medical students prior to admission  
to the rotating internship 54  
Marco Vinicio Sánchez Salinas, Ana Catalina Puertas Azanza,  
and Anabel Elisa Larriva Borrero

### *EXACT SCIENCES AND ENGINEERING*

- Dynamic assessment of low-rise buildings in the city of  
Loja-Ecuador 59  
Edwin P. Duque, Cristhian F. Quiñonez, and Jessie D. Cueva
- Development of a computer application for the search for real  
estate rental offer in the city of Loja 68  
Steeven Armijos-Bravo, and Wilman Chamba-Zaragocín
- Learning the Braille reading and writing system based on ICTs 77  
Javier Sarango, Wilman Chamba, and Mariana Espinoza

# Riqueza y abundancia de escarabajos peloteros en un área de conservación periurbana de Loja, Ecuador

## *Dung beetle richness and abundance in a peri-urban conservation area in Loja, Ecuador*

Claudio Armijos-Armijos<sup>1</sup>, Aura Paucar-Cabrera<sup>1,\*</sup> y Christian Mendoza-León<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Museo de Zoología LOUNAZ, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: aurapaucar@gmail.com

Fecha de recepción del manuscrito: 21/01/2022

Fecha de aceptación del manuscrito: 15/06/2022

Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—Los escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) son usados como bioindicadores por su sensibilidad y alto grado de fidelidad a condiciones ambientales específicas. En el presente estudio se determinó la riqueza y abundancia de los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae en cuatro coberturas vegetales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional (PUEAR) en Loja, Ecuador. En cada cobertura se colocaron tres transectos longitudinales de 200 m y 5 puntos de muestreo en cada transecto. Se realizaron tres periodos independientes de muestreos usando trampas pitfall cebadas con heces humanas (coprotrampas) y pollo en descomposición (necrotrampas) para la colecta de especímenes. Para la comunidad de Scarabaeinae se calcularon medidas e índices de riqueza, abundancia y se evaluaron las diferencias en la composición entre las coberturas vegetales. La riqueza de Scarabaeinae fue mayor en plantaciones forestales, mientras que en el páramo antrópico solo se encontró una especie. La subfamilia Scarabaeinae registró mayor abundancia en el bosque (216 individuos) y menor abundancia en el páramo antrópico (2 individuos). La composición y estructura de las comunidades de la subfamilia Scarabaeinae muestran diferencias en función de las coberturas vegetales. Los sitios que tienen una mayor similitud en la composición de las comunidades de acuerdo con la cobertura vegetal son el bosque natural y las plantaciones forestales; el páramo se diferencia notablemente de las otras coberturas vegetales evaluadas.

**Palabras clave**—Bioindicadores, Coberturas vegetales, Scarabaeinae.

**Abstract**—Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) are used as bioindicators because of their sensitivity and high degree of fidelity to specific environmental conditions. In this research, the richness and abundance of individuals of Scarabaeinae were studied in four vegetation types at Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional (PUEAR, its acronym in Spanish). Three 200-meter transects and 5 sampling points in each transect were placed. Three monthly sampling periods were conducted using pitfall traps, some baited with human feces and others with decomposed chicken. For the Scarabaeinae community, indexes of richness and abundance were calculated, and differences in composition between vegetation types were evaluated. Richness of Scarabaeinae was higher in forest plantations, while only one species was found in the anthropogenic paramo. The subfamily Scarabaeinae registered higher abundance in forest (216 individuals) and lower abundance in the anthropogenic paramo (2 individuals). The composition and structure of the communities of Scarabaeinae show differences in accordance to vegetation types. The similarity index shows there is an affinity between natural forest, forest plantations and scrub, however the paramo is notably different from the other vegetation types evaluated. Vegetation types with higher similarity in dung beetle community composition are natural forest and forest plantations; anthropic paramo is notably different from the other vegetation types.

**Keywords**—Bioindicators, Vegetation types, Scarabaeinae.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques andinos del sur del Ecuador se enfrentan a varias presiones antrópicas como el cambio de uso de suelo, la erosión hídrica, deslizamientos de tierra, incendios, producción ganadera y actividades agrícolas, que provocan una pérdida drástica de este tipo de ecosistemas (Bussmann,

2005). Los cambios en la composición de las comunidades vegetales han generado varios tipos de cobertura vegetal donde las especies responden de diferente manera a estas modificaciones y sus respuestas dependen de atributos como el nicho ecológico (Chase y Leibold, 2003), rasgos funcionales ((Violle *et al.*, 2007) y patrón de desplazamiento (Sulca y Huamantincio, 2016). Estos atributos pueden llegar a afectar

a la composición de la fauna a nivel de individuos, poblaciones o comunidades en todos los grupos taxonómicos (Harvey *et al.*, 2003).

Estas presiones antrópicas y los cambios en la composición de comunidades vegetales han originado una serie de impactos negativos a los insectos como disminución de su riqueza y abundancia (Nichols *et al.*, 2007), modificación de sus comportamientos (Gasca y Ospina, 2000) y limitantes fisiológicos provocados principalmente por el cambio climático que no permiten a los insectos acondicionarse a otras localidades y ampliar su distribución geográfica (De la Vega y Schilman, 2015). Debido a esta sensibilidad a la perturbación antrópica y a otras características tales como alta diversidad, importancia funcional, rápida respuesta a la variabilidad ambiental y facilidad de captura de algunos taxones de insectos, se los ha reconocido como importantes elementos bioindicadores de la calidad de los ecosistemas (Cancino-López *et al.*, 2014; De la Vega y Schilman, 2015; Ortega-Echeverría *et al.*, 2019; Palacio *et al.*, 2012; Villamarín-Cortez, 2010).

De este grupo de insectos bioindicadores, los coleópteros son los más utilizados para el monitoreo de áreas de conservación (Alburqueque *et al.*, 2015; Noriega *et al.*, 2015). Y dentro de los coleópteros, los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae, conocidos comúnmente como escarabajos peloteros, estercoleros o copronecrófagos, son ampliamente utilizados en el desarrollo de estudios de medición de impacto ambiental gracias a su taxonomía y biología conocida, su gran rango geográfico, su fácil recolección y la especificidad que presentan en algunos hábitats, lo que los convierte en candidatos sobresalientes para ser usados como indicadores ecológicos (Cancino-López *et al.*, 2014). El grado de sensibilidad de los escarabajos a su entorno revela datos de algún tipo de cambio ambiental lo que permite determinar las variaciones que se están dando en los ecosistemas (Carpio *et al.*, 2009). Los escarabeinos son capaces de responder al estado de conservación de las coberturas vegetales por medio del aumento o disminución de la riqueza y abundancia de especies (Alburqueque *et al.*, 2015; Cancino-López *et al.*, 2014; Delgado-Gómez *et al.*, 2012; Halfpter y Arellano, 2002). Es decir, la riqueza y abundancia de escarabajos peloteros varía de acuerdo a la perturbación de los hábitats, aumentando o manteniendo sus comunidades de escarabeinos en zonas con mínima perturbación antrópica y disminuyendo cuando las áreas han perdido sus condiciones naturales por la actividad humana (Cancino-López *et al.*, 2014; De la Vega y Schilman, 2015; Sánchez Hernández *et al.*, 2018).

La riqueza y abundancia de las comunidades neotropicales de la subfamilia Scarabaeinae responden específicamente a tres factores: 1) presencia de cobertura vegetal que les proporciona protección y sitios de reproducción (Harvey *et al.*, 2003); 2) disponibilidad de recursos alimenticios con preferencias hacia la carroña (necrófagos), al excremento de mamíferos y otros vertebrados (coprófagos) y ambos alimentos (generalistas) (Cancino-López *et al.*, 2014); y 3) condiciones del suelo como la compactación y capacidad de drenaje que influyen sobre todo en las especies cavadoras que necesitan construir sus túneles (Gasca y Ospina, 2000) y aquellas cuyos estadios inmaduros se desarrollan en el suelo (Sulca y Huamantínco, 2016).

La información que se ha generado hasta el momento sobre escarabeinos en páramos, en bosques altoandinos, en

plantaciones agroforestales y en sistemas agrícolas específicos del Neotrópico es reducida (Noriega *et al.*, 2015). Existe poca información acerca de la distribución de las especies de escarabajos en la región sur del Ecuador (Onore, 2003), y hasta ahora no se ha encontrado bibliografía respecto a estudios realizados en la Provincia de Loja en los que relacionen a los escarabajos copronecrófagos con el tipo de cobertura vegetal. Como lo menciona França *et al.* (2017) esta información es necesaria para establecer cómo las perturbaciones en la cobertura vegetal afecta a los escarabeinos. Por ello, en la ciudad de Loja se ha realizado este estudio, en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional Ing. Francisco Vivar Castro (PUEAR), que es un remanente de bosque andino (Aguirre *et al.*, 2014) que se ha convertido en un área de conservación que alberga a especies importantes de aves, mamíferos, reptiles, flora y nano-cuencas nacies, sin embargo no ha escapado de las alteraciones por actividades antrópicas que han causado el cambio en su estructura y composición vegetal (Aguirre *et al.*, 2016). La presente investigación, pretende determinar la riqueza y abundancia de escarabajos coprófagos y necrófagos en un área de conservación periurbana de la ciudad de Loja sometida a la presión de las actividades antrópicas. Además, se genera nuevo conocimiento acerca de la riqueza, abundancia y roles ecológicos de los escarabeinos, sobre la teoría que explica su función ecológica en los ecosistemas (Amore *et al.*, 2018), y que su diversidad cambia entre los distintos tipos de vegetación (Beiroz *et al.*, 2019).

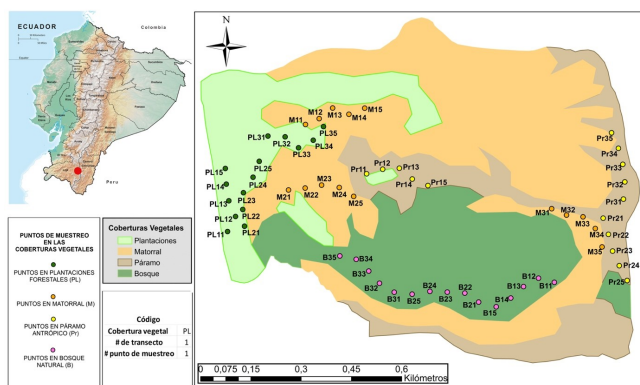
## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la parroquia San Sebastián, cantón Loja, provincia de Loja, en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación (PUEAR), ubicado al sur de la ciudad de Loja, específicamente a 5 km del centro de la ciudad. Este parque cuenta con una superficie aproximada de 99,13 ha, se encuentra en un rango altitudinal entre 2130 a 2520 m.s.n.m., en las siguientes coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223 N, 700 970 – 9 553 139 S – 701 309 – 9 553 171 E, 699 961 – 9 554 049 W. El PUEAR presenta una precipitación media anual de 955 mm/año, una temperatura media anual de 16,6 °C, una humedad relativa media de 71,96 %, una evaporación media de 111,33 mm, una velocidad del viento que va en un rango de 3,64 a 5,44 m/s, un clima templado lluvioso, mesotérmico, frío e isotermal y un bio-clima subhúmedo templado (Aguirre *et al.*, 2014).

El PUEAR presenta diferentes coberturas vegetales, y aquellas que comparten características similares fueron unificadas en cuatro coberturas vegetales correspondientes a: bosque nativo, plantaciones forestales, páramo antrópico y matorral con la peculiaridad de ser homogéneas y análogas, condición necesaria para el muestreo (modificado de Muñoz Chamba (2015). En las coberturas vegetales del parque se establecieron puntos de muestreo ubicados con un buffer de 45 m, con el fin de eliminar el efecto de borde. En las áreas dentro del buffer se establecieron al azar tres transectos longitudinales de 200 m, en cada una de las coberturas vegetales. En los transectos se colocaron 5 puntos separados entre sí por 50 m, con un total de 15 puntos de muestreo por cobertura y 60 puntos de muestreo en toda el área de estudio (Fig.1). Todos los procedimientos cartográficos se los realizó en el software



QGIS versión 2.18 (QGIS Development Team, 2016).



**Fig. 1:** Mapa de ubicación del PUEAR en la provincia y cantón Loja (punto rojo). Se indican las coberturas vegetales de la zona de estudio y los puntos de colecta en cada cobertura vegetal. Mapa de vegetación adaptado de Muñoz Chamba (2015).

De octubre a diciembre del 2019, en cada tipo de cobertura vegetal se realizaron tres muestreos independientes (uno por mes) mediante trampas de caída (pitfall), utilizando cebos de vísceras de pollo para coleccionar escarabajos necrófagos y cebos de excremento humano para coleccionar escarabajos coprófagos (Ferrer-Paris *et al.*, 2013; Figueroa y Alvarado, 2011). Las trampas estuvieron activas por 72 horas con revisiones y reemplazo de cebos cada 24 horas. Los especímenes colectados fueron depositados en fundas Ziploc individuales por trampas y cada una con sus respectivos datos de colecta y código de campo asignado según su número de trampa y transecto. Los especímenes fueron conservados en etanol al 70%, donde permanecieron hasta su montaje y etiquetado. En cada uno de los periodos de muestreo se midió la temperatura y humedad del ambiente a ras del suelo.

Los especímenes se identificaron usando la clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros presentes y presuntos para Ecuador (Chamorro *et al.*, 2018). Posteriormente los especímenes fueron depositados en la colección de invertebrados del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ). El muestreo se llevó a cabo bajo el permiso de investigación No.009-2019-IC-VS-UPN-DPAL-MAE otorgado por el Ministerio del Agua, Ambiente y Transición Ecológica.

Para estimar la eficiencia de muestreo se construyó una curva de acumulación de especies. Las especies se ordenaron de acuerdo con la ubicación de los puntos de muestreo y se emplearon los estimadores no paramétricos ACE y Chao2. La riqueza específica y la abundancia de escarabajos peloteros se obtuvo para las cuatro coberturas vegetales. Se realizaron las curvas de rango abundancia en cada cobertura vegetal, para evaluar los cambios en cuanto a la riqueza y equitatividad de especies colectadas en el PUEAR. Para la construcción de las curvas de acumulación de especies y rango-abundancia se ordenaron jerárquicamente a las especies presentes en cada unidad de muestreo de acuerdo a su abundancia empleando el paquete BiodiversityR (Kindt, 2019) en el software R versión 3.5.1. (R Core Team, 2019).

La diversidad beta de escarabajos peloteros se calculó con el índice de Bray-Curtis, un análisis de agrupamiento donde la similitud entre dos comunidades se mide a partir de la abundancia de las especies. La matriz de similitud del ín-

dice de Bray-Curtis, se utilizó para realizar un análisis de conglomerados. Además, para analizar el grado de similitud de escarabajos peloteros en las coberturas vegetales se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS, por sus siglas en inglés), utilizando como distancia el índice de Bray-Curtis, para condensar la información en una representación gráfica de ordenación 2D. En esta ordenación, cuanto más cercanos son los puntos, más similar es la composición de las comunidades.

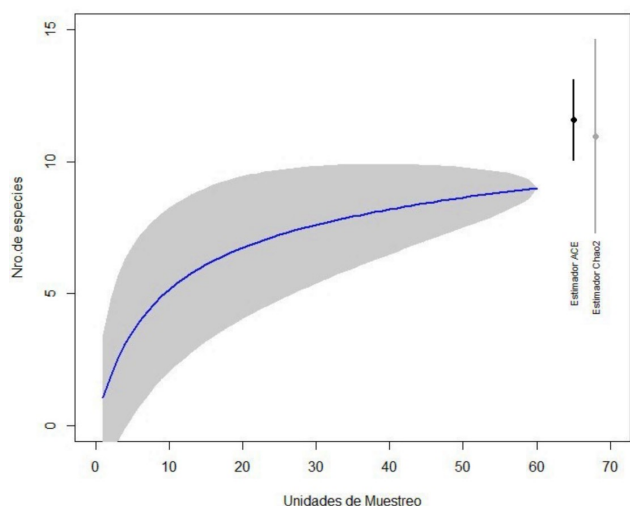
Para evaluar las diferencias en la composición de las comunidades entre las coberturas vegetales (plantaciones forestales, matorral, páramo antrópico y bosque natural) del PUEAR, se realizó un análisis de similitud (ANOSIM), prueba no paramétrica que determina la significación estadística de los grupos obtenidos mediante el análisis de conglomerados. El análisis se lo desarrolló usando una matriz de datos de abundancia, con una permutación de 999, utilizando como distancia el índice de disimilitud de Bray-Curtis, el cual permitió obtener el valor estadístico R, con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . El rango limitado por el estadístico “R” de 0 a 1, indica que mientras más cercano sea el valor a 1 mayor diferencia habrá entre los grupos formados y valores más cercanos a 0 mayor semejanza presentarán entre los grupos formados. Para el desarrollo del ANOSIM se utilizó el paquete Vegan (Oksanen *et al.*, 2019) del software R versión 3.5.1. (R Core Team, 2019).

## RESULTADOS

Se registraron 390 individuos de la subfamilia Scarabaeinae, clasificados en 6 géneros (*Cryptocanthon*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Onoreidium*, *Onthophagus* y *Uroxys*) y 9 especies. La especie que presentó mayor cantidad de individuos fue *Uroxys frankenbergeri* Balthasar, 1940 (261 individuos), seguida por *Uroxys lojanus* Arrow, 1933 (46 individuos), *Cryptocanthon paradoxus* Balthasar, 1942 (39 individuos), *Deltochilum tessellatum* Bates, 1870 (20 individuos), *Uroxys rugatus* Boucomont, 1928 (12 individuos), *Onthophagus curvicornis* Latreille, 1812 (7 individuos) y *Onoreidium cristatum* (Arrow, 1931) (3 individuos), mientras que *Dichotomius cotopaxi* (Guérin-Méneville, 1855) y *Uroxys* sp.2 tuvieron un individuo cada uno. Durante la identificación de las especies de la subfamilia Scarabaeinae se identificaron tres especies cuyo registro en la ciudad de Loja data de hace varias décadas atrás como *Cryptocanthon paradoxus*, que fue registrado en el Villonaco y luego fue descrito en el año 1942; *Uroxys lojanus* registrado en el Pucará y más tarde descrito en el año 1933; y un único espécimen hembra de *Uroxys frankenbergeri* registrado en Cajanuma y luego descrito en el año 1940. Esta última especie está siendo re-descrita, parte del material usado en ese trabajo taxonómico proviene del presente estudio (Chamorro *et al.*, 2018).

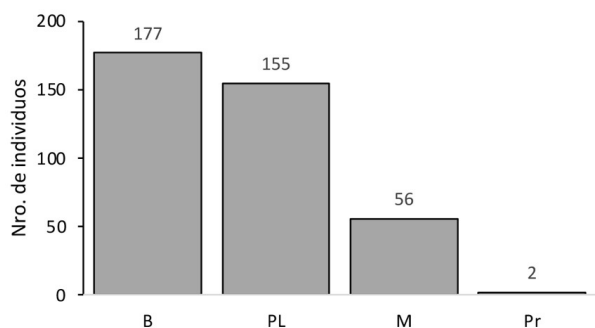
Para las especies de Scarabaeinae del PUEAR, la curva de acumulación basada en el estimador ACE mostró una riqueza total esperada de 11 especies, mientras que la curva de acumulación de especies basada en Chao2 indicó una riqueza esperada de 10 especies. Los resultados indican eficiencia de muestreo del 82% considerando el estimador ACE, y 90% considerando a Chao2 del total estimado para la localidad, con la colecta de 9 especies (Fig. 2).

La riqueza de especies más alta entre las cuatro coberturas



**Fig. 2:** Curva de acumulación de especies para los escarabeinos del PUEAR. Se indican los estimadores de riqueza no paramétricos ACE y Chao2 con su desviación estándar.

vegetales de estudio se presentó en las plantaciones forestales con 6 especies y la menor riqueza de especies corresponde al páramo antrópico donde se registró una sola especie. En toda el área de estudio, el género con mayor número de especies fue *Uroxys* que presentó cuatro especies, mientras que los otros cinco géneros (*Cryptocanthon*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Onoreidium* y *Onthophagus*) presentaron una sola especie cada uno.

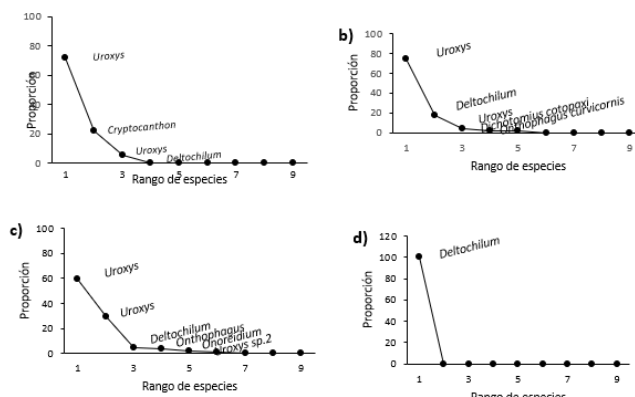


**Fig. 3:** Número de individuos en cada cobertura vegetal: B (bosque), PL (plantaciones forestales), M (matorral) y Pr (páramo antrópico).

La cobertura vegetal con mayor abundancia fue el bosque nativo con 177 individuos registrados (Fig. 3). En cuanto a la abundancia por géneros en toda el área de estudio, se observó que el mayor número de individuos pertenecen a *Uroxys* con un total de 320 especímenes, en comparación a *Dichotomius* con un solo espécimen registrado en el estudio. Las especies con mayor número de individuos dentro del PUEAR fueron *Uroxys frankenbergeri* (261 individuos), *Uroxys lojanus* (46 individuos) y *Cryptocanthon paradoxus* (39 individuos).

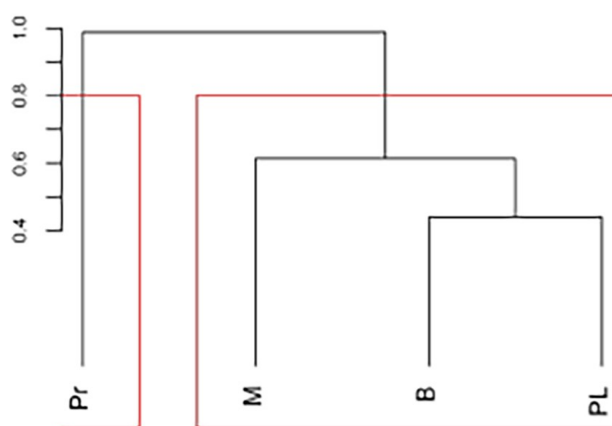
Las curvas de rango-abundancia mostraron que no hay diferencias entre las especies dominantes registradas en bosque, matorral y plantaciones forestales; donde *Uroxys frankenbergeri* presentó una proporción de 71,8%, 75% y 59,4% en bosque, matorral y plantaciones forestales, respectivamente (Fig. 4a). Estas tres coberturas muestran una pendiente fuertemente acentuada lo que significa una baja equitatividad

de las especies. Por otro lado, en la cobertura vegetal del bosque, la especie con menor proporción fue *Deltochilum tessellatum* (0,6%). La cobertura matorral presentó una menor proporción de especies *Onthophagus curvicornis* y *Dichotomius cotopaxi* con el 1,8% en ambas especies (Fig. 4b). En la cobertura de plantaciones forestales la especie de menor proporción fue *Uroxys* sp.2 (0,6%) (Fig. 4c). Finalmente, en la cobertura vegetal del páramo antrópico se encontró una sola especie (*Deltochilum tessellatum*) (Fig. 4d).



**Fig. 4:** Curva de rango abundancia de las coberturas vegetales: a) Bosque, b) Matorral, c) Plantaciones Forestales y d) Páramo Antrópico. El eje X corresponde al rango de especies y el eje Y representa las proporciones de cada una de las especies presentes en la cobertura vegetal.

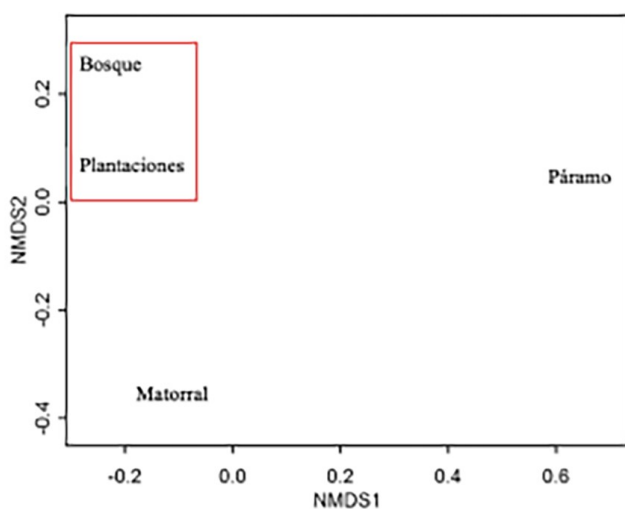
El análisis de clúster mediante la matriz de Bray-Curtis mostró dos subgrupos. El primer subgrupo indica una similitud de la abundancia de escarabajos copronecrófagos del 40 y 60% entre las plantaciones forestales, bosque natural y matorral, mientras que el páramo antrópico difiere en la abundancia de escarabajos copronecrófagos en relación con las otras coberturas vegetales de análisis (Fig. 5).



**Fig. 5:** Dendrograma del análisis de similitud de Bray-Curtis, muestra las similitudes de abundancia total de escarabajos copronecrófagos entre las coberturas vegetales del PUEAR: Pr (páramo antrópico), M (matorral), B (bosque) y PL (plantaciones forestales).

El ordenamiento resultante del NMDS indicó que las comunidades de escarabajos copronecrófagos de las coberturas del bosque natural y plantaciones forestales muestran una superposición de comunidades, siendo las dos coberturas las

que más semejanza en composición y estructura comunitaria presentan. También, el matorral tiende a asemejarse a las dos coberturas vegetales antes mencionadas, se observa una semejanza entre la composición de escarabajos copronecrófagos en estas tres coberturas vegetales de acuerdo con el eje NMDS2 (Fig. 6). Por otro lado, la cobertura del páramo antrópico mostró menor similitud en la composición de escarabajos copronecrófagos con las otras coberturas vegetales del análisis, puesto que fue la que más lejos se encontró en relación con las otras coberturas vegetales de acuerdo con el NMDS1 (Fig. 6).



**Fig. 6:** Representación 2D del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), con el uso del índice de Bray-Curtis para comparar la composición comunitaria de escarabajos copronecrófagos entre las coberturas vegetales del PUEAR: Bosque, Plantaciones forestales, Matorral y Páramo antrópico.

En contraste, el análisis de similitud (ANOSIM) mostró que hay diferencias significativas ( $p=0.05$ ), lo que indica que sí existe diferencia en la composición de las comunidades de Scarabaeinae entre el bosque, matorral, plantación forestal y páramo antrópico del PUEAR. Las comunidades de Scarabaeinae en las coberturas vegetales del PUEAR son consideradas totalmente diferentes entre sí ( $R=0.23$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que la riqueza y abundancia de escarabeinos es particular para cada una de las coberturas vegetales analizadas, las cuales presentan cambios en su estructura y características ambientales lo que influye en la presencia o ausencia de las especies. Otros estudios también han determinado que cada hábitat tiene una comunidad particular de escarabajos peloteros, donde la estructura y composición del hábitat, especialmente el tipo de vegetación, son las variables que influyen en el recambio de especies entre hábitats (Cancino-López *et al.*, 2014), por lo que es posible encontrar diferencias en la riqueza y abundancia de escarabeinos en cada fragmento de un área antropogénica que cuenta con condiciones particulares (Delgado-Gómez *et al.*, 2012). Halffter y Arellano (2002) añaden que la disponibilidad del alimento no es el factor más relevante en la riqueza y abundancia de escarabeinos, sino el grado de transformación del hábitat original.

En el PUEAR, las coberturas vegetales se diferencian tanto

en el tipo de vegetación como en la altura del dosel: el bosque tiene una dominancia de nogal, aliso, arbustos, hierbas y epífitas; las plantaciones forestales presentan en su área un gran porcentaje de eucalipto, pino, pastizales y especies frutales; en el matorral se encuentran estratos arbustivos y herbáceos; mientras que el páramo cuenta con una formación herbácea perenne (Aguirre *et al.*, 2014). Se ha reportado que los escarabajos peloteros tienen preferencia por zonas con una cobertura vegetal alta, ya que su alimento se mantiene fresco por más tiempo (Villamarín-Cortez, 2010), generalmente los escarabeinos se trasladan de zonas abiertas con grandes perturbaciones y condiciones extremas a bosques con un gran dosel y riqueza (Delgado-Gómez *et al.*, 2012).

En concordancia, las plantaciones forestales y el bosque natural son los tipos de vegetación que presentaron mayor riqueza y abundancia, respectivamente; además, el bosque natural, plantaciones forestales y matorral presentan cierta homogeneidad, esta similitud permite el flujo de especies entre los hábitats y una composición comparable de escarabeinos (Fig. 5), mientras que el páramo antrópico, donde se registraron sólo dos individuos de *Deltachilum tessellatum*, fue la cobertura vegetal con menor riqueza y abundancia de especies, posiblemente por las condiciones de terreno con suelos compactados y pobres en materia orgánica, esta es una zona fuertemente intervenida y afectada por incendios a lo largo de los años (Sarango-Cobos *et al.*, 2019), probablemente no brinda los recursos necesarios para los escarabeinos, al menos durante los meses de colecta. Se ha reportado que las coberturas vegetales con estructura boscosa más compleja presentan una diversa comunidad de escarabeinos (Harvey *et al.*, 2003), y otro factor que influye en la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos es el estado de conservación de las áreas estudiadas, aquellas que se encuentran en buenas condiciones permiten el desarrollo y la movilización de los individuos, a diferencia de las que ya han sido degradadas en gran porcentaje (Palacio *et al.*, 2012).

En el PUEAR, la riqueza de especies registrada, fue mayor en las plantaciones forestales que representan un ecosistema más simplificado que el bosque natural, pero donde existe alta disponibilidad de recurso alimenticio, tanto de mamíferos silvestres que visitan estas áreas como de aquel proveniente del ganado vacuno que se encuentra pastando dentro de la zona y deposita excremento del que pueden alimentarse los escarabeinos y desarrollar sus funciones biológicas, especialmente los generalistas. En contraste, se encontró una mayor abundancia de individuos de Scarabaeinae en bosque natural donde posiblemente se encuentra mayor diversidad y abundancia de mamíferos silvestres que aportan recurso alimenticio para las comunidades de escarabajos copronecrófagos que son sensibles a la abundancia del recurso alimenticio, el tipo de excremento y los cambios en la disponibilidad de estos (Rangel-Acosta *et al.*, 2012). En el bosque natural, los escarabajos copronecrófagos logran colonizar el excremento de mamíferos y posiblemente de aves y de reptiles, pero también aprovechan otros recursos como materia vegetal en descomposición, hongos, frutas y carroña (Bustos y Lopera Toro, 2003; Ibarra-Polesel *et al.*, 2015; Sánchez Hernández *et al.*, 2018), lo que indicaría una mayor cantidad y variedad de recurso que podría significar una mejor dinámica en el bosque, donde los escarabeinos contribuyen con el ciclaje de nutrientes y la dispersión secundaria de las semillas incre-

mentando la regeneración de los bosques (Rangel-Acosta *et al.*, 2012). Para el PUEAR, la presencia de escarabajos supone un servicio de apoyo en la restauración del bosque natural que se encuentra rodeado por otros tipos de vegetación en restauración como el matorral y el páramo antrópico. Adicionalmente, otras condiciones en el bosque como el suelo rico en materia orgánica, la acción de los descomponedores y los organismos edáficos que proveen aireación y porosidad al suelo, podrían estar influyendo en la riqueza y abundancia de los escarabeinos, una buena calidad del suelo es necesaria para la construcción de galerías, con buen drenaje y acumulación de materia orgánica de la cual también dependen para sus procesos metabólicos, aumentando así el número de crías y adultos en el sitio (Rangel-Acosta *et al.*, 2012).

Entre los géneros registrados, *Uroxys* presentó mayor riqueza y abundancia dentro del área de estudio. En otras regiones neotropicales también se ha registrado esta tendencia, en la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote en Chiapas, México se observó que las especies del género *Uroxys* se mantuvieron persistentes y dominantes en todos sus hábitats (Sánchez Hernández *et al.*, 2018). En Sudamérica, se ha reportado que las especies de este género incluso han logrado acondicionarse a las regiones alto andinas del Ecuador, y llegan a adentrarse en zonas de páramo, donde alcanzan una gran especiación en toda la cordillera de los Andes (Escobar, 2000; Espinoza y Noriega, 2018). Dentro del género, *U. frankenbergeri* presenta dominancia en matorral, bosque natural y plantaciones forestales, posiblemente producto de la adaptación de la especie a gran variedad de fuentes nutricionales o por su competitividad frente a otras especies de escarabeinos (Correa *et al.*, 2019).

Es posible que, en épocas del año con diferente precipitación, humedad y temperatura, influyeran sobre la abundancia y emergencia de adultos que puedan ser capturados, por lo tanto, es necesario realizar más muestreos en otros meses del año, especialmente en la zona de páramo para verificar si solo hay presencia de una especie de escarabeino en este tipo de vegetación. Pese a que no hay estudios de fluctuaciones de poblaciones de escarabeinos a lo largo del año en esta región del país, esta presunción la apoya el estudio de Uchoa y Rodrigues (2019) quienes hicieron un seguimiento a poblaciones de escarabeinos en tres ambientes del medio oeste de Brasil, donde tomaron en cuenta las estaciones de ocurrencia de especies predominantes, tomando en cuenta el número de individuos por especie, mensualmente, a lo largo de dos años de estudio (Noviembre 2005 a Noviembre 2007) en áreas naturales y agrícolas. Los autores encontraron mayor abundancia de escarabajos copronecrófagos en los meses de octubre a diciembre tanto en pastizal como en bosque nativo. Esto evidencia la necesidad de más muestreos en el PUEAR para identificar los picos de abundancia y las fluctuaciones poblacionales de estos escarabajos.

Este trabajo nos brinda un panorama general de un momento en la historia del PUEAR que es un área de conservación importante para la ciudad de Loja por su ubicación y los servicios ecosistémicos que provee tales como servicios de provisión (plantas medicinales y ornamentales como la Achupalla [*Puya spp.*]); de regulación (ciclos hídricos y regulación de las quebradas León Huayco y Los Nogales); de prevención de erosión y conservación de la fertilidad del suelo y secuestro de carbono con la presencia de bosque mixto de es-

pecias maderables y matorral); de apoyo (como polinización y dispersión de semillas brindado por las especies que alberga como 100 especies de aves, 10 especies de mamíferos y 4 de reptiles, incluyendo a la especie en peligro de extinción *Bothrocophias lojana* Parker, entre otras), y culturales para investigación y turismo (Aguirre *et al.*, 2014); a las especies que brindan servicios ecosistémicos se suman los escarabajos peloterios. Todas las especies vegetales y faunísticas deberían disponer de condiciones apropiadas para el mantenimiento de sus poblaciones. Dentro del PUEAR, los datos demuestran que la riqueza y abundancia de escarabajos peloterios es altamente sensible a los cambios ambientales y de vegetación, las áreas de conservación como el bosque natural son claves para mantener la comunidad de escarabajos copronecrófagos. Se observó que existe una relación de la riqueza y abundancia entre bosque natural, plantaciones forestales y matorral, donde posiblemente las poblaciones de escarabeinos pueden cruzar de un tipo de vegetación a otro, pero sus comunidades no tienen las mismas proporciones en cuanto a riqueza y abundancia, y se debe interpretar como un deterioro de las condiciones óptimas que debería tener el PUEAR. Más aún, si existieran estudios similares en remanentes boscosos conservados más amplios como la Reserva Madrigal del Podocarpus o el Parque Nacional Podocarpus con los que se pudieran comparar a las comunidades de escarabajos peloterios del PUEAR, posiblemente se pudiera percibir que el pequeño fragmento de bosque natural del PUEAR ha perdido especies de peloterios y con ellas sus servicios ecosistémicos, las redes de interacción naturales que estas tienen con los vertebrados silvestres, y las condiciones ambientales óptimas de fragmentos naturales más amplios y conectados. Estudios a largo plazo de las poblaciones de peloterios pueden ayudar a monitorear el grado de restauración de las áreas de interés, y esos datos pueden convertirse en una guía clara para mejorar las medidas de conservación en el PUEAR mediante planes de manejo ambiental adaptativo con datos sólidos brindados por la dinámica de las poblaciones de escarabeinos.

## CONCLUSIONES

El presente estudio evidencia que en el sur del Ecuador existen factores, como el tipo de vegetación, que influyen sobre la riqueza y abundancia de las poblaciones de escarabajos peloterios; así como también influye la capacidad de las especies para adaptarse y competir, aquellas generalistas tienen mayor posibilidad de supervivencia en ecosistemas alterados.

Los datos obtenidos en esta investigación permitieron generar nueva información sobre las especies de la subfamilia Scarabaeinae en la zona de estudio, incluyendo el registro de aquellas especies que no habían sido reportadas por décadas. Según las curvas de acumulación obtenidas, aún quedan especies por registrar, por lo que es importante continuar con las investigaciones de escarabajos peloterios en el sur del Ecuador, especialmente bajo un escenario de cambio global. Esta investigación aporta información en zonas establecidas como áreas de conservación de especies que se encuentran en riesgo de que sus poblaciones decrezcan y que no cuentan con datos suficientes para poder determinar la situación actual y proyecciones expectantes de los valores de riqueza y abundancia que tendrían en el futuro los escarabajos copronecrófagos de la subfamilia Scarabaeinae y suma a los pocos

estudios en páramos, en bosques altoandinos, en plantaciones agroforestales y en sistemas agrícolas específicos del Neotrópico.

## AGRADECIMIENTOS

Extendemos nuestra gratitud al Dr. Fernando Vaz de Mello (Universidad Federal de Mato Grosso, Brasil) por la ayuda brindada en la delimitación del diseño del muestreo; al M.Sc. William Chamorro (investigador asociado a la Universidad Nacional de Loja) por su colaboración en la verificación de las identificaciones a nivel de especie; y al Dr. Brett Ratcliffe (University of Nebraska, Estados Unidos) por compartir el mapa del Ecuador. Agradecemos a la Dra. Helena España por su apoyo y sus valiosos comentarios.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: APC y CML; metodología: APC y CML; análisis formal: CAA y CML; investigación: CAA; recursos: CAA; curación de datos: CAA, APC; redacción — preparación del borrador original: CAA y APC; redacción — revisión y edición: CAA, APC y CML; visualización: CML; supervisión: APC y CML; administración de proyecto: CAA; adquisición de financiamiento para la investigación: CAA. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Claudio Armijos Armijos: CAA. Aura Paucar-Cabrera: APC. Christian Medoza-León: CML.

## FINANCIAMIENTO

Este estudio fue financiado por CAA y apoyado con las instalaciones y material entomológico del Museo de Zoología LOUNAZ-UNL.

## REFERENCIAS

- Aguirre, Z., Celso, M., y Puglla, Y. (2014). *Parque Universitario De Educacion Ambiental y Recreacion Francisco Vivar Castro*. Loja.
- Aguirre, Z., Gaona, T., y Yaguna, C. (2016). *Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. Loja.
- Alburqueque, D. S., Vaz de Mello, F., Cherre, A., y Timaná, C. (2015). Coleópteros (Coleoptera:Scarabaeidae) de los Bosque de Niebla, Ramos y Chin Chin, Ayabaca-Huancabamba, Piura-Perú. *INDES*, 3(1), 108–116. doi: 10.25127/indes.201501.009
- Amore, V., Da Silva, P. G., Hensen, M. C., Hernández, M. I., y Lobo, J. M. (2018). Variation in dung removal by dung beetles in subtropical Atlantic Rainforests. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 16(10), 854–862. doi: 10.1111/eea.12724
- Beiroz, W., Barlow, J., Slade, E. M., Borges, C., Louzada, J., y Sayer, E. J. (2019). Biodiversity in tropical plantations is influenced by surrounding native vegetation but not yield: A case study with dung beetles in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 444, 107–114. doi: 10.1016/j.foreco.2019.04.036
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203–216.
- Bustos, F. L., y Lopera Toro, A. (2003). Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3, 59–65.
- Cancino-López, R., Chamé-Vazquez, E., y Gómez y Gómez, B. (2014). Escarabajos Necrófilos (Coleoptera : Scarabaeinae) en Tres Hábitats del Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Dugesiana*, 21(2), 135–142.
- Carpio, C., Donoso, D. A., Ramón, G., y Dangles, O. (2009). Short Term Response of Dung Beetle Communities to Disturbance by Road Construction in the Ecuadorian Amazon. *Annales de la Societe Entomologique de France*, 45(4), 455–469. doi: 10.1080/00379271.2009.10697629
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., y Vaz-De-Mello, F. Z. (2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) presentes y presuntos para Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72–100. doi: 10.25100/socolen.v44i1.6545
- Chase, J. M., y Leibold, M. A. (2003). *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*. (ilustrada ed.; U. o. C. Press, Ed.). Chicago.
- Correa, C. M., Braga, R. F., Puker, A., y Korasaki, V. (2019). Patterns of Taxonomic and Functional diversity of dung beetles in a human-modified variegated landscape in Brazilian Cerrado. *Journal of Insect Conservation*, 23(1), 89–99. doi: 10.1007/s10841-018-00118-6
- De la Vega, G., y Schilman, P. E. (2015). La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74(3-4), 101–108.
- Delgado-Gómez, P., Lopera Toro, A., y Rangel-Ch, O. (2012). Variación Espacial del Ensamblaje de Escarabajos Coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Remanentes de Bosque Seco en Chimichagua (Cesar, Colombia). *Colombia diversidad biótica XII: La Región Caribe de Colombia*, 833–849.
- Escobar, F. (2000). Diversidad y Distribución de los Escarabajos del Estiércol (Coleoptera : Scarabaeidae : Scarabaeinae ) de Colombia. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1, 197–210.
- Espinoza, V. R., y Noriega, J. A. (2018). Diversity of the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in an altitudinal gradient in the east slope of los Andes, Napo province, Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 4(1), 144–150. doi: 10.1080/23766808.2018.1512199
- Ferrer-Paris, J., Sánchez-Mercado, y Rodríguez, J. (2013). Optimización del Muestreo de Invertebrados Tropicales: Un Ejemplo con Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 89–110. doi: 10.15517/rbt.v61i1.10941
- Figuroa, L., y Alvarado, M. (2011). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 209–212. doi: 10.15381/rpb.v18i2.230
- França, F. M., Frazão, F. S., Korasaki, V., Louzada, J., y Barlow, J. (2017). Identifying Thresholds of Logging Intensity on Dung Beetle Communities to Improve the Sustainable Management of Amazonian Tropical Forests. *Biological Conservation*, 216, 115–122. doi: 10.1016/j.biocon.2017.10.014
- Gasca, H. J., y Ospina, M. F. (2000). Estudio preliminar de la composición de la comunidad de escarabajos coprófa-

- gos ( Coleptera Scarabaeidae ) de un bosque altoandino en Albán (Cundinamarca, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 5(2), 19–22.
- Guérin-Ménéville, F.-É. (1855). Catalogue des Insectes Coléoptères, recueillis par M. Gaetano Osculati, pendant son exploration de la région équatoriale, sur les bords du Napo et de l'Amazonie. *Zoologisch-Botanischen Vereins*.
- Halffter, G., y Arellano, L. (2002). Response of Dung Beetle Diversity to Human-induced Changes in a Tropical Landscape. *Biotropica*, 34(1), 144–154. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00250.x>
- Harvey, C. A., Hernández, B., Maes, J.-m., Harvey, C. A., Vílchez, S., Medina, A., y Sánchez, D. (2003). Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforesteria en las Américas*, 10(39-40), 93–102.
- Ibarra-Polesel, M. G., Damborsky, M. P., y Porcel, E. (2015). Escarabajos Copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 744–753. doi: 10.1016/j.rmb.2015.05.011
- Kindt, R. (2019). *Package 'BiodiversityR'*.
- Muñoz Chamba, L. F. (2015). *Ordenamiento Territorial del Parque Universitario PUEAR mediante SIG, Loja-Ecuador* (Tesis Doctoral no publicada).
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., y Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137(1), 1–19. doi: 10.1016/j.biocon.2007.01.023
- Noriega, J. A., Camero, E. R., Arias-Buriticá, J., Pardo-Locarno, L. C., Montes, J. M., Acevedo, A. A., ... Solís, C. (2015). Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 97–126. doi: 10.15517/rbt.v63i1.13323
- Oksanen, J., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., ... Wagner, H. (2019). *Package 'vegan'*.
- Onore, G. (2003). Historia de la Ecarabaeidología en el Ecuador. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3(30), 9–14.
- Ortega-Echeverría, C., Navas S., G. R., y Noriega, J. A. (2019). Seasonality of the assemblage of dung beetles (coleoptera: Scarabaeinae) of the botanical garden of cartagena “Guillermo Piñeres” Bolívar-Colombia. *Caldasia*, 41(1), 124–138. doi: 10.15446/caldasia.v41n1.72107
- Palacio, J., Monroy-G, J. D., Valencia, E., y Noriega, J. (2012). Estructura de un Ensamblaje de Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Tres Sitios con Diferente uso del Suelo en Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 34(96), 43–54.
- QGIS Development Team. (2016). *QGIS*. Gran Canaria.
- R Core Team. (2019). *R: a language and environment for statistical computing and graphics*. Vienna.
- Rangel-Acosta, J. L., Blanco-Rodríguez, O., Gutiérrez-Rapalino, B., y Martínez-Hernández, N. J. (2012). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) asociados a excrementos de mamíferos en la Reserva Natural Luriza (RNL), Departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 50, 409–419.
- Sánchez Hernández, G., Gómez, B., Delgado, L., Rodríguez-López, M. E., y Chamé-Vázquez, E. R. (2018). Diversidad de Escarabajos Copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Caldasia*, 40(1), 144–160. doi: 10.15446/caldasia.v40n1.68602
- Sarango-Cobos, J., Muñoz, J., Muñoz, L., y Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101–114.
- Sulca, L., y Huamantínco, A. A. (2016). Variación estacional de la comunidad de escarabajos Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de un bosque inundable Amazonico de Perú. *Ecología Aplicada*, 15(1), 47–55.
- Villamarín-Cortez, S. (2010). Escarabajos Estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) de El Goaltal, provincia de Carchi, Ecuador: lista anotada de especies y ecología. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 98–103. doi: 10.18272/aci.v2i3.52
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., y Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882–892. doi: 10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x

# El Parque Universitario Francisco Vivar Castro: Un refugio clave para las aves de la Hoya de Loja, Ecuador

## *Francisco Vivar Castro University Park: A key refuge for the birds of Hoya de Loja, Ecuador*

Leonardo Ordóñez-Delgado<sup>1,2,3\*</sup>, Jorge Córdova-González<sup>1</sup>, Jorge Correa-Conde<sup>4</sup>, Christian Mendoza-León<sup>5</sup> y Diego Armijos-Ojeda<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> *Laboratorio de Ecología Tropical y Servicios Ecosistémicos (EcoSs-Lab). Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja 110107, Ecuador.*

<sup>2</sup> *Museo de Zoología, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto, calle París s/n, Loja, Ecuador.*

<sup>3</sup> *Programa de Doctorado en Conservación de Recursos Naturales, Escuela Internacional de Doctorado, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid, España.*

<sup>4</sup> *Programa de Conservación Alas de las Américas. Fundación Ecológica Arcoiris. Loja, Ecuador.*

<sup>5</sup> *Museo de Zoología - LOUNAZ, Universidad Nacional de Loja, Ciudadela Guillermo Falconi. Loja, Ecuador.*

\* *Autor para correspondencia: lyordonez2@utpl.edu.ec*

Fecha de recepción del manuscrito: 22/03/2022

Fecha de aceptación del manuscrito: 20/06/2022

Fecha de publicación: 30/06/2022

---

**Resumen**—Los Andes del sur de Ecuador constituyen una región privilegiada en lo que a biodiversidad se refiere. Sin embargo, el impacto humano sobre los ecosistemas naturales de esta zona ha sido significativo, de ahí que esfuerzos de creación de áreas protegidas dentro de este territorio se constituyan en procesos valiosos para la conservación de la biodiversidad. El Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Francisco Vivar Castro (PUEAR) es un área protegida ubicada en el perímetro sureste de la ciudad de Loja, el entorno urbano de mayor crecimiento en los Andes más australes del país. Este sector se constituye en un sitio de relevante importancia para la conservación de la avifauna local y regional. Sin embargo, a pesar de su relevancia, esta área protegida carecía de un análisis detallado de la comunidad de aves que alberga. Con base en el análisis de publicaciones previas y la sistematización de registros visuales y auditivos del sitio en la última década, se consolidó un listado actualizado de la avifauna de esta área. El PUEAR alberga al menos 112 especies de aves, la tercera parte (32%) se consideran raras; da refugio a tres especies amenazadas en Ecuador (*Penelope barbata*, *Leptosittaca branickii* y *Agriornis albicauda*); el 9% de las especies del sitio se consideran endémicas; el 5% posee sensibilidad alta a la intervención antrópica; y se evidencia la visita de cinco especies migratorias. Estos resultados denotan la importancia de esta área protegida como escenario local para futuros procesos de investigación, restauración y planificación territorial en la Hoya de Loja.

**Palabras clave**—Aves, Andes, Áreas protegidas, Loja, Ecuador

---

**Abstract**—The southern part of the Ecuadorian Andes are privileged in terms of biodiversity. However, the human impact on the natural ecosystems in this area has been significant, therefore the efforts to create protected areas are especially valuable for the biodiversity conservation of this area. The Francisco Vivar Castro University Park for Environmental Education and Recreation (PUEAR) is a protected area located in the southeastern perimeter of the city of Loja, the fastest-growing urban environment in the southernmost Andes of the country. This is a notably important site for the conservation of local and regional avifauna. Despite its relevance, this protected area has not been thoroughly analyzed from the point of view of the bird community it harbors. Based on the analysis of previous publications and the systematization of visual and auditory records obtained at this site in the last decade, we created an updated list of the avifauna of this area. The PUEAR hosts at least 112 bird species; a third of them (32%) are considered rare; three bird species are threatened (*Penelope barbata*, *Leptosittaca branickii*, and *Agriornis albicauda*); 9% are considered endemic; 5% are highly sensitive to anthropic intervention; and five migratory species visit the park. These results emphasize the importance of this protected area as a crucial local setting for future research, restoration, and territorial planning in La Hoya de Loja.

**Keywords**—Birds, Andes, Protected areas, Loja, Ecuador

---

## INTRODUCCIÓN

Los Andes del sur de Ecuador se consideran una región singular y de relevante importancia en lo que a biodiversidad se refiere (Ordóñez-Delgado et al., 2016, 2019; Richter et al., 2009; Székely et al., 2020, 2021; Weigend, 2013). Esta zona es parte del “hotspot” de biodiversidad Andes Tropicales (Bax y Francesconi, 2019; Myers et al., 2000); abarcan gran parte del área de endemismo de plantas “Amotape-Huancabamba” (Richter et al., 2009; Weigend, 2013) y se corresponden con la ecorregión “Páramos de la Cordillera Central” (Dinerstein et al., 1995). Además, abarcan dos importantes áreas de endemismo de aves, los Andes Centrales del Sur (EBA046) y el Páramo Andino Central (EBA043) (BirdLife International, 2021a,b), ambas reconocidas mundialmente por su alta diversidad y presencia de especies de rango de distribución restringido.

Sin embargo, a pesar de la demostrada importancia de esta región, la población humana ha transformado gran parte de su entorno natural; esto ha causado la pérdida y degradación de hábitats, extinción de especies y la alteración e interrupción de algunas funciones de los ecosistemas (Ramirez-Villegas et al., 2014; Richter et al., 2009). Como generalmente ocurre en el Neotrópico, este tipo de regiones ricas en biodiversidad, albergan en su interior ciudades de diferentes tamaños (Cincotta et al., 2000; Luck, 2007). En los Andes sur de Ecuador, se localiza la ciudad de Loja, capital de la provincia homónima, que con sus más de 180 000 habitantes (Municipalidad de Loja, 2014) se constituye en el entorno urbano de mayor tamaño y crecimiento de los Andes australes del país (Székely et al., 2021).

Históricamente, la conversión del bosque nativo en pastizales para ganadería ha sido el cambio más grande y destructivo en el uso de la tierra para los ecosistemas andinos (Thies et al., 2014). Sin embargo, a este cambio del uso del suelo se le suma en la actualidad el creciente desarrollo urbano (Iñiguez-Armijos et al., 2016; Ordóñez-Delgado et al., 2022). La urbanización, entendida como la conversión de hábitats naturales o de producción agropecuaria, por sitios con prevalencia de infraestructura humana (Stein et al., 2000), se considera una de las modalidades más agresivas de alteración y transformación de los ecosistemas naturales y por consiguiente de pérdida de biodiversidad (Lee y Rotenberry, 2015; Banville et al., 2017). En estos sitios transformados, los remanentes de vegetación natural son reducidos a pequeñas áreas verdes, en las cuales se presentan unos pocos elementos naturales nativos o introducidos (Beaugeard et al., 2019).

La estrategia más efectiva y eficiente para afrontar las diferentes problemáticas que enfrenta la biodiversidad en general es la creación de áreas protegidas (Stolton, 2010; Watson et al., 2014). Sin embargo, los esfuerzos por crear áreas protegidas se han focalizado históricamente en zonas con poca o ninguna intervención antrópica (Primack et al., 2001), quedando relegados del tema los entornos urbanos o periurbanos, que muchas veces pueden constituirse en sitios claves para procesos de conservación local (Trzyna, 2014). Este es el caso de la ciudad de Loja, que alberga en su área periurbana al Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación - Francisco Vivar Castro (en adelante PUEAR). Esta es un área protegida de propiedad de la Universidad Nacio-

nal de Loja y que en su interior da refugio a una interesante comunidad de aves. Sin embargo, a pesar de su importancia para este grupo faunístico, este sitio no ha contado hasta el momento con una apropiada caracterización que defina su importancia, fragilidad, y potencial como elemento urbano de conservación local.

Este trabajo se orientó a determinar la riqueza, diversidad, endemismo, estatus migratorio y grado de sensibilidad de las especies de aves de esta área protegida. Además, esboza líneas futuras de investigación, en la perspectiva de constituirse en un área protegida que cumpla con protocolos de gestión adecuados, orientados a la conservación efectiva de la biodiversidad local en el largo plazo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

La presente investigación se desarrolló en el PUEAR (Figura 1), área protegida ubicada al sureste de la Hoya de Loja, en el borde del perímetro urbano de la ciudad homónima, posee 99 ha de extensión y su rango altitudinal está entre los 2130 a 2520 m s.n.m. El clima del PUEAR es templado, con temperatura media anual de 16,6 °C, y precipitación media anual de 955 mm. Las coordenadas referenciales del sitio son 700082 E y 9553533 S (Correa-Conde, 2004). El PUEAR posee cuatro zonas bien diferenciadas (Figura 1). La parte baja, plantaciones, posee áreas abiertas y plantaciones de especies exóticas (*Pinus* spp., *Eucaliptus* spp.) y pastizales. La parte media, bosque y matorral, es la mejor conservada del PUEAR y corresponde a bosque con predominancia de especies nativas y la presencia de un ecosistema de matorral y otro de bosque de mayor tamaño. La parte alta, corresponde a un ecosistema de páramo con diferentes niveles de recuperación, ya que a lo largo de las últimas décadas ha enfrentado algunos incendios forestales (Correa-Conde, 2004).

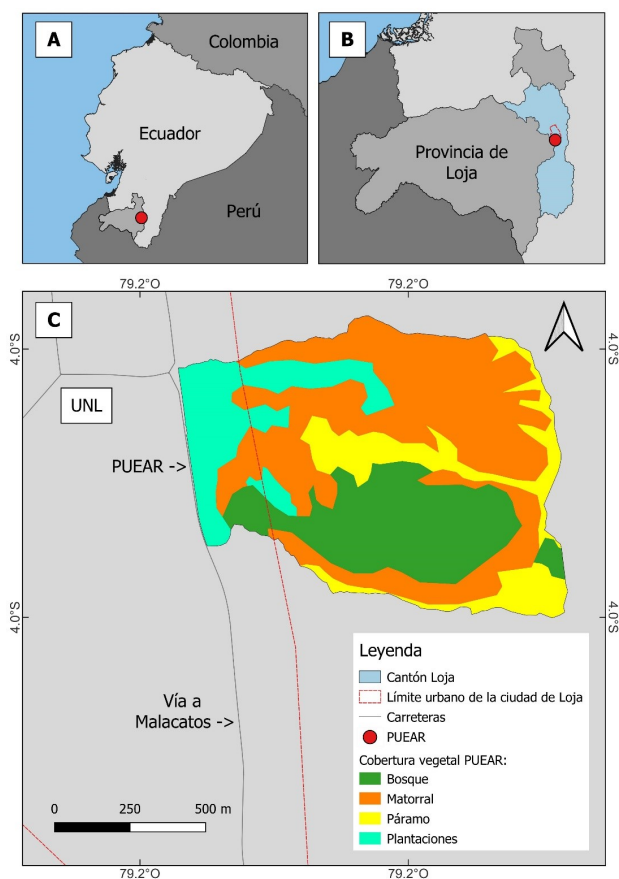
### Registro de Especies

El registro de las especies de aves se obtuvo revisando los listados publicados para el sitio Correa-Conde (2004) y por Andrade (2009). Además del registro visual y auditivo, no sistemático de las aves del área protegida, como parte de visitas esporádicas por parte de los autores del documento en los últimos 10 años. Cabe señalar que la mayor parte de las visitas efectuadas (>90%) se realizaron en las mañanas, entre las 05:00 y 11:00 horas, debido a que las aves son más activas a esas horas (Ordóñez-Delgado et al., 2013). La identificación visual de las especies se corroboró usando las guías de aves de Ecuador publicadas por Ridgely y Greenfield (2006b) y Freile y Restall (2018). La identificación y comparación de los registros auditivos se fundamentó en la colección de cantos de aves del Ecuador de Moore et al. (2013) y la revisión de la base de datos Xeno-Canto ([www.xeno-canto.org](http://www.xeno-canto.org)).

### Organización de los Resultados

Los resultados se presentan a partir de órdenes, familias, géneros y especies. La clasificación taxonómica, estatus migratorio, endemismo y análisis de distribución de las especies se fundamenta en las publicaciones de Ridgely y Greenfield (2006) y Freile y Restall (2018). Para las actualizaciones ta-





**Fig. 1:** Área de estudio, A: Ubicación respecto de Ecuador y la provincia de Loja, B: Ubicación respecto del cantón y ciudad de Loja, C: Detalle de los tipos de cobertura vegetal del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Francisco Vivar Castro, Universidad Nacional Loja, Ecuador.

xonómicas se ha considerado la propuesta del South American Classification Committee (Remsen et al., 2022) a enero de 2022. La categoría de amenaza se basa en la Lista Roja de las Aves de Ecuador (Freile et al., 2019). Para estimar la abundancia relativa de las especies se utilizaron las propuesta de Schulenberg et al. (2010) y Ordóñez-Delgado et al. (2016) en donde una especie es: muy común (MC) cuando se registra diariamente en números moderados en el hábitat apropiado; común (C) cuando se encuentra diariamente o casi a diario en pequeños números en el hábitat adecuado; poco Común (PC) cuando no se registra fácilmente, o puede ser registrada eventualmente en números muy pequeños en una semana o más de muestreo; rara (R) cuando es difícil de encontrar, aún en el hábitat adecuado y con pocos registros en el área de estudio.

### **Análisis de sensibilidad ambiental**

La sensibilidad ambiental de las aves se refiere a la capacidad que tienen las especies para adaptarse a disturbios y cambios en el ambiente por causas antrópicas (Stotz et al., 1996). La sensibilidad de las aves del área protegida se evaluó en base a la propuesta de Stotz et al. (1996) quienes proponen que se pueden catalogar como: alta, media y baja, conforme al detalle de la Tabla 1.

**Tabla 1:** Categorización de sensibilidad ambiental para evaluar las aves del PUEAR en base a la propuesta de Stotz et al. (1996).

<b>Categoría</b>	<b>Sensibilidad Ambiental en Aves – Stotz et al. (1996)</b>
Alta	Especies asociadas a bosques primarios, poco tolerantes a alteraciones antropogénicas en su ambiente. Pueden encontrarse en bosques secundarios no tan modificados, pero con remanentes de bosque natural. Son buenas indicadoras de la salud del entorno que habitan.
Media	Especies que habitan tanto bosques bien conservados como áreas poco alteradas y bordes de bosques. Son susceptibles a cambios en su ecosistema y se mantienen en el hábitat con un cierto límite de tolerancia.
Baja	Son especies generalistas, colonizadoras, que soportan cambios y alteraciones en su ambiente y se adaptan a actividades antropogénicas.

## **RESULTADOS**

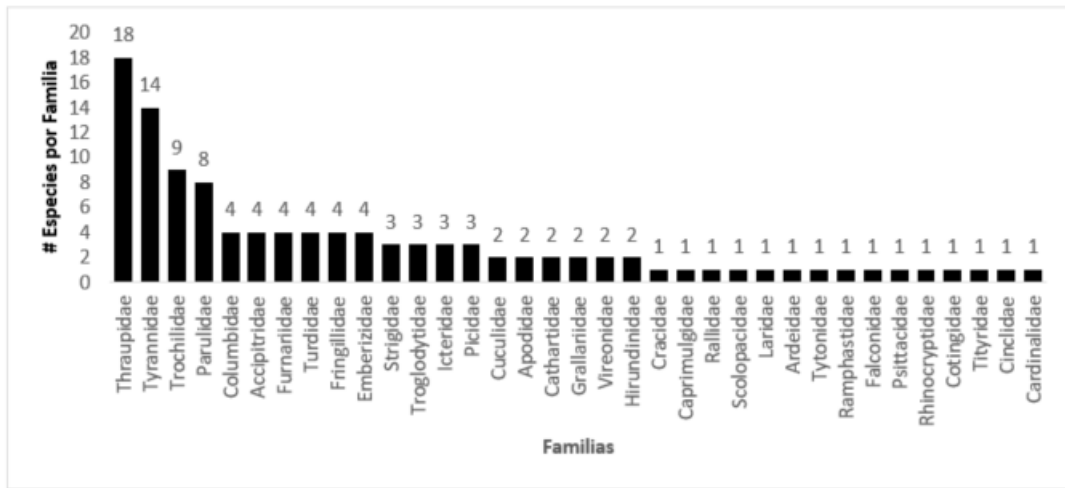
### **Riqueza de Especies**

El proceso de levantamiento de información efectuado dentro del PUEAR permitió, hasta el momento, el registro de 112 especies de aves, estas corresponden a 35 familias y 15 órdenes (Anexo 1). De todas las especies identificadas, 53 (48%) poseen registros documentados, 49 con cantos o llamados de aves, publicados en la base de datos Xeno-Canto. Cuatro especies cuentan con registros fotográficos, que corresponden a especies inusuales registradas dentro de la Hoya de Loja, y que fueron previamente reportadas por Ordóñez-Delgado, et al. (2016).

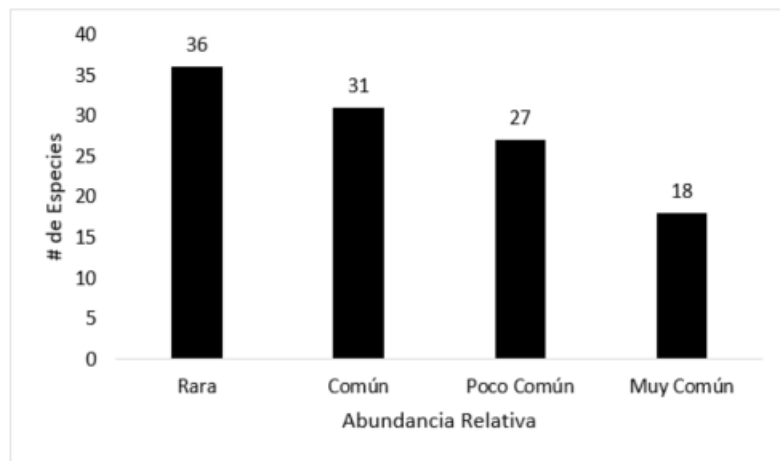
Como se evidencia en la Figura 2, las familias con mayor número especies son Thraupidae (18 spp. – 16%) y Tyrannidae (14 spp. – 13%), que abarcan más de la cuarta parte de todas las especies de aves del área protegida (29%). Le siguen las familias Trochilidae y Parulidae con nueve y ocho especies respectivamente (15%). El resto de familias cuenta con cuatro o menos especies registradas para cada una.

### **Abundancia Relativa**

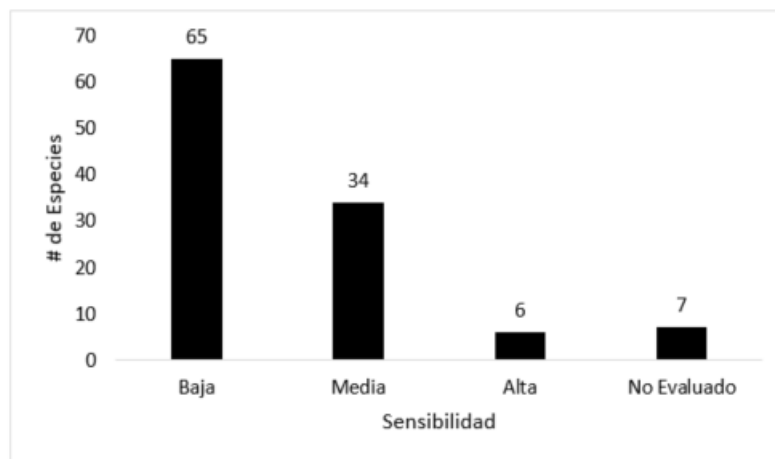
La mayor parte de las especies del área protegida se consideran raras (36 spp. – 32%), a estas les siguen las especies comunes (31 spp. – 28%), mientras que las poco comunes están representadas por 27 spp. (24%) especies y las muy comunes corresponden al menor número 18 (16%, Figura 3).



**Fig. 2:** Número de especies de aves por familia registradas en el PUEAR, Universidad Nacional Loja.



**Fig. 3:** Abundancia relativa de las especies de aves registradas en el PUEAR, Universidad Nacional Loja.



**Fig. 4:** Número de especies correspondientes a cada nivel de sensibilidad propuesto por Stotz et al. (1996) registradas dentro del PUEAR, Universidad Nacional Loja.

## Especies amenazadas

A pesar del pequeño tamaño del área protegida, entre las especies registradas constan tres especies amenazadas: *Penelope barbata*, que se considera vulnerable (VU) en Ecuador (Freile et al., 2019) y casi amenazada (NT) a nivel mundial (IUCN, 2021); *Leptosittaca branickii*, considerada en peligro (EN) a nivel nacional (Freile et al., 2019) y vulnerable (VU) a nivel global (IUCN, 2021); y *Agriornis albicauda* que se considera en peligro (EN) para Ecuador (Freile et al., 2019) y vulnerable (VU) a nivel global (IUCN, 2021).

## Especies Migratorias

Conforme a la propuesta de Ridgely y Greenfield (2006a) en cuanto a especies migratorias del país, en el PUEAR se han podido registrar cuatro especies migratorias boreales, es decir especies que visitan el país entre los meses de octubre a marzo de cada año (Tabla 2). También se ha registrado una especie migratoria intratropical, es decir que migra entre los países de la región, sin un patrón estacional definido y posiblemente influenciada por la disponibilidad de recursos.

**Tabla 2:** Especies migratorias registradas en el PUEAR en base a la propuesta de Ridgely y Greenfield (2006a).

Especies Migratorias	Tipo de Migración
<i>Actitis macularius</i>	Migratoria Boreal
<i>Catharus ustulatus</i>	Migratoria Boreal
<i>Cardellina canadensis</i>	Migratoria Boreal
<i>Setophaga fusca</i>	Migratoria Boreal
<i>Sporophila luctuosa</i>	Migratoria Intratropical

## Especies Endémicas

En total el PUEAR alberga diez especies que se consideran forman parte de alguna de las áreas de endemismo de aves identificadas por Ridgely y Greenfield (2006a) para Ecuador, esto representa el 9% de las especies totales del sitio, lo que es significativo desde el punto de vista de conservación. Las áreas de endemismo propuestas por Ridgely y Greenfield (2006a), no expresan que las especies sean endémicas exclusivas de Ecuador, sin embargo, procuran detallar mejor los rangos de distribución de varias de estas especies dentro del país, aunque su área total, en todos los casos, abarca cierta parte del territorio de los Andes del norte de Perú (Schulenberg et al., 2010).

Si bien algunas especies se encuentran distribuidas en áreas moderadamente grandes, destacan entre ellas *Penelope barbata*, *Atlappetes seebohmi* y *Saltator nigriceps* que se asocian a bosques y matorrales presentes en ecosistemas andinos de la provincia de Loja y una pequeña parte del norte peruano (Ridgely y Greenfield, 2006a; Schulenberg et al., 2010).

## Sensibilidad

En lo que se refiere a la sensibilidad ambiental (Stotz et al., 1996), la mayoría de las especies del PUEAR tienen sensibilidad baja (65 spp., representando el 58%). Otras 34 especies (30%) se consideran de sensibilidad media. Seis especies (5%) se consideran de sensibilidad alta y siete especies

**Tabla 3:** Especies pertenecientes a alguna de las áreas de endemismo identificadas por Ridgely y Greenfield (2006a) registradas en el PUEAR.

Especies Endémicas	Área de Endemismo
<i>Penelope barbata</i>	Laderas y Valles Interandinos
<i>Heliangelus viola</i>	Sierra Sur
<i>Coeligena iris</i>	Sierra Sur
<i>Cranioleuca antisimensis</i>	Sierra Sur
<i>Atlappetes seebohmi</i>	Sierra Sur
<i>Basileuterus trifasciatus</i>	Sierra Sur
<i>Saltator nigriceps</i>	Sierra Sur
<i>Glaucidium peruanum</i>	Bajuras Tumbesinas
<i>Furnarius leucopus</i>	Bajuras Tumbesinas
<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	Bajuras Tumbesinas

(6%) no constan en la evaluación de Stotz et al. (1996) (Figura 4).

## DISCUSIÓN

Las áreas protegidas se consideran la mejor estrategia para la conservación de la biodiversidad (Stolton, 2010; Watson et al., 2014) y los resultados logrados en el presente trabajo corroboran este postulado. El PUEAR constituye un refugio clave para la biodiversidad local y regional, puesto que diferentes elementos florísticos y faunísticos de relevancia local se encuentran presentes en esta área protegida (Aguirre-Mendoza et al., 2017; Aguirre-Padilla et al., 2019; Benítez et al., 2021; Paul Székely et al., 2021); además, el PUEAR alberga una diversa e importante comunidad de especies de aves residentes, migratorias, endémicas, amenazadas y sensibles a los cambios ambientales.

En los entornos urbanos y periurbanos de los Andes de Ecuador los remanentes boscosos son escasos y por lo general se localizan en las cabeceras de las cuencas hidrográficas (Sierra, 1999). La Hoya de Loja evidencia este mismo patrón ya que gran parte del paisaje periurbano está compuesto por pastizales destinados a ganadería bovina, con pocos remanentes de vegetación nativa confinados a quebradas y cabeceras de las cuencas hidrográficas locales (Iñiguez-Armijos et al., 2016). De ahí que un área protegida como el PUEAR, ubicada en el entorno inmediato de expansión urbano (ver Figura 5) se constituye en un sitio clave, no solo para procesos de conservación, sino para actividades de educación e investigación local, tal como lo propone Aguirre-Mendoza et al. (2017).

Escobar-Ibáñez y MacGregor-Fors (2017) plantean que la información sobre la avifauna asociada a entornos urbanos y periurbanos en la región neotropical y particularmente en los Andes es aún escasa. En Ecuador son pocos los trabajos publicados formalmente en revistas científicas sobre el tema de aves urbanas o sus entornos inmediatos, entre estos se pueden mencionar algunos efectuados en la ciudad de Quito (Cisneros-Heredia et al., 2015), Guayaquil (Rojas-Allieri y Man-Ging, 2015; Zambrano et al., 2020), Sangolquí (Jácome- Negrete et al., 2019) y Galápagos (Harvey et al., 2021).

El conocimiento sobre las aves de la ciudad de Loja y su área de influencia inmediata es aún escueto. Loja cuenta con algunos trabajos divulgativos (Andrade, 2009; Correa-Conde



**Fig. 5:** Panorámica del PUEAR tomada desde la parte superior del área. Primer plano: ecosistema de páramo antrópico. Izquierda: matorral. Centro: área boscosa. Al fondo: frente de urbanización de la ciudad de Loja expandiéndose hacia el sur de la hoya.

y Ordóñez-Delgado, 2007) y publicaciones científicas en las que se analizan registros inusuales de aves presentes en el sector (Ordóñez-Delgado *et al.*, 2016a), un estudio sobre los parásitos en la especie *Columba livia* (Pardo-Lalvay *et al.*, 2021); y, un trabajo reciente sobre el impacto de la urbanización en las comunidades de aves dentro de la hoya (Ordóñez-Delgado *et al.*, 2022). Sin embargo, el PUEAR no contaba hasta el momento con ninguna publicación científica que analice la composición de la comunidad de aves que alberga, de ahí que trabajos como el presente complementan el conocimiento sobre las aves y los esfuerzos de conservación que se realizan a nivel local para su permanencia a largo plazo, tema clave y considerado pendiente en la gestión de las áreas protegidas locales de los Andes del sur del país (Astudillo *et al.*, 2015).

El PUEAR cuenta con dos listados previos de las especies de aves (Correa-Conde, 2004; Andrade, 2009); así por ejemplo, en el trabajo de Correa-Conde, (2004) se da a conocer el registro de 90 especies de aves para el sector, de estas, 89 constan en el listado final presentado en este documento (Anexo 1), solamente se ha excluido del mismo a la especie *Pandion haliaetus*, por cuanto su registro se considera improbable; y además, no se cuenta con evidencia adecuada para su validación. Por otra parte, Andrade (2009) indica la presencia de 82 especies de aves en el PUEAR; sin embargo, 14 especies de este listado han sido excluidas del listado final del presente manuscrito y se proponen como hipotéticas por ser especies raras que requieren evidencia documental (fotografías, cantos, o especímenes depositados oficialmente en un museo) para aceptar de forma definitiva su presencia en el área. Estas especies no se incluyeron en los análisis que forman parte de los resultados del presente trabajo y se presentan en el Anexo 1 con un símbolo de interrogación, constituyéndose así en especies de interés desde el punto de vista de investigación dentro del área.

Por otra parte, se propone la exclusión definitiva de la lista de aves del PUEAR a *Megascops roboratus*, consecuentemente, los registros previos para esta especie dentro de la Hoya de Loja por parte de Andrade, (2009) y Ordóñez-Delgado *et al.*, (2016) se deben considerar erróneos. Se reemplaza a esta especie con *M. koepckeae*, la cual fue recientemente registrada e identificada de manera inequívoca dentro de Loja

(Ordóñez-Delgado y Freile, 2019) y es hasta el momento la única especie de este género con evidencia documental de presencia en el sector.

Actualmente el PUEAR cuenta con el registro de 112 especies de aves, esto representa el 19% de todas las especies registradas en la provincia de Loja equivalente a 597 especies (Billerman *et al.*, 2020), o el 65% del total de las aves de la Hoya Loja concerniente a 171 especies (Ordóñez-Delgado L. com. pers.). Sin embargo, se debe considerar que la superficie del PUEAR representa menos del 1% del territorio de la provincia de Loja y de la Hoya de Loja, por lo que esta área protegida se considera como un sitio importante para el refugio de la avifauna local.

Al igual que otras localidades del sur del Ecuador, el PUEAR posee un potencial enorme desde el punto de vista del aviturismo (Aguirre-Mendoza *et al.*, 2017; Correa-Conde y Ordóñez-Delgado, 2007), puesto que se localiza a pocos minutos del centro de la ciudad de Loja y alberga en su interior varias especies de aves que en Ecuador solo pueden ser observadas en los Andes del sur. Especies como *Penelope barbata*, *Megascops koepckeae*, *Coeligena iris*, *Cranioleuca antisimensis*, *Atlapetes seebohmi* y *Saltator nigriceps* son muy atractivas para observadores de aves a nivel nacional e internacional.

Al comparar la abundancia relativa de las especies registradas en este sitio respecto de otras áreas cercanas se encontraron algunas diferencias. En un estudio efectuado sobre las aves asociadas a áreas boscosas y a sistemas agroforestales de café en la microcuenca El Cristal, parte baja de Cajanuma ubicada a 10 km al sur del PUEAR (Chininin, 2017), el mayor porcentaje de las especies (36,7%) se consideran muy comunes, y el 20% lo constituyen las especies raras. En el PUEAR, el patrón es inverso, ya que el mayor porcentaje de las especies se consideran raras (36%) y las especies muy comunes corresponden al 16%. La razón de esta marcada diferencia radica en que el sector de Cajanuma posee conectividad estructural y funcional con importantes remanentes boscosos del occidente del Parque Nacional Podocarpus, el área protegida de mayor tamaño e importancia de la región sur del país (Ordóñez-Delgado *et al.*, 2019).

En las aves, la abundancia de especies está fuertemente relacionada con la complejidad estructural de la cobertura vegetal (Cruz-Angon y Greenberg, 2005). La abundancia relativa registrada en el PUEAR, en donde el mayor número de especies se consideran raras, refleja en parte que los recursos existentes en el sitio son limitados ya que uno de los principales problemas que enfrenta esta área es su escasa conectividad con remanentes boscosos aledaños, factor que puede influir de forma definitiva en la movilidad de las especies entre fragmentos y poner en riesgo su viabilidad a largo plazo.

Un factor de gran importancia para el PUEAR lo constituye el registro de varias especies migratorias, endémicas y amenazadas en su interior; estas especies además de ser elementos de interés desde el punto de vista turístico, tienen mayor importancia desde la perspectiva de investigación. La presencia de estas especies está vinculada a la vegetación y los recursos existentes en el sitio y todas comparten una constante en cuanto a las amenazas: la pérdida y degradación de sus hábitats afectan su permanencia a largo plazo (IUCN, 2021). Por este motivo, una de las prioridades de acción dentro del PUEAR es la implementación de procesos

de restauración o revegetación de sitios claves; estas actividades solamente serán exitosas si son desarrolladas luego de la evaluación de su cobertura vegetal o análisis ecológicos espaciales del sector. Se consideran prioritarios estudios de fragmentación, efecto de borde y conectividad ecológica con otros remanentes boscosos cercanos, como por ejemplo con la reserva privada El Madrigal y el Parque Nacional Podocarpus, que se localizan a una corta distancia al sureste del límite del parque universitario.

En cuanto a la sensibilidad ambiental, los resultados obtenidos en el PUEAR guardan similitud con el trabajo de Chinín, (2017). En el parque universitario el 58 % de las aves tienen sensibilidad baja, mientras que en la cuenca El Cristal este porcentaje llega al 60 %. Las aves con sensibilidad media corresponden al 30 % en el PUEAR y al 39 % en la cuenca El Cristal. Solamente el PUEAR posee especies con sensibilidad alta, las que corresponden al 5 % del total de registros para el parque, todas ellas asociadas a ecosistemas boscosos.

Este trabajo permite evidenciar que el conocimiento existente hasta la actualidad sobre las aves de la Hoya de Loja es aún exíguo. Es fundamental que este trabajo influya en nuevos procesos de investigación que permitan incrementar el conocimiento sobre la diversidad (taxonómica y funcional), ecología e historia natural de las especies allí presentes. Constituye una necesidad que la Universidad Nacional de Loja, propietaria del PUEAR, en asocio con otras entidades gubernamentales y de la sociedad civil locales, promueva la elaboración de un plan de trabajo para delinear nuevas líneas de acción y de investigación, que involucre objetivos como la identificación de nuevas especies, así como estudios sobre la dinámica temporal, la interacción de especies migratorias con el entorno, tamaños poblacionales y la salud de las aves del sector.

## CONCLUSIONES

El PUEAR constituye un área clave para la conservación de la biodiversidad de la Hoya de Loja. El parque universitario es el remanente boscoso de mayor tamaño en el límite periurbano de la ciudad, albergando una comunidad diversa de especies de aves entre las que constan especies residentes, endémicas, amenazadas y algunas migratorias. Los datos aquí presentados evidencian que el sitio es un espacio con gran potencial para actividades de turismo, experimentación y principalmente investigación. Es fundamental que los futuros procesos de planificación territorial de la ciudad de Loja contemplen a esta área protegida como un entorno que puede convertirse en ejemplo de protección y gestión de los recursos naturales urbanos y periurbanos dentro del país y la región.

## AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Técnica Particular de Loja por el respaldo institucional en la elaboración de este documento. LOD: Agradece a Leonardo y Alejandra Ordóñez-Jaramillo por su invaluable respaldo en la ejecución de su investigación de campo.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: LOD y DAO; metodología: LOD; análisis formal: todos los autores; investigación: todos los autores; curación de datos: todos los autores; redacción — preparación del borrador original: LOD y DAO; redacción — revisión y edición: LOD, JCG, JCC, CML, DAO. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito. Leonardo Ordóñez-Delgado LOD, Jorge Córdova-González JCG, Jorge Correa-Conde JCC, Christian Mendoza-León CML, Diego Armijos-Ojeda DAO.

## FINANCIAMIENTO

El presente trabajo no contó con ninguna fuente de financiamiento formal.

## REFERENCIAS

- Aguirre-Mendoza, Z., Gutiérrez, R., Gaona, O., Jaramillo, D. (2017). Escenarios para la enseñanza y valoración de la biodiversidad en la región sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 6(1), 73–87. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/231> [Acceso: 1 de febrero, 2022]
- Aguirre-Padilla, N., Gaona, T., Samaniego, C. (2019). Valoración ecológica y económica del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 26(1). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26114>
- Andrade, P. (2009). Aves urbanas de los parques, jardines y alrededores de la ciudad de Loja. Fundación Socio-cultural Don Bosco, Operadora de Turismo Aratinga Aventuras. Loja, Ecuador.
- Astudillo, P., Tinoco, B., Siddons, D. (2015). The avifauna of Cajas National Park and Mazán Reserve, southern Ecuador, with notes on new records. *Cotinga*, 37, 1–15.
- Banville, M. J., Bateman, H. L., Earl, S. R., Warren, P. S. (2017). Decadal declines in bird abundance and diversity in urban riparian zones. *Landscape and Urban Planning*, 159, 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.026>
- Bax, V., Francesconi, W. (2019). Conservation gaps and priorities in the Tropical Andes biodiversity hotspot: Implications for the expansion of protected areas. *Journal of Environmental Management*, 232, 387–396. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.086>
- Beaugeard, E., Brischoux, F., Henry, P.-Y., Parenteau, C., Trouvé, C., Angelier, F. (2019). Does urbanization cause stress in wild birds during development? Insights from feather corticosterone levels in juvenile house sparrows (*Passer domesticus*). *Ecology and Evolution*, 9(1), 640–652. <https://doi.org/10.1002/ece3.4788>
- Benítez, Á., Cruz, D., Vega, M., González, L., Jaramillo, N., López, F., Aguirre, Z. (2021). Briófitos y hongos (likenizados y no likenizados) del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud*

Cero, 11(2), 1–18. <https://doi.org/10.54753/blc.v11i2.1102>

Billerman, S. M., Keeney, B. K., Rodewald, P. G., Schulenberg, T. S. (2020). Handbook of the Birds of the World Alive (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, T. S. Schulenberg (eds.)). Cornell Laboratory of Ornithology. <https://birdsoftheworld.org/bow/home>

BirdLife International. (2021a). Endemic Bird Areas factsheet: Central Andean páramo. <http://datazone.birdlife.org/eba/factsheet/77>

BirdLife International. (2021b). Endemic Bird Areas factsheet: Southern Central Andes. <http://datazone.birdlife.org/eba/factsheet/48>

Chininin, E. (2017). Análisis de la diversidad de avifauna asociada a un sistema agroforestal de café en la microcuenca El Cristal, parroquia Malacatos, Loja. [Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/20.500.11962/21079>

Cincotta, R. P., Wisniewski, J., Engelman, R. (2000). Human population in the biodiversity hotspots. *Nature*, 404(6781), 990–992. <https://doi.org/10.1038/35010105>

Cisneros-Heredia, D. F., Amigo, X., Arias, D., Arteaga, J., Bedoya, J., Espinosa F., S., Montenegro, E., Nazati, G., Carrión, J. M. (2015). Reporte del 1er Conteo Naveidño de Aves de Quito, Ecuador. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 7(2). <https://doi.org/10.18272/aci.v7i2.256>

Correa-Conde, J. (2004). Influencia de las aves dispersoras de semillas, en la recuperación de la vegetación en una área quemada del PUEAR. (Tesis de Pregrado) Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja.

Correa-Conde, J., Ordóñez-Delgado, L. (2007). El Sur Tiene Alas: Guía de Aviturismo de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe. Ministerio de Turismo, Fundación Ecológica Arcoiris, The Nature Conservancy. <https://bit.ly/360nmBq>

Cruz-Angon, A., Greenberg, R. (2005). Are epiphytes important for birds in coffee plantations? An experimental assessment. *Journal of Applied Ecology*, 42(1), 150–159. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00983.x>

Dinerstein, E., Olson, D. M., Graham, D. J., Webster, A. L., Primm, S. A., Bookbinder, M. P., Ledec, G. (1995). A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean (E. Dinerstein, D. M. Olson, D. J. Graham, A. L. Webster, S. A. Primm, M. P. Bookbinder, G. Ledec (eds.)). The World Bank. <https://doi.org/10.1596/0-8213-3295-3>

Escobar-Ibáñez, J. F., MacGregor-Fors, I. (2017). What's New? An Updated Review of Avian Ecology in Urban Latin America. In *Avian Ecology in Latin American Cityscapes* (pp. 11–31). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-63475-32>

Freile, J. F., Restall, R. (2018). Birds of Ecuador. Helm Field Guides. Freile, J. F., Santander, T., Carrasco, L., Cisneros-Heredia, D. F., Guevara, E., Sánchez-Nivicela, M., Tinoco, B. (2019). Lista roja de las aves del Ecuador continental. Ministerio del Ambiente, Aves y Conservación, Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos, Universidad del Azuay, Red Aves Ecuador y Universidad San Francisco de Quito. Harvey, J. A., Chernicky, K., Simons, S. R., Verrett, T. B., Chaves, J. A., Knutie, S. A. (2021). Urban living influences the nesting success of Darwin's finches in the Galápagos Islands. *Ecology and Evolution*, 11(10), 5038–5048. <https://doi.org/10.1002/ece3.7360>

Iñiguez-Armijos, C., Rausche, S., Cueva, A., Sánchez-Rodríguez, A., Espinosa, C., Breuer, L. (2016). Shifts in leaf litter breakdown along a forest–pasture–urban gradient in Andean streams. *Ecology and Evolution*, 6(14), 4849–4865. <https://doi.org/10.1002/ece3.2257>

IUCN. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. <https://www.iucnredlist.org>

Jácome- Negrete, I. V., Trujillo Regalado, S. I., Rocha Cuascota, D. L., Hidalgo Cárdenas, E. A., Flores Vega, S. C. (2019). Riqueza y abundancia de las aves urbanas de nueve áreas verdes de la ciudad de Sangolquí (Ecuador): Estudio preliminar. *Siembra*, 6(1), 001–014. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i1.1514>

Lee, M. B., Rotenberry, J. T. (2015). Effects of land use on riparian birds in a semiarid region. *Journal of Arid Environments*, 119, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.04.001>

Luck, G. W. (2007). A review of the relationships between human population density and biodiversity. *Biological Reviews*, 82(4), 607–645. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00028.x>

Moore, J. V., Krabbe, N., Jahn, O. (2013). Bird sounds of Ecuador, a comprehensive collection. [MP3 DVD]. John V. Moore Nature Recordings. San José, Ca. USA.

Municipalidad de Loja. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Loja: Actualización 2014-2022. <https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/podt2014.pdf> [Acceso: 20 de febrero, 2022]

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>

Ordóñez-Delgado, L., Freile, J. (2019). First records of Koepcke's Screech-Owl *Megascops koepckeae* (Aves: Strigidae) in Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ornitología*, 5, 25–29. <https://doi.org/10.18272/reo.vi5.1193>

- Ordóñez-Delgado, L., Ramón-Vivanco, C., Ortiz-Chalan, V. (2019). Systematic review of the state about the knowledge of the vertebrates of the Podocarpus National Park. *Granja*, 30(2). <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.01>
- Ordóñez-Delgado, L., Reyes-Bueno, F., Orihuela-Torres, A., Armijos-Ojeda, D. (2016). Registros inusuales de aves en la hoya de Loja, Andes sur del Ecuador. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 8(1), 26–36. <https://doi.org/10.18272/aci.v8i1.276>
- Ordóñez-Delgado, L., Tomás, G., Armijos-Ojeda, D., Jara-Guerrero, A., Cisneros, R., Espinosa, C. I. (2016). New contributions to the knowledge of birds in Tumbesian region; conservation implications of the Dry Forest Biosphere Reserve, Zapotillo, Ecuador. *Ecosistemas*, 25(2). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-2.03>
- Ordóñez-Delgado, L., Valle, D., Veintimilla, D., López, F. (2013). Seminario de Fin de Titulación: Técnicas de muestreo de vertebrados terrestres (Texto Guía) (Edi-Loja Cía. Ltda. (ed.)). Universidad Técnica Particular de Loja.
- Ordóñez-Delgado, Leonardo, Iñiguez-Armijos, C., Díaz, M., Escudero, A., Gosselin, E., Waits, L. P., Espinosa, C. I. (2022). The Good, the Bad, and the Ugly of Urbanization: Response of a Bird Community in the Neotropical Andes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10(844944), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.844944>
- Pardo-Lalvay, A. F., Mendoza-León, C., Carrera-Játiva, P. D. (2021). Endoparasites in the synanthropic feral pigeon (*Columba livia domestica*) in southern Ecuador. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 52(3). <https://doi.org/10.1638/2020-0233>
- Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., Mas-sardo, F. (2001). *Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica.
- Ramirez-Villegas, J., Cuesta, F., Devenish, C., Peralvo, M., Jarvis, A., Armillas, C. A. (2014). Using species distributions models for designing conservation strategies of Tropical Andean biodiversity under climate change. *Journal for Nature Conservation*, 22(5), 391–404. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.03.007>
- Remsen, J. V., Areta, J. I., Bonaccorso, E., Claramunt, S., A. Jaramillo, A., Lane, D. F., Pacheco, J. F., Robbins, M. B., Stiles, F. G., Zimmer, K. J. (2022). A classification of the bird species of South America. American Ornithological Society. Version [January 2022]. <http://www.museum.lsu.edu/Remsen/SACCBaseline.htm>
- Richter, M., Diertl, K.-H., Emck, P., Peters, T., Beck, E. (2009). Reasons for an outstanding plant diversity in the tropical Andes of Southern Ecuador. *Landscape Online*, 12, 1–35. <https://doi.org/10.3097/LO.200912>
- Ridgely, R., Greenfield, P. (2006a). *Aves de Ecuador: Guía de Campo - Volumen II*. Fundación de Conservación Jocotoco.
- Ridgely, R., Greenfield, P. (2006b). *Aves del Ecuador: Guía de Campo - Volumen I [Plates]*. Fundación de Conservación Jocotoco.
- Rojas-Allieri, M., Man-Ging, F. (2015). Diversidad y uso de hábitat de aves en diferentes gradientes urbanos en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 8(2), 69–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.53591/cna.v8i2.219>
- Schulenberg, T. S., Stotz, D. F., Lane, D., O'Neill, J. P., Parker III, T. A. (2010). *Birds of Peru - Revised and Updated Edition*. (Second Edi). Princeton University Press.
- Sierra, M. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, EcoCiencia.
- Stein, B., Kutner, L., Adams JS. (2000). Precious Heritage: The Status of Biodiversity in the United States. In B. Stein, L. Kutner, Adams JS (Eds.), Oxford University. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.94017.x>
- Stolton, S. (2010). Protected Areas: Linking environment and well-being. In S. Stolton N. Dudley (Eds.), *Arguments for Protected Areas: Multiple benefits for conservation and use* (p. 272).
- Stotz, D. F., Parker III, T. A., Fitzpatrick, J. W., Moskovits, D. K. (1996). *Neotropical birds: Ecology and Conservation*. University of Chicago Press. Chicago, USA.
- Székely, P., Eguiguren, J. S., Ordóñez-Delgado, L., Armijos-Ojeda, D., Székely, D. (2020). Fifty years after: A taxonomic revision of the amphibian species from the Ecuadorian biodiversity hotspot Abra de Zamora, with description of two new *Pristimantis* species. *PLoS ONE*, 15(9 September). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238306>
- Székely, Paul, Székely, D., Ordóñez-Delgado, L., Armijos-Ojeda, D., Vörös, J. (2021). Our unknown neighbor: A new species of rain frog of the genus *Pristimantis* (Amphibia: Anura: Strabomantidae) from the city of Loja, southern Ecuador. *PLOS ONE*, 16(10), e0258454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258454>
- Thies, B., Meyer, H., Nauss, T., Bendix, J. (2014). Projecting land-use and land-cover changes in a tropical mountain forest of Southern Ecuador. *Journal of Land Use Science*, 9(1), 1–33. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2012.718378>
- Trzyna, T. (2014). *Urban Protected Areas: Profiles and best practice guidelines*. IUCN. Gland, Switzerland.
- Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515(7525), 67–73. <https://doi.org/10.1038/nature13947>

Weigend, M. (2013). Observaciones adicionales sobre la biogeografía de la zona de Amotape-Huancabamba en el norte del Perú: definiendo el límite suroriental. *Revista Peruana de Biología*, 11(2). <https://doi.org/10.15381/rpb.v11i2.2447>

Zambrano, T., Peñafiel, P., Quiñonez, O. (2020). Análisis de la Diversidad de la Avifauna en Tres Parques Urbanos de Guayaquil. *Investigatio*, 13(13), 25–40. <https://doi.org/10.31095/investigatio.2020.13.3>



## ANEXOS

**Tabla 4:** Listado de las especies de aves registradas en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro (PUEAR). Códigos - AbRe: Abundancia Relativa: PC: Poco común, MC: Muy común, C: Común, R: Rara; Mi: Migración, MB: Migratoria boreal, MI: Migratoria intratropical; End: Áreas de Endemismo en base a Ridgely & Greenfield, (2006), LVI: Laderas y Valles Interandinos, LORa: Ladera Oriental Andina, SS: Sierra Sur; LR Ec: Lista Roja de Ecuador, basada en Freile et al., (2019), LR UICN: Lista Roja Global, basada en IUCN, (2021); Sens: Sensibilidad ambiental en base a Stotz et al., (1996), B: Baja M: Media, A: Alta, T.Reg: Tipo de registro, los registros con enlace corresponden a cantos de aves publicados en la base de datos Xeno-Canto (www.xeno-canto.org), V: Visual, A: Auditivo, OD 2016: Corresponde a la publicación de Ordóñez-Delgado et al., (2016), Símbolo ?: Especies probables que aún requieren confirmación con evidencia documental de su presencia en el área.

Orden	Familia	Nombre Científico	Nombre en Ingles	AbRe	Mi	End	LR Ec	LR UICN	Sens	T.Reg
Galliformes	Cracidae	<i>Penelope barbata</i>	Bearded Guan	PC		LVI		VU	M	XC102132
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Rock Pigeon	PC					B	V
		<i>Patagioenas fasciata</i>	Band-tailed Pigeon	C					M	XC111982
		<i>Leptotila verreauxi</i>	White-tipped Dove	C					B	XC347785
		<i>Zenaida auriculata</i>	Eared Dove	C					B	XC100878
		<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Groove-billed Ani	PC					B	V-A
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Squirrel Cuckoo	R				B	V	
Steatornithiformes	Steatornithidae	<i>Steatornis caripensis</i>	Oilbird					M	?	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Band-winged Nightjar	C				B	V - A	
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne rutula</i>	Chestnut-collared Swift	PC					B	V
		<i>Streptoprocne zonaris</i>	White-collared Swift	PC					B	V
	Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>	Sparkling Violetear	MC					B	XC100875
		<i>Helianthus micraster</i>	Little Sunangel				LORa		M	?
		<i>Helianthus viola</i>	Purple-throated Sunangel	MC			SS		M	XC201038
		<i>Adelomyia melanogenys</i>	Speckled Hummingbird	MC					M	XC109543
		<i>Lesbia nuna</i>	Green-tailed Trainbearer	PC					B	XC201866
		<i>Metallura tyrianthina</i>	Tyrian Metaltail	R					B	V
		<i>Eriocnemis vestita</i>	Glowing Puffleg						M	?
		<i>Coeligena iris</i>	Rainbow Starfrontlet	C			SS		B	XC467598
		<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	Mountain Velvetbreast						M	?
		<i>Boissonneaua matthewsii</i>	Chestnut-breasted Coronet	C					B	V
		<i>Chaetocercus mulsant</i>	White-bellied Woodstar	R					M	V
<i>Amazilia amazilia</i>	Amazilia Hummingbird	C					B	V		
Gruiformes	Rallidae	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Plumbeous Rail	PC				M	V	
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	Spotted Sandpiper	PC	MB				NE	V
	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Andean Gull	R					NE	V
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Great Egret	R				B	V	
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Black Vulture	R					B	V
		<i>Cathartes aura</i>	Turkey Vulture	R					B	V
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter striatus</i>	Sharp-shinned Hawk	R					B	V
		<i>Rupornis magnirostris</i>	Roadside Hawk	C					B	XC102136
		<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Variable Hawk	PC					B	V
		<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Black-chested Buzzard-Eagle	PC					M	XC246640
		<i>Buteo platypterus</i>	Broad-winged Hawk						M	?
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto furcata</i>	American Barn Owl	PC					B	V - A
	Strigidae	<i>Megascops koepckeae</i>	Koepcke's Screech-Owl	C					M	A
		<i>Bubo virginianus</i>	Great Horned Owl	R					B	V - A
		<i>Glaucidium peruanum</i>	Peruvian Pygmy-Owl	PC			BT		M	V - A
Piciformes	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Emerald Toucanet	R					M	OD 2016
	Picidae	<i>Dryobates fumigatus</i>	Smoky-brown Woodpecker	R					B	A
		<i>Colaptes rubiginosus</i>	Golden-olive Woodpecker	C					B	V - A
		<i>Colaptes rivolii</i>	Crimson-mantled Woodpecker	PC					M	V - A
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	American Kestrel	PC				B	V - A	
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Leptosittaca branickii</i>	Golden-plumed Parakeet	PC			EN	VU	A	V - A
	Grallariidae	<i>Grallaria guatemalensis</i>	Scaled Antpitta	R					A	OD 2016
		<i>Grallaria ruficapilla</i>	Chestnut-crowned Antpitta	MC					M	XC77140
	Rhinocryptidae	<i>Scytalopus latrans</i>	Blackish Tapaculo	C					A	XC99939
		<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>	Montane Woodcreeper	C					NE	XC207506
	Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	Pale-legged Hornero	C			BT		B	XC201091
		<i>Hellmayrea gularis</i>	White-browed Spinetail						A	?

Table 4 continued from previous page

	<i>Cranioleuca antisiensis</i>	Line-cheeked Spinetail	MC		SS			A	XC347787
	<i>Synallaxis azarae</i>	Azara's Spinetail	MC					B	XC77141
Cotingidae	<i>Ampelion rubrocristatus</i>	Red-crested Cotinga	PC					B	V
Tityridae	<i>Pachyramphus albogriseus</i>	Black-and-white Becard						M	?
	<i>Pachyramphus homochrous</i>	One-colored Becard	R					B	V
	<i>Mionectes striaticollis</i>	Streak-necked Flycatcher	C					M	XC308850
	<i>Poecilotriccus ruficeps</i>	Rufous-crowned Tody-Flycatcher	C					M	V
	<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	Cinnamon Flycatcher	C					M	XC467590
	<i>Elaenia albiceps</i>	White-crested Elaenia	MC					B	XC157090
	<i>Elaenia pallatangae</i>	Sierran Elaenia						B	?
	<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>	Black-capped Tyrannulet	PC					A	V
	<i>Phyllomyias uropygialis</i>	Tawny-rumped Tyrannulet	PC					M	V
	<i>Mecocerculus stictopterus</i>	White-banded Tyrannulet						A	?
	<i>Mecocerculus calopterus</i>	Rufous-winged Tyrannulet			BT			M	?
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tropical Kingbird	C					B	V
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Dusky-capped Flycatcher	C					B	XC347784
	<i>Ochthoeca cinnamomeiventris</i>	Slaty-backed Chat-Tyrant	C					M	V
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Vermilion Flycatcher	PC					B	V
	<i>Agriornis montanus</i>	Black-billed Shrike-Tyrant	PC					B	V
	<i>Agriornis albicauda</i>	White-tailed Shrike-Tyrant	R		EN	VU		B	V
	<i>Sayornis nigricans</i>	Black Phoebe	MC					B	XC168397
	<i>Contopus fumigatus</i>	Smoke-colored Pewee	MC					M	XC102137
Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Rufous-browed Peppershrike	MC					B	XC99945
	<i>Vireo leucophrys</i>	Brown-capped Vireo	MC					M	XC99942
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Blue-and-white Swallow	MC					B	V
	<i>Progne chalybea</i>	Gray-breasted Martin	C					B	XC171521
	<i>Troglodytes aedon</i>	House Wren	PC					B	V - A
	<i>Troglodytes solstitialis</i>	Mountain Wren	PC					M	XC106872
	<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	Fasciated Wren	C		BT			B	XC201068
Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>	White-capped Dipper	R					M	V
	<i>Myadestes ralloides</i>	Andean Solitaire	R					M	V - A
	<i>Catharus ustulatus</i>	Swainson's Thrush	R	MB				NE	V
	<i>Turdus fusca</i>	Great Thrush	C					B	XC347782
	<i>Turdus chiguanco</i>	Chiguanco Thrush	PC					B	XC201073
	<i>Turdus serranus</i>	Glossy-black Thrush						M	?
	<i>Spinus magellanicus</i>	Hooded Siskin	PC					B	XC201869
	<i>Spinus psaltria</i>	Lesser Goldfinch	R					B	XC467578
	<i>Chlorophonia cyanocephala</i>	Golden-rumped Euphonia	R					B	XC201175
	<i>Chlorophonia cyanea</i>	Blue-naped Chlorophonia						M	?
	<i>Chlorophonia pyrrhophrys</i>	Chestnut-breasted Chlorophonia	R					A	XC109545
Emberizidae	<i>Arremon assimilis</i>	Gray-browed Brushfinch	MC					NE	XC100867
	<i>Zonotrichia capensis</i>	Rufous-collared Sparrow	MC					B	XC100866
	<i>Atlapetes latinuchus</i>	Yellow-breasted Brushfinch	MC					NE	XC99949
	<i>Atlapetes seebohmi</i>	Bay-crowned Brushfinch	MC		SS			M	XC245762
Icteridae	<i>Leistes bellicosus</i>	Peruvian Meadowlark	R					B	V
	<i>Molothrus bonariensis</i>	Shiny Cowbird	C					B	V
	<i>Dives warczewiczi</i>	Scrub Blackbird	PC					B	XC201094
	<i>Setophaga pitiaiyumi</i>	Tropical Parula	R					M	V
	<i>Setophaga fusca</i>	Blackburnian Warbler	R	MB				M	XC201098
	<i>Myiothlypis nigrocristata</i>	Black-crested Warbler	R					B	XC124753
	<i>Myiothlypis coronata</i>	Russet-crowned Warbler	R					M	XC102133
	<i>Basileuterus trifasciatus</i>	Three-banded Warbler	C		SS			M	XC136043
	<i>Cardellina canadensis</i>	Canada Warbler	R	MB				M	OD 2016
	<i>Myioborus miniatus</i>	Slate-throated Redstart	MC					B	XC136044
	<i>Myioborus melanocephalus</i>	Spectacled Redstart	MC					M	V

Table 4 continued from previous page

Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	Summer Tanager						B	?
	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Golden Grosbeak	C					B	XC201088
Thraupidae	<i>Sicalis flaveola</i>	Saffron Finch	PC					B	V
	<i>Catamenia analis</i>	Band-tailed Seedeater	C					B	V
	<i>Catamenia inornata</i>	Plain-colored Seedeater	C					B	V
	<i>Diglossa humeralis</i>	Black Flowerpiercer	R					B	XC157086
	<i>Diglossa albilatera</i>	White-sided Flowerpiercer	R					B	V
	<i>Diglossa sittoides</i>	Rusty Flowerpiercer	R					B	V
	<i>Diglossa cyanea</i>	Masked Flowerpiercer	R					M	V
	<i>Sporophila corvina</i>	Variable Seedeater	R					NE	OD 2016
	<i>Sporophila luctuosa</i>	Black-and-white Seedeater	R	MI				B	V
	<i>Saltator nigriceps</i>	Black-cowled Saltator	C		SS			M	XC347786
	<i>Thlypopsis superciliaris</i>	Superciliaried Hemispingus	R					B	V
	<i>Thlypopsis ornata</i>	Rufous-chested Tanager	R					B	V
	<i>Iridosornis analis</i>	Yellow-throated Tanager						A	?
	<i>Pipraeidea melanonota</i>	Fawn-breasted Tanager	R					B	V
	<i>Buthraupis montana</i>	Hooded Mountain-Tanager	R					M	V
	<i>Sporathraupis cyanocephala</i>	Blue-capped Tanager	PC					M	XC150364
	<i>Sitipnia viridicollis</i>	Silvery Tanager	C					B	V
<i>Tangara vassorii</i>	Blue-and-black Tanager	C					M	V	
<i>Thraupis episcopus</i>	Blue-gray Tanager	C					B	XC302355	

# Lista actualizada de las cactáceas del Ecuador Continental: diversidad, distribución y notas sobre su estado de conservación

## *Updated checklist of the cacti of Continental Ecuador: diversity, distribution and notes on their conservation status*

Christian Loaiza-Salazar<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> *Fundación Desarrollo y Biodiversidad, FUNDEBIO, Guayaquil, Ecuador*

\* *Autor para correspondencia: cactus\_ecuador@hotmail.com*

Fecha de recepción del manuscrito: 08/03/2022    Fecha de aceptación del manuscrito: 28/06/2022    Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—Se presenta una lista actualizada de las cactáceas nativas del Ecuador Continental, incluyendo por primera vez nombres comunes para todas las especies reportadas, mapas de distribución a nivel nacional y el estado de conservación vigente en base a la última evaluación realizada por la UICN. Se reportan 41 especies nativas, en dos subfamilias, siete tribus y 16 géneros. Seis especies y ocho subespecies son reconocidas como endémicas para el país. La mayor diversidad de especies se concentra en la región sur entre las provincias de Azuay, Loja y El Oro, con el 58.5% del total de las especies reportadas. Se comentan los cambios taxonómicos de algunas especies ocurridos en los últimos años y finalmente, se analiza la situación de cinco especies introducidas. La información presentada representa una alta diversidad en relación a la extensión territorial del Ecuador Continental

**Palabras clave**—Cactaceae, Ecuador, Diversidad, Endemismo, Conservación.

**Abstract**—An updated checklist of cacti native to Continental Ecuador is presented, including for the first time common names for all reported species, national distribution maps and the current conservation status based on the latest evaluation carried out by the IUCN. 41 native species are reported, in two subfamilies, seven tribes and 16 genera. Six species and eight subspecies are recognized as endemic to the country. The greatest diversity is concentrated in the southern region between the provinces of Azuay, Loja, and El Oro, with 58.5% of the total species reported. The taxonomic changes of some species that have occurred in recent years are commented and finally, the situation of five introduced species is analyzed. The information presented represents a high diversity in relation to the territorial extension of Continental Ecuador.

**Keywords**—Cactaceae, Ecuador, Diversity, Endemism, Conservation.

## INTRODUCCIÓN

Los trabajos más recientes sobre diversidad de cactáceas en Ecuador han sido publicados con un intervalo de 10 años entre cada uno (Madsen, 1989; Jørgensen y León - Yáñez, 1999; Loaiza et al., 2009). Las únicas evaluaciones a nivel nacional sobre el estado de conservación de las especies también han sido publicadas con una amplia diferencia de tiempo (Valencia et al., 2000; Madsen y Montúfar, 2011), lo cual ha influido negativamente en la toma de decisiones en el caso de especies nativas y endémicas en riesgo de extinción. Durante la última década, diversos cambios taxonómicos, ampliaciones en la distribución y nuevos procesos de evaluación sobre la conservación de especies han ocurrido, lo cual ha motivado el desarrollo de una nueva revisión actualizada de la diversidad y el estado de conservación de la familia Cactaceae en el Ecuador

Continental.

En este trabajo se presenta una lista actualizada de la familia Cactaceae en el Ecuador Continental. Cada especie está provista de un mapa de distribución a nivel nacional, su rango altitudinal, notas taxonómicas y observaciones sobre el estado de conservación en base a organismos internacionales.

Finalmente, se analiza el estado de conservación de las especies nativas y endémicas registradas hasta la actualidad y se proponen algunas medidas para asegurar la conservación de las distintas especies. El objetivo principal del presente trabajo es poner a disposición de las autoridades ambientales, centros de investigación y organismos de conservación, una lista actualizada de la diversidad y el estado de conservación de la familia Cactaceae, a fin de que pueda ser utilizada como una herramienta para el desarrollo de nuevos estudios y evaluaciones ambientales en Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ordenamiento jerárquico está basado en el sistema de clasificación taxonómica adoptado en trabajos recientes (Hunt et al., 2006; Ostolaza, 2014). Los géneros y especies están ordenados alfabéticamente según los últimos cambios taxonómicos (Bauer, 2003; Charles, 2012; Guiggi, 2016; Loaiza y Roque, 2016; Korotkova et al., 2017; Lodé, 2019). En la mayoría de las especies se incluyen observaciones y comentarios sobre la taxonomía, incluyendo información sobre cambios recientes; además de observaciones personales para el caso de algunas especies cuyos cambios taxonómicos no se acepta como válidos. Se incluyen tres especies de *Opuntia* híbridas endémicas del Ecuador no reconocidas por organismos internacionales y una nueva subespecie de *Borzicactus* para la región sur del país. Todas las especies señaladas están sustentadas por el espécimen tipo, lectotipos o neotipos designados según sea el caso, la localidad tipo reconocida y referencias bibliográficas. Algunas especies incluidas anteriormente como parte de la flora de cactáceas del Ecuador por algunos autores pero sin evidencia real sobre su presencia (Ulloa y Neill, 1999 - 2004), han sido excluidas en el presente trabajo para no sobreestimar la diversidad de las especies. Se comenta sobre algunas especies introducidas y su impacto en la flora nativa del Ecuador.

Se asignan por primera vez nombres comunes para todas las especies nativas y endémicas reportadas en Ecuador, tomando como referencia el significado etimológico del nombre científico (Britton y Rose, 1909, 1913; Backeberg, 1931, 1959; Madsen, 1989; Kimnach, 1993; Crook y Mottram, 1996, 2001; Bauer, 2002, 2003; Crook y Mottram, 2003; Egli y Newton, 2004; Korotkova et al., 2017), la localidad tipo de cada especie y su principal característica morfológica, además de algunos términos comunes utilizados a nivel nacional. Los acrónimos de los herbarios nacionales e internacionales consultados y que poseen especímenes de cactáceas en su colección son los siguientes: Herbario de la Universidad de Aarhus (AAU), Herbario de la Universidad Estatal de Arizona (ASU), Herbario del Jardín Botánico y Museo Botánico de Berlín - Dahlem (BGBM), Herbario de la Academia de Ciencias de California (CAS), Herbario de la Universidad de California, Davis (DAV), Herbario del Jardín Botánico del Desierto (DES), Herbario de la Universidad San Francisco de Quito (ESF), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Herbario del Field Museum of Natural History (F), Herbario de la Universidad de Gothenburg (GB), Herbario de la Universidad de Harvard (GH), Herbario de la Universidad de Guayaquil (GUAY), Herbario del Jardín Botánico de Huntington (HNT), Herbario de la Universidad Técnica Particular de Loja (HUTPL), Herbario del Real Jardín Botánico de Kew (K), Herbario de la Universidad Nacional de Loja (LOJA), Herbario del Real Jardín Botánico de Madrid (MA), Herbario del Museo Botánico Municipal (MBM), Herbario del Museo Nacional de Historia Natural de Chile (MNH), Missouri Botanical Garden (MO), Herbario del Jardín Botánico de Nueva York (NY), Herbario del Museo de Historia Natural de París (P), Herbario de la Universidad Central del Ecuador (QAP), Herbario de la Universidad Católica de Quito (QCA), Herbario Nacional del Ecuador (QCNE), Herbario del Museo Sueco de Historia Natural (S), Herbario del Jardín Botánico Marie Selby (SEL), Herba-

rio de la Universidad de Sao Paulo (SPF), Herbario de la Universidad de California (UC), Herbario de la Universidad del Azuay (UDA), Herbario del Museo de Botánica de la Evolución (UPS), Herbario Nacional de Estados Unidos (US), Herbario Estatal de Wisconsin (WIS) y Herbario de la Colección de Plantas Suculentas de Zurich (ZSS).

El área de distribución para cada especie fue obtenida mediante el uso de una herramienta llamada Xtools Pro, la cual permite crear polígonos en base a los registros de una especie y, además estimar su área de distribución en Km<sup>2</sup>. Los mapas finales fueron realizados con el programa ArcGis 10.8.2.

La categoría de conservación para cada especie fue tomada de la evaluación realizada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) durante el período 2013 - 2017. En el caso de las especies endémicas se consideraron algunos criterios para su evaluación como el área de ocupación (AOO) y la extensión de presencia (EOO), el número de localidades reportadas en Ecuador (Tabla 5) y las principales amenazas para cada especie; además, se realiza una comparación entre la presente evaluación y algunas evaluaciones anteriores (Tabla 6). El criterio final del estado de conservación actual fue tomado en base a los parámetros de evaluación de la IUCN (2022).

## RESULTADOS

La diversidad de cactáceas en Ecuador está representada por dos subfamilias, siete tribus, 16 géneros y 41 especies (Tabla 1), de las cuales seis especies y ocho subespecies se reconocen como endémicas para el país (Tabla 3). La mayor diversidad de especies está concentrada entre las provincias de Azuay (36,6%), El Oro (24,4%) y Loja (51,2%) (Tabla 4). Los géneros más diversos son *Opuntia* y *Borzicactus*, con el 14,6 y el 19,5% del total de las especies reportadas (Tabla 2). El género *Borzicactus* también posee el nivel más alto de endemismos, con 42,8%. Se presenta un listado de las 41 especies y subespecies reportadas en el Ecuador Continental:

### Tribu Austrocylindropuntieae

*Austrocylindropuntia cylindrica* (Lamarck) Backeberg, 1941  
Cactus nopal de tallo cilíndrico austral

**Localidad tipo:** Esta especie carece de localidad tipo y la colección original (holotipo) fue realizada en base a una planta cultivada en el Jardín Botánico del Rey (actualmente Real Jardín de Plantas Medicinales) en Francia, la cual tenía como único lugar de origen "Perú" (Madsen, 1989; Crook y Mottram, 1996).

**Distribución:** Su área de distribución comprende la región centro - norte andina, entre las provincias de Carchi y Cañar (Figura 1a) (Madsen, 1989). También se conoce de algunos registros en la región de Huancabamba (Piura) (Ostolaza, 2014). Ha sido introducida como planta ornamental en varios países de América y Europa.

**Rango altitudinal:** 2000 - 3875 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, GB, GH, K, MO, NY, QAP, QCA, QCNE, S, US.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Casi amenazada (NT) (Loaiza, 2017c). Se aplica la misma categoría en este trabajo.

**Observaciones:** Especie anteriormente referida como *Opuntia cylindrica* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989).

Rauh y Backeberg (1957) describieron una forma de menor tamaño (*A. intermedia*) para el norte de Perú, la cual es considerada como un sinónimo de *A. cylindrica* (Ostolaza, 2014).

### Tribu Opuntieae

*Opuntia aequatorialis* Britton y Rose, 1919  
Cactus nopal de flor amarilla ecuatoriano

**Localidad tipo:** Alrededores de Huigra, cerca de la hacienda de Licay (Huigra, Alausí), en la provincia de Chimborazo (Britton y Rose, 1919).

**Distribución:** Especie endémica de la región interandina centro - sur del Ecuador. Se conoce solamente en base a cuatro registros entre las parroquias de Alausí, Huigra y Sibambe (Chimborazo) (Figura 1b). La gran cercanía entre todos los registros señala la presencia de al menos tres subpoblaciones en una misma localidad geográfica.

**Rango altitudinal:** 1500 - 2600 msnm

**Herbarios:** AAU, GH, MO, NY, QCA, US.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada como Datos insuficientes (DD) a nivel nacional (Madsen y Montúfar, 2011). En este trabajo se la incluye dentro de la categoría En peligro (EN) en base al criterio B2ab (ii, iii, iv) (Tabla 5).

**Observaciones:** Esta especie no ha sido evaluada ni reconocida por la UICN debido a su probable origen híbrido (Madsen, 1989; Baker, 2002). No se conoce de colecciones recientes y tampoco se tiene información sobre el estado actual de su población.

*Opuntia bakeri* Madsen, 1989  
Cactus nopal de flor amarilla de Baker

**Localidad tipo:** Zona arbustiva xerofítica en los alrededores del valle de Guayllabamba, en la provincia de Pichincha (Madsen, 1989).

**Distribución:** Especie endémica de la región interandina centro - norte del Ecuador. Se conoce en base a cuatro localidades situadas entre las provincias de Imbabura y Pichincha, y una pequeña población aislada en la provincia de Chimborazo (Figura 1c) (Madsen, 1989). No se conoce de colecciones recientes.

**Rango altitudinal:** 1800 - 3825 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, K, MO, NY, QCA, QCNE, S, ZSS.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada como Preocupación menor (LC) a nivel nacional (Madsen y Montúfar, 2011). En este trabajo se la evalúa como Casi amenazada (NT) tomando en cuenta la extensión de presencia y su área de ocupación (Tabla 5), además de que no se encuentra presente en ningún área protegida del Ecuador.

**Observaciones:** Esta especie no ha sido evaluada ni reconocida por la UICN debido a su probable origen híbrido (Madsen, 1989; Baker, 2002). La colección original está compuesta por el holotipo (AAU - 50430) y cuatro isotipos (QCA, QCNE, ZSS).

*Opuntia bonplandii* (Kunth) Weber, 1893  
Cactus nopal de flor anaranjada de Bonpland

**Localidad tipo:** Alrededores de la ciudad de Cuenca, en la provincia del Azuay. La colección original (holotipo) colectada por Humboldt y Bonpland durante su travesía por Ecuador no fue preservada, por lo cual se reporta como perdida (Britton y Rose, 1919).

**Distribución:** Especie endémica de la región sur del Ecuador. Se conocen cinco localidades situadas entre las provincias de Azuay y Loja (Figura 1d). El primer reporte confirmado que se tiene de esta especie fue publicado en 1918 en base a un espécimen colectado por el Dr. Joseph N. Rose y colaboradores en la ciudad de Cuenca.

**Rango altitudinal:** 1650 - 2650 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, K, MO, NY, QCA, US.

**Estado de conservación:** Se mantiene la categoría de Datos insuficientes (DD) asignada por Madsen y Montúfar (2011) (Tabla 6) debido a los pocos registros conocidos, la escasa presencia en áreas protegidas y su inestabilidad taxonómica.

**Observaciones:** Esta especie no ha sido evaluada ni reconocida por la UICN debido a su probable origen híbrido. Su origen sigue siendo un misterio y es necesario realizar más estudios para poder determinar su estatus.

*Opuntia pestifer* Britton y Rose, 1919  
Cactus rastrero de espinas pequeñas

**Localidad tipo:** Cercanías de Sondorillo y Huancabamba (Piura), en el norte de Perú (Britton y Rose, 1919). Esta especie fue registrada previamente por Humboldt y Bonpland en el norte de Perú y descrita como *Cactus nanus* (Crook y Mottram, 2001).

**Distribución:** Especie nativa de amplia distribución en la región andina del Ecuador. Ha sido registrada en el callejón interandino, desde la región sur, hasta el norte del país (Figura 1e). Su distribución en Perú es bastante amplia, desde el norte (Piura) hasta el sur del país (Arequipa) (Ostolaza, 2014). También se tiene reportes de su presencia en Bolivia y probablemente también en Colombia.

**Rango altitudinal:** 900 - 3175 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, F, GH, HUTPL, K, MO, NY, QAP, US, ZSS.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Arreola et al., 2017a). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Especie anteriormente referida como *Opuntia pubescens* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). Britton y Rose (1919) describieron una variedad en Pasco (Perú) (*O. pascoensis*), la cual es considerada como sinónimo de *O. pestifer* (Ostolaza, 2014). Madsen (1989) reporta un registro en Manabí, el cual podría ser introducido.

*Opuntia quitensis* Weber, 1898  
Cactus nopal de flor anaranjada de Quito

**Localidad tipo:** Cercanías de la ciudad de Quito, Pichincha (Weber, 1898). La colección original (holotipo) está reportada como perdida (Madsen, 1989; Crook y Mottram, 2001). Porras - Florez et al. (2017) proponen un neotipo situado en el departamento de Santander (Colombia), lo cual ha sido aceptado debido a la ausencia de isotipos señalados en la descripción original.

**Distribución:** Especie nativa de amplia distribución en la región andina del Ecuador. Se encuentra presente desde la región sur (Loja), hasta el norte del país (Pichincha) (Figura 1f). Su distribución en Perú ocurre únicamente entre las regiones de Tumbes, Piura y Cajamarca, al norte del país (Ostolaza, 2014). También ha sido registrada en Colombia, en

los departamentos de Nariño y Santander (Fernandez - Alonso y Estupiñan, 2005; Porras - Florez et al., 2017).

**Rango altitudinal:** 900 - 2750 msnm.

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, GH, K, MO, NY, QCA, QCNE, S, US, WIS, ZSS.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza, 2017g). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Madsen (1989) reporta dos registros en la vía Santa Isabel - Pasaje y en la vía Huaquillas - Arenillas dentro de la provincia de El Oro, los cuales son los registros a menor altitud que se conocen en Ecuador.

*Opuntia soederstromiana* Britton y Rose, 1919  
Cactus nopal de flor amarilla de Söderstrom

**Localidad tipo:** Zona de matorral seco montano en los alrededores de San Antonio y Pomasqui, en la provincia de Pichincha (Britton y Rose, 1919). Porras - Florez et al. (2020) asigna dos lectotipos para *Opuntia soederstromiana*, el primero corresponde a la especie descrita en la localidad de San Antonio y Pomasqui (Pichincha), mientras que el segundo hace mención a la forma descrita por Britton y Rose (1919) (*Opuntia dobbieana*) en la localidad de Huigra y sus alrededores (cercañas de la Hda. Licay).

**Distribución:** Especie nativa, anteriormente considerada endémica de la región andina del Ecuador (Madsen, 1989; Crook y Mottram, 2003). Su área de distribución comprende de la región interandina centro - norte del país (Figura 1g). Actualmente, ha sido registrada en algunos enclaves sub - xerofíticos en ambos lados de la región montañosa de Colombia, entre los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Santander (zona oriental), Huila (centro) y Valle del Cauca (zona occidental) (Porras - Florez et al., 2020).

**Rango altitudinal:** 1150 - 3150 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, CAS, DES, GB, GH, K, MO, NY, QAP, QCA, QCNE, S, UDA, US, ZSS.

**Estado de conservación:** Categorizada anteriormente como Preocupación menor (LC) (Loaiza, 2017h). En este trabajo se la categoriza como Casi amenazada (NT), considerando su distribución fragmentada, la poca presencia en áreas protegidas y la extensión de presencia (EEO) reportada para Ecuador (Tabla 5).

**Observaciones:** Un registro realizado por Carlos E. Cerón y depositado en la colección del herbario QAP (16628), señala la presencia de esta especie en la Isla Salango (Manabí), sin embargo, dada la distribución andina de *O. soederstromiana*, se considera que dicho registro podría estar mal identificado y tratarse de otra especie. La determinación previa de dicho registro en la página web del Missouri Botanical Garden realizada por el mismo colector indica *Monvillea diffusa*, lo cual genera mayores dudas sobre ese registro.

#### Tribu Hylocereeae

*Epiphyllum hookeri* subsp. *columbiense* (Weber) Bauer, 2003

Cactus orquídea de flor nocturna colombiano

**Localidad tipo:** Neotipo designado en el 2003: Zona de manglar "El Estero (Nuquí, Coquí), Chocó, Colombia (ZSS - 19792) (Bauer, 2003; Korotkova et al., 2017).

**Distribución:** Subespecie de epífita nativa en Ecuador. Se encuentra presente en Costa Rica, Panamá, el oeste de Colombia y el noroeste de Venezuela (Britton y Rose, 1923; Kimnach, 1964; Bauer, 2003). Ha sido registrada en las provincias de Cañar, El Oro, Los Ríos, Santo Domingo, Manabí y Esmeraldas (Figura 1h). Su área de distribución ocurre de forma simpátrica con otra subespecie (*Epiphyllum phyllanthus* subsp. *rubrocoronatum*), aunque sin ocurrir hibridación natural entre ambas (Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 100 - 2350 msnm

**Herbarios:** BGBM, F, K, MO, QCNE, SEL, US, USF, ZSS.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Arias et al., 2017). En este trabajo se la evalúa como Casi amenazada (NT) tomando en cuenta la extensión de presencia y su área de ocupación (Tabla 5).

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Epiphyllum columbiense* para la flora ecuatoriana (Dodson y Gentry, 1977; Madsen, 1989).

*Epiphyllum phyllanthus* subsp. *phyllanthus* (Linnaeus)  
Haworth, 1812  
Cactus orquídea de flor nocturna tropical

**Localidad tipo:** Esta subespecie carece de localidad tipo (Korotkova et al., 2017). Los registros más antiguos que se conocen en Ecuador fueron realizados en 1957 por Clarence K. Horich (Madsen, 1989).

**Distribución:** Subespecie de epífita nativa en Ecuador. Su distribución es bastante amplia y se encuentra presente en casi toda Sudamérica tropical, desde el centro de México hasta el norte de Argentina (Britton y Rose, 1923; Kimnach, 1964; Bauer, 2003; Ostolaza, 2014). Ha sido registrada en toda la amazonía ecuatoriana (Figura 1i) (Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 180 - 1540 msnm.

**Herbarios:** AAU, DAV, ESPOCH, K, MO, NY, QAP, QCA, QCNE, S, US.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Taylor et al., 2017). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Epiphyllum phyllanthus* para la flora ecuatoriana (Dodson y Gentry, 1977; Madsen, 1989).

*Epiphyllum phyllanthus* subsp. *rubrocoronatum* (Kimnach)  
Bauer, 2003

Cactus orquídea de flor nocturna occidental

**Localidad tipo:** Estación ferroviaria La Isla entre San Pedro - San Rafael, a lo largo del río Chimbo (Chimborazo) (Madsen, 1989; Korotkova et al., 2017).

**Distribución:** Subespecie de epífita nativa en Ecuador. Se encuentra ampliamente distribuida en Colombia, Costa Rica y Panamá (Kimnach, 1964; Bauer, 2003). También se conoce de un registro en Tumbes (Perú), depositado en la colección del Missouri Botanical Garden (MO - 5713). Su distribución en Ecuador ocurre en toda la región costa y parte de la sierra centro - sur (Chimborazo) (Figura 1j) (Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 0 - 1250 msnm.

**Herbarios:** AAU, F, GUAY, HNT, K, MO, QAP, QCA, QCNE, SEL, UC, US, USF, ZSS.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Taylor et al., 2017). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Epiphyllum rubrocoronatum* para la flora ecuatoriana (Dodson y Gentry, 1977; Madsen, 1989). La colección original está compuesta por el holotipo (HNT - 0000086) y cuatro isotipos (K, UC, US).

*Epiphyllum thomasianum* subsp. *thomasianum* (Schumann)  
Borg, 1937  
Cactus orquídea de flor nocturna de Thomas

**Localidad tipo:** Esta especie carece de localidad tipo y la colección original (holotipo) está reportada como perdida (Madsen, 1989; Korotkova et al., 2017).

**Distribución:** El único reporte sobre esta especie en el país se basa en una colección realizada en 1977 por H. N. Williams en la provincia de Zamora Chinchipe (Figura 2a). La poca información referente a dicho registro es sobre un espécimen colectado sobre un árbol, a lo largo del río Zamora. El registro no señala coordenadas y no existe ninguna fotografía disponible del espécimen (voucher). No se conoce de ningún otro registro en herbarios del país, por lo cual se tiene dudas sobre su presencia en Ecuador.

**Rango altitudinal:** 500 - 1000 msnm

**Herbarios:** K, MO, ZSS.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Hammel, 2017). Se la evalúa como Datos insuficientes (DD) para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Epiphyllum thomasianum* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). La descripción señalada por Madsen (1989) al parecer es inexacta y está basada en la literatura (Kimmach, 1965). No existe evidencia de su presencia en países vecinos como Colombia y Perú. Un supuesto registro en Perú señalado en las colecciones del herbario de la Universidad de Zurich (ZSS), no presenta fecha, localidad de registro, coordenadas y se desconoce la identidad del colector, lo cual genera más dudas sobre su presencia en Ecuador.

*Kimnachia ramulosa* subsp. *ramulosa* (Salm - Dyck) Arias  
y Korotkova, 2017  
Cactus epifito ramuloso de tallo rojo

**Localidad tipo:** Arias y Korotkova (2017) designan dos nuevos lectotipos para dos variedades reportadas en Costa Rica y México, las cuales son consideradas como sinónimos de *Kimnachia ramulosa* subsp. *ramulosa*. La variedad presente en Ecuador requiere ser estudiada con mayor detalle a nivel taxonómico debido al poco material existente en herbarios del país.

**Distribución:** Subespecie de epifita nativa en Ecuador. Su área de distribución es muy amplia y se extiende desde el centro y sur de México hasta el sur de América tropical (Britton y Rose, 1923; Kimmach, 1961, 1993; Bauer, 2002, 2003; Ostolaza, 2014; Korotkova et al., 2017). Una variedad reportada para Haití y Jamaica, actualmente está considerada como una subespecie distinta a la del resto de Sudamérica (Arias y Korotkova, 2017). En Ecuador se encuentra presente al sureste de la amazonía, entre las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Figura 2b) (Madsen, 1989).

Dos registros de 1939 (sin confirmar) ubican a esta subespecie en la provincia del Napo.

**Rango altitudinal:** 750 - 1100 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, MO, NY, QCNE, S.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Terrazas et al., 2017). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Disocactus ramulosus* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989).

*Pseudorhipsalis amazonica* subsp. *amazonica* (Schumann)  
Bauer, 2003  
Falso rhipsalis del Amazonas

**Localidad tipo:** Lectotipo designado por Kimmach en 1993: Cercanías de Leticia, Loreto, Perú (Bauer, 2003; Korotkova et al., 2017).

**Distribución:** Subespecie de epifita nativa en Ecuador. Se encuentra distribuida desde el sur de Colombia hasta Perú y el norte de Brasil (Britton y Rose, 1923; Kimmach, 1993; Bauer, 2002, 2003; Carbonó - Delahoz et al., 2013; Ostolaza, 2014). Su distribución en Ecuador es amplia y se extiende por toda la región amazónica (Figura 2c) (Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 180 - 1280 msnm.

**Herbarios:** AAU, ESPOCH, F, K, MO, NY, QAP, QCA, QCNE, S, U, UPS.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Hammel y Loaiza, 2017a). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Disocactus amazonicus* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989).

*Selenicereus megalanthus* (Schumann) Morán, 1953  
Cactus pitahaya de flor grande

**Localidad tipo:** Lectotipo designado por Bauer en 2003: *Cereus megalanthus* colectado en un gran árbol de *Ficus* en *Tarapoto*, Perú (Bauer, 2003; Korotkova et al., 2017).

**Distribución:** Especie de epifita nativa en Ecuador. Se encuentra presente en Colombia y Perú (Britton y Rose, 1920; Bauer, 2003; Ostolaza, 2014). También ha sido introducida en zonas bajas del departamento de Beni (Bolivia) (Morán, 1953). Su área de distribución en Ecuador no es muy amplia, ha sido registrada entre las provincias de Orellana y Morona Santiago (Figura 2d) (Madsen, 1989; Bauer, 2003).

**Rango altitudinal:** 120 - 1580 msnm.

**Herbarios:** AAU, K, MO, NY, QCA.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Ostolaza y Loaiza, 2017d). En este trabajo se la evalúa como Casi amenazada (NT) tomando en cuenta la extensión de presencia y su área de ocupación (Tabla 5).

**Observaciones:** Especie anteriormente referida como *Hylocereus megalanthus* para la flora ecuatoriana (Bauer, 2003).

*Selenicereus monacanthus* (Lemaire) Hunt, 2017  
Cactus pitahaya de espina solitaria

**Localidad tipo:** Neotipo designado por Bauer en 2003: Playa Arrecifes (Parque Tayrona), Magdalena, Colombia (Bauer, 2003; Korotkova et al., 2017).



**Distribución:** Especie de epífita nativa en Ecuador. Su área de distribución es bastante amplia y ha sido registrada en varios países de Centro y Sudamérica (Britton y Rose, 1920; Bauer, 2003; Ostolaza, 2014). Está presente en varias provincias de la costa ecuatoriana y parte de la sierra centro-sur (Figura 2e) (Madsen, 1989). También ha sido introducida en las Islas Galápagos (Jaramillo y Guézou, 2017).

**Rango altitudinal:** 0 - 2800 msnm

**Herbarios:** AAU, CAS, GH, HUTPL, K, LOJA, MO, NY, QAP, QCA, QCNE, US.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza y Ostolaza, 2017e). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Especie anteriormente referida como *Hyllocereus polyrhizus* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989).

*Weberocereus rosei* (Kimmach) Buxbaum, 1978  
Cactus epífita de flor nocturna de Rose

**Localidad tipo:** Cañón del río Chanchán, entre Olimpo y Naranjapata, dentro de la provincia del Chimborazo (Madsen, 1989).

**Distribución:** Especie de cactus epífita endémico del Ecuador. Se conoce solamente de la localidad tipo y otros dos registros adicionales entre las provincias de Azuay y Cañar (Figura 2f) (Madsen, 1989). Un registro sin coordenadas realizado por Calaway H. Dodson, aparentemente extendería su área de distribución a la provincia del Guayas. Las pocas colecciones que se conocen fueron realizadas entre 1918 y 1987. No se conocen colecciones recientes y tampoco se tiene información sobre su estado poblacional.

**Rango altitudinal:** 700 - 1520 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, GH, K, MO, NY, QCA, UC, US.

**Estado de conservación:** Ha sido evaluada anteriormente como Datos insuficientes (DD) (Loaiza, 2017i). En este trabajo se la recategoriza como especie En peligro (EN) en base al criterio B1 - 2ab (i, ii, iii) (Tabla 5).

**Observaciones:** La colección original está compuesta por el holotipo (UC - 58.766) y tres isotipos (MO, NY, US).

### Tribu Cereeae

*Melocactus bellavistensis* subsp. *bellavistensis* (Rauh  
Backeberg) Taylor, 1991  
Cactus globular de Catamayo

**Localidad tipo:** Bellavista, entre Chamaya y Jaén (Cajamarca), entre zonas rocosas y cercanas a las riberas del río Marañón (Madsen, 1989; Taylor, 1991).

**Distribución:** Subespecie de cactus globular nativo de los principales valles secos interandinos del sur de Ecuador y el norte de Perú (Taylor, 1991). Su distribución no es muy amplia en Ecuador (Figura 2g). Ha sido registrado en cinco localidades dentro de los cantones: Catamayo, Calvas, Gonzanamá y Paltas (Loja) (Loaiza, 2008). Su hábitat comprende las laderas de montaña y zonas rocosas situadas a lo largo de la cuenca del río Catamayo y sus principales afluentes (Madsen, 1989; Loaiza, 2008, 2010).

**Rango altitudinal:** 800 - 1520 msnm

**Herbarios:** AAU, K, MO, NY, QCA, QCNE, ZSS.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada como Datos insuficientes (DD) por la UICN (Ostolaza y Loaiza,

2017e). Una evaluación reciente realizada en Ecuador incluye a esta especie dentro de la categoría En peligro (EN) en base al criterio A2acd y B2ab (i - v) (Tabla 5) (Loaiza y Molina - Moreira, 2019).

*Melocactus peruvianus* Vaupel, 1913  
Cactus globular peruano

**Localidad tipo:** Cercanías de Chosica, en la vía Lima - Oroya (Lurigancho, Lima), en el departamento de Lima, Perú (Vaupel, 1913).

**Distribución:** Especie nativa en la región sur del Ecuador (Figura 2h), con un amplio rango de distribución en el norte, centro y sur de Perú (Ostolaza, 2014). Los pocos registros que se conocen en Ecuador ocurren en zonas costeras (Espinar Litoral) entre los cantones Arenillas y Huaquillas (El Oro) (Madsen, 1989; Taylor, 1991; Cerón et al., 2006; Loaiza y Molina - Moreira, 2019).

**Rango altitudinal:** Por debajo de los 100 msnm en Ecuador. Su rango altitudinal en Perú se ubica entre 30 y 1200 msnm (Ostolaza, 2014).

**Herbarios:** DES, MO, QAP.

**Estado de conservación:** La evaluación realizada por Ostolaza y Loaiza (2017f) fue considerada en base a la distribución y el estado de conservación de las poblaciones presentes en Perú. Una evaluación realizada en Ecuador por Loaiza y Molina - Moreira (2019) incluye a esta especie dentro de la categoría Peligro crítico (CR) en base al criterio A1ac y B1ab (i - iv) (Tabla 5).

*Monvillea diffusa* Britton y Rose, 1920  
Cactus soroco de espinas difusas

**Localidad tipo:** Zona de bosque semideciduo montano bajo en el valle de Catamayo, dentro de la provincia de Loja (Britton y Rose, 1920).

**Distribución:** Especie nativa de los bosques secos deciduos y semideciduos en la región sur del Ecuador, incluyendo valles interandinos, zonas de matorral seco y sabanas arbustivas en la costa ecuatoriana (Figura 2i) (Madsen, 1989). También ha sido registrado en la isla Puná (Madsen et al., 2001). Su área de distribución incluye el norte de Perú, con registros en Piura, Cajamarca y Lambayeque (Ostolaza, 2014; Romero, 2016).

**Rango altitudinal:** 0 - 2050 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, GH, HUTPL, LOJA, MO, NY, QAP, QCA, QCNE, S, US.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Machado et al., 2017). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Especie anteriormente referida como *Praecereus euchlorus* subsp. *diffusus* para la flora ecuatoriana (Taylor, 1997; Kiesling, 2011). La colección original está formada por el holotipo (NY - 23325) y un isotipo (GH) (Britton y Rose, 1920). Algunas formas y variedades señaladas en la provincia de El Oro (*Monvillea maritima*), en la provincia del Guayas (*Monvillea maritima* var. *spinosior*) y en la región de Zangal, Cajamarca (Perú) (*Monvillea pugionifera*), actualmente están consideradas como sinónimos de *Monvillea diffusa* (Madsen, 1989; Ostolaza, 2014).

*Pilosocereus tweedyanus* (Britton Rose) Byles y Rowley,  
1957

Cardón lanudo ecuatoriano de Tweedy

**Localidad tipo:** Zona de bosque semidecíduo piemontano en las cercanías de Santa Rosa, dentro de la provincia de El Oro (Britton y Rose, 1920).

**Distribución:** Especie nativa de los bosques secos del centro y sur del Ecuador, y norte del Perú (Madsen, 1989; Franck et al., 2019). Su distribución en Ecuador ocurre en las provincias de Manabí, Guayas, Santa Elena, Loja, El Oro y Azuay (Figura 2j). En Perú ha sido registrado en la región de Piura (Ostolaza, 2014). Su hábitat comprende diversas ecorregiones de bosque decíduo / semidecíduo de la costa, sabanas arbustivas y zonas de matorral seco montano (Madsen, 1989; Ostolaza, 2014).

**Rango altitudinal:** 0 - 1600 msnm.

**Herbarios:** AAU, GH, GUAY, K, LOJA, MO, NY, QCA, QCNE, S, US, ZSS.

**Estado de conservación:** La evaluación realizada por Ostolaza et al. (2017g) categoriza a *P. lanuginosus* como Preocupación menor (LC). En este trabajo se evalúa a la especie presente en Ecuador como Casi amenazada (NT) (Tabla 5).

**Observaciones:** Esta especie ha sido referida por algunos autores como *P. lanuginosus* (Ostolaza, 2014) y también como *P. lanuginosus* subsp. *colombianus* (Guiggi, 2010) lo cual es un error. Franck et al. (2019) reconoce pero incluye provisionalmente a *P. tweedyanus* como sinónimo de *P. colombianus*. Una redescipción de la especie presente en Ecuador y Perú se encuentra actualmente en proceso (Loaiza, datos no publicados).

#### Tribu Trichocereae

*Borzicactus icosagonus* subsp. *icosagonus* (Kunth) Britton y  
Rose, 1920

Cactus soroco de flor rosada de Nabón

**Localidad tipo:** Cercanías de Nabón, en la provincia del Azuay. La colección original (holotipo) fue colectada por Humboldt y Bonpland durante su travesía por Ecuador y posteriormente descrita por Kunth (HBK) (Britton y Rose, 1920).

**Distribución:** Subespecie endémica de la región sur del Ecuador. Su distribución ocurre entre las provincias de Azuay y Loja, a la altura de la cuenca del río León y varias localidades cercanas (Figura 3a). Su presencia al norte de Loja (Saraguro) y en Azuay (Nabón), es conocida en base a 10 localidades reportadas en la cuenca del río León y zonas cercanas. Su distribución es de tipo restringida (Madsen, 1989; Charles, 2012).

**Rango altitudinal:** 1400 - 3000 msnm.

**Herbarios:** AAU, ASU, B, CAS, GH, K, LOJA, MO, NY, QCA, QCNE, US, ZSS.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Ostolaza y Loaiza, 2017b). En este trabajo se la evalúa como Vulnerable (VU) en base al criterio A3c (30%) y B1 - 2ab (i - iv) (Tabla 5).

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Cleistocactus icosagonus* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989).

*Borzicactus icosagonus* subsp. *roseiflorus* (Buining)

Charles, 2012

Cactus soroco de flor rosada de Catamayo

**Localidad tipo:** Zona de vegetación arbustiva xerofítica en los alrededores de la vía Catamayo - Loja, a 3 km de Catamayo (Charles, 2012).

**Distribución:** Subespecie endémica de la región sur del Ecuador. Su distribución ocurre solamente en la provincia de Loja, dentro de la cuenca del río Catamayo, en donde han sido registradas varias poblaciones (Figura 3b). También se tienen registros en el valle de Vilcabamba y otras dos localidades cercanas en los cantones Calvas y Paltas.

**Rango altitudinal:** 1000 - 2250 msnm

**Herbarios:** AAU, HUTPL, K, LOJA, MO, QCA, QCNE, S.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Ostolaza y Loaiza, 2017b). En este trabajo se la evalúa como Vulnerable (VU) en base al criterio A3c (30%) y B1 - 2ab (i - iv) (Tabla 5).

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Cleistocactus icosagonus* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). Charles (2012) designa como holotipo la colección realizada por Jens E. Madsen y depositada en la colección del herbario de la Universidad de Aarhus (Dinamarca) (AAU - 50225).

*Borzicactus neoroezlii* Ritter, 1961

Cactus soroco peruano de Roezli

**Localidad tipo:** Zona de matorral arbustivo al este de Olmos, a la altura del paso de Abra Porculla en la región de Piura (Charles, 2010).

**Distribución:** Especie nativa de la región sur del Ecuador (Loja) y el norte de Perú (Piura) (Cáceres et al., 2017). Su distribución en la provincia de Loja ocurre únicamente al suroeste del cantón Espíndola (Figura 3d). Su hábitat comprende zonas de bosque semidecíduo montano bajo y matorral seco montano (Madsen, 2002; Ostolaza, 2014).

**Rango altitudinal:** 1000 - 2260 msnm

**Herbarios:** AAU, F, K, LOJA, MO, QCNE.

**Estado de conservación:** No ha sido evaluada anteriormente en Ecuador. En este trabajo se la categoriza como Casi amenazada (NT) tomando en cuenta su reducida extensión de presencia (EOO) y área de ocupación (AOO) (Tabla 5), además de que no se encuentra presente en ningún área protegida y se desconoce el estado actual de sus poblaciones.

**Observaciones:** Especie anteriormente referida como *Cleistocactus plagiotoma* para la flora ecuatoriana (Madsen, 2002). La descripción de este taxón es poco clara e incompleta en ambos países, por lo cual se recomienda realizar una redescipción completa.

*Borzicactus sepium* subsp. *leonensis* (Madsen) Guiggi, 2016  
Cactus soroco ecuatoriano del río León

**Localidad tipo:** Zona de bosque de neblina montano en la vía Cuenca - Loja (a lo largo del río León) antes de Oña, en la provincia del Azuay (Madsen, 1989).

**Distribución:** Subespecie endémica de la región sur del Ecuador. Su distribución ocurre en un pequeño valle interandino situado a lo largo de la cuenca del río León, entre

las provincias de Azuay y Loja (Figura 3c) (Madsen, 1989). Las pocas colecciones que se conocen fueron realizadas entre 1985 y 1990. No se conocen colecciones recientes y tampoco se tiene información sobre su estado poblacional en la actualidad. La relativa cercanía de los registros, sugiere la existencia de una sola población al interior del valle. Su hábitat comprende barrancos, vertientes rocosas y zonas de matorral seco.

**Rango altitudinal:** 1450 - 2000 msnm.

**Herbarios:** AAU, ASU, K, LOJA, MO, QCA, QCNE.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza, 2017d). En este trabajo se la incluye dentro de la categoría En peligro (EN) en base al criterio B1 - 2ab (i, ii, iii) (Tabla 5).

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Cleistocactus leonensis* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). La colección original está compuesta por el holotipo (AAU - 61087) y dos isotipos (QCA, QCNE).

*Borzicactus sepium* subsp. *morleyanus* (Krainz) Lodé, 2019  
Cactus soroco ecuatoriano de Morley

**Localidad tipo:** Zona de matorral seco montano en los alrededores de Sibambe, cerca de la vía Guayaquil - Riobamba (Britton y Rose, 1920; Madsen, 1989).

**Distribución:** Subespecie endémica de la región centro-sur del Ecuador. Su distribución ocurre en zonas de matorral húmedo y matorral seco montano de la región andina, entre las provincias de Chimborazo (sur), Cañar y Azuay (Figura 3e) (Madsen, 1989). La mayoría de las colecciones fueron realizadas entre 1979 y 1989. No se conocen colecciones recientes y tampoco se tiene información sobre su estado poblacional.

**Rango altitudinal:** 1000 - 3475 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, GB, K, L, MO, NY, QCA, QCNE, S, U, US.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza, 2017e). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Cleistocactus sepium* var. *morleyanus* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). La colección original está formada por el holotipo (NY - 22431) y un solo isotipo (US) (Britton y Rose, 1920).

*Borzicactus sepium* subsp. *sepium* (Kunth) Britton y Rose, 1920

Cactus soroco de flor roja ecuatoriano

**Localidad tipo:** Laderas del volcán Chimborazo, cerca de la ciudad de Riobamba (Britton y Rose, 1920; Madsen, 1989).

**Distribución:** Subespecie endémica de la región centro andina del Ecuador. Su distribución ocurre en zonas de matorral húmedo y matorral seco montano de la región andina, entre las provincias de Chimborazo (norte), Cotopaxi y Tungurahua (Figura 3f) (Madsen, 1989). La mayoría de las colecciones fueron realizadas entre 1981 y 1989. No se conocen colecciones recientes y tampoco se conoce su estado poblacional actual.

**Rango altitudinal:** 2540 - 3175 msnm.

**Herbarios:** AAU, ASU, B, GB, K, L, MA, MO, NY, P, QCA, QCNE, U, US.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza, 2017e). En este trabajo se la incluye dentro de la categoría Casi amenazada (NT) tomando en cuenta su extensión de presencia y área de ocupación (Tabla 5), además de que no se encuentra presente en ningún área protegida a nivel nacional.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Cleistocactus sepium* var. *sepium* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). La colección original realizada por Humboldt y Bonpland está compuesta solamente por el holotipo (P - 3216).

*Borzicactus sepium* subsp. *ventimigliae* (Riccobono) Lodé, 2019

Cactus soroco ecuatoriano de Ventimiglia

**Localidad tipo:** La descripción original fue realizada en base a una planta cultivada en el Jardín Botánico de Palermo (Italia), cuya procedencia señalaba la ciudad de Quito (Madsen, 1989; Lodé, 2019). La mayoría de registros en Pichincha han sido realizados en la vía Quito - Guayllabamba y en los alrededores de San Antonio y Pomasqui, por lo cual no ha sido posible determinar con exactitud la localidad tipo de la especie.

**Distribución:** Subespecie nativa de las zonas de bosque siempreverde montano alto / bajo y matorral seco montano de los andes del norte del Ecuador, entre las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha (Figura 3g) (Madsen, 1989). También se encuentra presente en el departamento de Nariño, al sur de Colombia (Lodé, 2019). La mayoría de las colecciones fueron realizadas entre 1979 y 1998. No se conocen colecciones recientes y tampoco se tiene información sobre su estado poblacional.

**Rango altitudinal:** 1560 - 2950 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, ESPOCH, K, L, MO, NY, P, QAP, QCA, QCNE, S, U, US.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza, 2017e). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Cleistocactus sepium* var. *ventimigliae* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989).

*Borzicactus sepium* subsp. *websterianus* (Backeberg) Lodé, 2019

Cactus soroco ecuatoriano de Webster

**Localidad tipo:** La colección original de esta especie aparentemente depositada en la colección del herbario de Zurich (ZSS) no ha podido ser rastreada, por lo cual se reporta como perdida o inexistente. La descripción fue realizada por Backeberg (1937) en base a una planta (foto) registrada en Cuenca, pero sin dar mayor información sobre la localidad tipo o ubicación geográfica del registro.

**Distribución:** Conocido solamente en base a dos registros situados en las provincias de Cañar y Azuay (Backeberg, 1937; Lodé, 2019). Madsen (1989) no señala ni reconoce diferencias entre *C. sepium* var. *morleyanus* y *C. sepium* var. *websterianus*, por lo cual es necesario realizar una revisión del complejo *B. sepium* en Ecuador.

**Rango altitudinal:** No determinado.

**Herbarios:** ZSS (?).

**Estado de conservación:** No ha sido evaluada anteriormente en Ecuador. Se la categoriza como Datos insuficientes (DD).

**Observaciones:** Lodé (2019) presenta una fotografía tomada en la parroquia Honorato Vásquez (Cañar), la cual es asociada con la especie descrita por Backeberg (1937). La descripción realizada por Lodé (2019), se basa literalmente en la descripción hecha por Backeberg, sin aportar mayor información nueva sobre su morfología, por lo cual queda pendiente realizar una descripción clara y precisa de este "taxa, así como una revisión y reidentificación del material depositado en herbarios del Ecuador.

*Espostoa lanata* subsp. *frutescens* (Madsen) Guiggi, 2016  
Cactus lanudo ecuatoriano del austro

**Localidad tipo:** Zona de bosque semidecíduo piemontano en la vía Santa Isabel - Pasaje (cerca de San Francisco), en la provincia del Azuay (Madsen, 1989).

**Distribución:** Subespecie endémica de la región sur del Ecuador. Su distribución ocurre a lo largo de la cuenca del río Jubones y la cuenca del río León, entre las provincias de Azuay, Loja y El Oro (Loaiza, 2017a) (Figura 3h). Se conocen al menos cinco poblaciones registradas dentro de su área de distribución. Su hábitat comprende valles interandinos, vertientes rocosas y zonas de matorral seco (Madsen, 2002; Loaiza, 2017a).

**Rango altitudinal:** 800 - 2600 msnm.

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, HUTPL, K, LOJA, MO, QCA, QCNE, UDA, ZSS.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Casi amenazada (NT) (Loaiza, 2017f). En este trabajo se la recategoriza como Vulnerable (VU) en base al criterio A3c (30%), C2a (i) y D1 (Loaiza, 2017a) (Tabla 5).

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Espostoa frutescens* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). La colección original está compuesta por el holotipo (AAU - 61064) y dos isotipos (QCA, QCNE).

*Espostoa lanata* subsp. *lanata* (Kunth) Britton y Rose, 1920  
Cactus lanudo de flor blanca peruano

**Localidad tipo:** La colección original fue realizada en una zona de bosque xérico interandino, en los alrededores de los ríos Aranza y Huancabamba (Piura), en el norte de Perú (Madsen, 1989; Charles, 1999).

**Distribución:** Subespecie nativa del sur de Ecuador (Loja) y el norte de Perú. Su distribución en la provincia de Loja ocurre en los cantones: Calvas, Espíndola y Sozoranga (Figura 3i). Ha sido reportada en dos localidades: Río Pindo (Espíndola) y en el sector de Taparuca (Calvas). Su distribución en Perú es más amplia y se conoce por varios registros en Cajamarca, Lambayeque y Piura (Ostolaza, 2014; Romero, 2016). Su hábitat comprende vertientes rocosas y zonas de matorral seco (Madsen, 2002).

**Rango altitudinal:** 350 - 2250 msnm

**Herbarios:** AAU, LOJA, MO, QCNE.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Ostolaza y Loaiza, 2017c). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Espostoa lanata* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989).

*Espostoa lanata* subsp. *roseiflora* (Kunth) Madsen y Aguirre, 2004

Cactus lanudo de flor rosada de Catamayo

**Localidad tipo:** Alrededores del km. 5 - 11 de la vía Catamayo - El Tambo, cerca del río Catamayo (Loja) (Madsen y Aguirre, 2004).

**Distribución:** Subespecie endémica de la región sur del Ecuador. Su distribución ocurre en las provincias de Azuay y Loja, principalmente en la cuenca del río Catamayo, en donde han sido registradas varias poblaciones (Figura 3j). Su presencia al norte de Loja (Saraguro) y en la provincia del Azuay, es conocida en base a dos localidades reportadas en la cuenca del río León y a lo largo de la vía Girón - Pucará (Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 1000 - 2250 msnm.

**Herbarios:** AAU, ASU, B, GH, HUTPL, K, LOJA, MA, MO, NY, QCA, QCNE, S, U, US, ZSS.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Ostolaza y Loaiza, 2017c). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Subespecie anteriormente referida como *Espostoa lanata* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). La colección original está conformada por el holotipo (LOJA - 7444) y ocho isotipos depositados en varios herbarios (AAU, B, K, MO, QCA, QCNE, S y ZSS) (Madsen y Aguirre, 2004; Egli y Leuenberger, 2008). Los registros al norte de Loja deben ser revisados por cuanto podrían estar mal identificados.

*Trichocereus macrogonus* var. *pachanoi* (Britton Rose)  
Albesiano y Kiesling, 2012  
Cactus alucinógeno de Pachano

**Localidad tipo:** Zona de matorral húmedo montano en las cercanías de la ciudad de Cuenca, en la provincia del Azuay (Britton y Rose, 1920). La colección original (holotipo) (US - 22806) está reportada como perdida (Albesiano y Kiesling, 2012).

**Distribución:** Especie nativa de la región andina del centro - sur del Ecuador y el norte de Perú (Madsen, 1989; Ostolaza, 2014). Su distribución en Ecuador es amplia (Figura 4a). Ha sido registrado en al menos unas 14 localidades dentro de las provincias de Azuay, Cañar, Chimborazo, Loja y Tungurahua. Ha sido ampliamente introducida como planta ornamental en la provincia del Pichincha y en otras regiones del país. Su hábitat comprende zonas de bosque montano andino y de neblina, así como también zonas de matorral montano húmedo y seco de la región andina (Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 1500 - 3175 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, GH, K, LOJA, MO, NY, QCNE, U, UPS.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizado por la UICN como Preocupación menor (LC) (Ostolaza et al., 2017a). En este trabajo se lo incluye dentro de la categoría En peligro (EN) en base al criterio A2cd y C1 (Tabla 5).

**Observaciones:** Especie anteriormente referida como *Echinopsis pachanoi* para la flora ecuatoriana (Madsen, 1989). Albesiano y Kiesling (2012) designan como lectotipo una copia original (isotipo) del espécimen depositado en la colección del Herbario Nacional de los Estados Unidos (US) (NY - 386191).

### Tribu Rhipsalidae

*Rhipsalis baccifera* subsp. *baccifera* (Mueller) Stearn, 1939  
Cactus epífito de fruto bayoso

**Localidad tipo:** No determinada.

**Distribución:** Habita en los neotrópicos incluyendo el Caribe, desde el este de México y Florida (EEUU) hasta América central y el norte de América del sur, hasta llegar al estado de Paraíba, en el noreste de Brasil (Britton y Rose, 1923). También se encuentra presente en Paraguay, Bolivia, Perú y Argentina (Hunt et al., 2006; Ostolaza, 2014). En Ecuador ha sido registrada en varias provincias de la amazonía y también en algunas provincias de la región sur (Azuay y El Oro) (Figura 4b) (Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 10 - 1640 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, CAS, DES, GH, K, L, MA, MBM, MN, MNHN, MO, NY, QAP, QCA, QCNE, S, SPF, U, UPS, US, W.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Arreola et al., 2017b). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Especie muy compleja y de amplia distribución en otros continentes como África, Madagascar y Sri Lanka (Madsen, 1989; Hunt et al., 2006; Ostolaza, 2014). Actualmente se reconocen seis subespecies de *Rhipsalis baccifera*, tres de las cuales se encuentran presentes en Sudamérica (Hunt et al., 2006).

*Rhipsalis micrantha* (Kunth) De Candolle, 1828  
Cactus epífito de flor blanca ecuatoriano

**Localidad tipo:** Descrita en la localidad de Olleros (Ecuador), la cual no ha podido ser ubicada. La poca información señalada en la descripción original hace referencia a que la especie crece sobre los árboles de "Olleros Quitensis. La localidad tipo realmente se encuentra ubicada en el norte de Perú (Piura) y ha sido señalada por algunos autores en Ecuador de forma errónea (Loaiza obs. per.).

**Distribución:** Especie de epífita nativa y de amplia distribución en el centro y norte de Sudamérica. Se encuentra presente en Guatemala, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú (Britton y Rose, 1923; Ostolaza, 2014; Home, 2015). Ha sido registrada en varias provincias del Ecuador desde la región sur hasta el norte del país, incluyendo algunas provincias de la región andina (Figura 4c) (Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 0 - 2750 msnm

**Herbarios:** AAU, B, BGT, CAS, ESPOCH, GH, GUAY, K, L, MNHN, MA, MO, NY, P, QAP, QCA, QCNE, S, SEL, SPF, U, UPS, US, ZSS.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Hammel y Loaiza, 2017b). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** La colección original realizada por Humboldt y Bonpland está compuesta por el holotipo (P - 3494)

y un solo isotipo (MNHN). Una forma descrita por Barthlott (1974) procedente de Chone, Manabí (*Rhipsalis kirbergii*), actualmente está considerada como sinónimo de *Rhipsalis micrantha* (Hunt et al., 2006).

*Rhipsalis riocampanensis* Madsen y Aguirre, 2004  
Cactus epífito del río Campana

**Localidad tipo:** Zona de matorral húmedo montano en las cercanías del río Campana (Malacatos), en la provincia de Loja (Madsen y Aguirre, 2004).

**Distribución:** Especie de cactus epífito endémico de la región sur del Ecuador. Su distribución se conoce en base a tres registros situados entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, en zonas cercanas al Parque Nacional Podocarpus (Figura 4e) (Madsen y Aguirre, 2004; Werner et al., 2005). Se reconocen dos localidades de presencia, las cuales albergarían dos poblaciones. Se presume la existencia de otras subpoblaciones al interior del PNP y en zonas orientales de la cordillera, por lo cual es necesario realizar más estudios para determinar con mayor exactitud su área de distribución y el número total de poblaciones.

**Rango altitudinal:** 1850 - 2690 msnm

**Herbarios:** AAU, B, ECSF, K, LOJA, MO, QCA, QCNE, ZSS.

**Estado de conservación:** La evaluación realizada por la IUCN incluye a esta especie dentro de la categoría Datos insuficientes (DD) (Loaiza y Ostolaza, 2017d). Ha sido categorizada como Vulnerable (VU) a nivel nacional (Madsen y Montúfar, 2011). En este trabajo se mantiene la misma categoría en base al criterio D1 y D2 (Tabla 5).

**Observaciones:** Esta especie ha sido considerada por algunos autores como sinónimo de otra epífita de Perú (*Pfeiffera brevispina*) (Hunt, 2002; Ostolaza, 2014). La descripción de la especie realizada en Perú por Ritter (1981) es poco clara, incompleta y se basa en poco material colectado, por lo cual se considera necesario realizar más estudios a fin de poder esclarecer la taxonomía de ambas especies. La colección original de la especie ecuatoriana incluye el holotipo (LOJA - 7595) y varios isotipos depositados en los herbarios: AAU, B, BONN, K, MO, QCA, QCNE y ZSS (Madsen y Aguirre, 2004; Eggli y Leuenberger, 2008; Fernández - Fernández et al., 2015).

### Tribu Browningieae

*Armatocereus brevispinus* Madsen, 1989  
Cardón columnar de espina corta

**Localidad tipo:** Alrededores del km 10 - 12 a lo largo de la vía Catamayo - Loja, entre zonas de barrancos y formaciones rocosas cercanas a corrientes estacionales de agua (Madsen, 1989).

**Distribución:** Especie nativa de los bosques secos del sur de Ecuador y norte del Perú. Su distribución en Ecuador ocurre únicamente en la provincia de Loja (Figura 4f). Ha sido registrada en cuatro localidades dentro de los cantones: Calvas, Catamayo, Celica y Paltas. Su presencia en Perú fue confirmada en base a un registro obtenido en Ayabaca, Piura (Loaiza y Roque, 2016).

**Rango altitudinal:** 850 - 1960 msnm

**Herbarios:** AAU, HUTPL, K, LOJA, MO, NY, QCA, QCNE, US, ZSS.

**Estado de conservación:** Esta especie no ha sido evaluada anteriormente en el Ecuador. En este trabajo se la incluye dentro de la categoría En peligro (EN), en base al criterio B1 - 2ab (i, ii, iii) y C2a (i) (Tabla 5).

**Observaciones:** Esta especie ha sido considerada como una subespecie de *Armatocereus godingianus* en Ecuador (Hunt et al., 2006; Madsen y Montúfar, 2011) y también como sinónimo de *A. rupicola* (Madsen y Aguirre, 2004; Ostolaza, 2014). La descripción original está compuesta por el holotipo (AAU - 75910) y tres isotipos (LOJA, QCA y QCNE) (Madsen, 1989; Fernández - Fernández et al., 2015).

*Armatocereus cartwrightianus* (Britton Rose) Backeberg, 1938

Cardón columnar de Cartwright

**Localidad tipo:** La colección original de esta especie fue realizada al norte de la ciudad de Guayaquil, en las cercanías de la ruta de montaña “Cerro Azul” (Britton y Rose, 1920).

**Distribución:** Especie endémica de la ecorregión Tumbesina. Se encuentra presente en el noroccidente de Perú y el centro y suroccidente del Ecuador (Madsen, 1989; Ostolaza, 2014; Romero, 2016) (Figura 4g). Ha sido registrado en las provincias de Guayas, Loja, El Oro, Manabí y Santa Elena (Cerón y Montalvo, 1998; Cerón et al., 2006; Madsen, 1989; Madsen et al., 2001). También ha sido reportado en la isla de la Plata y la isla Salango (Manabí), la isla Puná (Guayas) y las islas Bellavista y Santa Clara (El Oro) (Cerón y Montalvo, 1998; Madsen et al., 2001).

**Rango altitudinal:** 0 - 650 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, F, GH, HUTPL, K, LOJA, MO, NY, QCA, QCNE, US.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza y Ostolaza, 2017a). Se aplica la misma categoría para Ecuador.

**Observaciones:** Backeberg (1957) señaló una variedad de espina larga en una localidad no determinada del norte de Perú, la cual es considerada como un sinónimo de *A. cartwrightianus* (Ostolaza, 2014). La colección original está compuesta por el holotipo (NY - 22118) y dos isotipos (GH, US).

*Armatocereus godingianus* (Britton Rose) Backeberg, 1947  
Cardón columnar de Goding

**Localidad tipo:** La localidad tipo se encuentra situada en Huigra (Chimborazo), en los alrededores de la Hda. Licay (Britton y Rose, 1920).

**Distribución:** Especie endémica de la región interandina centro - sur del Ecuador. Se encuentra presente en las provincias de Azuay y Chimborazo (Figura 4h), dentro de los valles interandinos situados en la cuenca del río Chanchán y la cuenca del río Jubones (Britton y Rose, 1920; Madsen, 1989).

**Rango altitudinal:** 1000 - 2500 msnm

**Herbarios:** AAU, ASU, DES, F, HUTPL, K, MO, NY, QCA, QCNE.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza, 2017b). En este trabajo se la recategoriza y se la incluye dentro de la categoría En peligro (EN) en base al criterio B1 - 2ab (i - iv) (Tabla 5).

**Observaciones:** La colección original está compuesta solamente por el holotipo (NY - 22127) (Britton y Rose, 1920).

*Armatocereus laetus* (Kunth) Backeberg, 1938  
Cardón columnar de Catamayo

**Localidad tipo:** Cercanías de Sondorillo (Piura), la colección original (holotipo) está reportada como perdida (Britton y Rose, 1920; Hunt y Taylor, 1991).

**Distribución:** Especie nativa de los principales valles interandinos en el sur del Ecuador (Loja) y norte de Perú (Piura). Su distribución en la provincia de Loja ocurre dentro de los cantones: Catamayo, Celica, Espíndola, Gonzanamá, Paltas y Sozoranga (Figura 4i). También ha sido reportada en la localidad de Taparuca y en el sector de Bella María (Calvas). En Perú, ha sido registrado en varias localidades dentro de las provincias de Ayabaca y Huancabamba (Ostolaza, 2014).

**Rango altitudinal:** 600 - 2400 msnm

**Herbarios:** AAU, GH, HUTPL, K, MO, NY, QCA, QCNE, ZSS.

**Estado de conservación:** Se encuentra categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza y Ostolaza, 2017b). En este trabajo se la incluye en la categoría Casi amenazada (NT) (Tabla 5).

*Browningia microsperma* (Werdermann & Backeberg)  
Marshall, 1947

Cactus candelabro de semillas pequeñas

**Localidad tipo:** Zona de bosque montano occidental en las cercanías de Canchaque (Piura), en la vía hacia Huancabamba. Se desconoce el nombre del colector y el número de colección, el espécimen tipo no ha sido localizado (Madsen y Aguirre, 2004).

**Distribución:** Especie nativa de los bosques secos del sur de Ecuador (Loja) y el norte de Perú (Madsen y Aguirre, 2004; Ostolaza, 2014). Su distribución en la provincia de Loja ocurre solamente en cuatro localidades dentro de los cantones: Celica, Macará y Zapotillo (Figura 4j). Su hábitat comprende zonas de bosque deciduo / semideciduo y algunas zonas de matorral seco.

**Rango altitudinal:** 175 - 1850 msnm

**Herbarios:** AAU, K, LOJA, MA, MO, NY, QCA, QCNE, S, U, ZSS.

**Estado de conservación:** Ha sido categorizada por la UICN como Preocupación menor (LC) (Loaiza y Ostolaza, 2017c). En este trabajo se la evalúa como Vulnerable (VU) en base al criterio D1 y D2 (Tabla 5).

**Observaciones:** La falta de un espécimen tipo crea la necesidad de realizar una neotipificación para esta especie.

### Especies introducidas

*Austrocylindropuntia subulata* subsp. *exaltata* (Berger)  
Hunt, 2002

Especie nativa y ampliamente distribuida en Perú, con registros en Lima (Yauyos), Junín, Arequipa, Cuzco y Puno (Ostolaza, 2014). Ha sido introducida en algunos países de Sudamérica como planta ornamental (Bolivia y Argentina) y en el este de África (Nairobi) en donde ya existen poblaciones en estado silvestre. En Ecuador se tiene registros de su presencia en las provincias de Azuay, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua, en donde al parecer ya existen pequeñas poblaciones en estado silvestre (Britton y Rose, 1919; Madsen, 1989). Se desconoce su impacto en la flora nativa del Ecuador.

*Cylindropuntia tunicata* (Lehmann) Knuth, 1936

Especie nativa del suroeste de Texas (EEUU) y el centro, noreste y suroeste de México, en donde se encuentra ampliamente distribuida (Hunt et al., 2006). Ha sido introducida en varios países de Sudamérica, Australia del sur, España, Victoria, las Islas Canarias, Cuba y Australia Occidental. En Ecuador ha sido registrada en Pichincha (norte de Quito), Imbabura (valle del Chota), Carchi (Ambuquí) (Britton y Rose, 1919; Madsen, 1989) y recientemente en el valle de Cata-mayo (Loaiza y Naranjo, 2012). Es una especie de rápida propagación y ha sido prohibida su introducción y comercialización en varios países. Se desconoce su impacto en la flora nativa del Ecuador.

*Opuntia ficus - indica* (Linneo) Miller, 1768

Especie nativa de México pero ampliamente introducida y comercializada en varios continentes y países del mundo (Britton y Rose, 1919; Madsen, 1989; Hunt et al., 2006). Se encuentra ampliamente distribuida en varias provincias del Ecuador, tanto por su uso como planta ornamental y comestible, así como por su aplicación en la industria textil. Se sospecha que esta especie podría haber sido una de las plantas parentales responsable del origen de *Opuntia bonplandii* (*O. ficus - indica* x *O. quitensis*) (Loaiza obs. per.).

*Opuntia stricta* var. *dillenii* (Ker Gawler) Benson, 1969

Especie nativa de México pero ampliamente introducida en varios continentes y países del mundo (Britton y Rose, 1919; Hunt et al., 2006). Ha sido registrada en varias localidades de la costa ecuatoriana, entre las provincias de Guayas, Santa Elena y Manabí (Madsen, 1989). Se encuentra incluida en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Su área de distribución y su densidad poblacional parece estar aumentando de forma considerable en algunas zonas, llegando incluso a estar presente dentro de algunas áreas protegidas (P. N. Machalilla) e incluso en algunas islas cercanas como Salango (Manabí) (Loaiza obs. per.).

*Cereus hexagonus* Miller, 1768

Se encuentra ampliamente distribuida desde el norte de Sudamérica hasta el norte y el noreste de Brasil (Britton y Rose, 1920; Hunt et al., 2006). Ha sido introducida en Cuba, República Dominicana, Jamaica y Puerto Rico (Britton y Rose, 1909). Su presencia en Ecuador se conoce por dos registros en las provincias de Chimborazo y Santo Domingo de los Tsáchilas (Madsen, 1989). Por el momento su presencia es conocida solamente como planta ornamental.

## CONCLUSIONES

La diversidad de cactáceas del Ecuador Continental reportada en el presente trabajo no es tan alta como la diversidad reportada en países como Brasil, Colombia, México o Perú (Ortega - Baes y Godínez - Alvarez, 2005; Arakaki et al., 2006; Hunt et al., 2006; Ostolaza, 2014); sin embargo, se ha visto compensada con el gran número de especies endémicas reportadas para el país, incluyendo las islas Galápagos.

Lamentablemente, en Ecuador no existe una normativa ambiental específicamente diseñada para la conservación de la flora de cactáceas nativas y endémicas, con excepción de Galápagos. Adicionalmente, las áreas protegidas existentes en el país son insuficientes para asegurar la conservación de varias especies, principalmente en la región sur del Ecuador. Algunas de las especies señaladas en el presente reporte se encuentran situadas en pocas localidades, lo cual las hace especialmente vulnerables a incendios forestales y a la pérdida de hábitat debido a factores como la deforestación, minería, introducción de especies exóticas, etc.

En el presente trabajo se ha podido identificar al menos dos zonas de alta importancia para la conservación de especies, la primera está situada en la cuenca del río Chanchán (Chimborazo) y la segunda se encuentra ubicada entre las cuencas del río Jubones y el río León, en las provincias de Azuay y Loja. Una tercera zona de gran importancia para la conservación de especies está ubicada en la cuenca del río Catamayo y sus principales afluentes. Recientemente, algunas iniciativas regionales han coincidido en declarar como zona de conservación la cuenca del río Catamayo, pero es necesario un apoyo oficial por parte del estado ecuatoriano con la respectiva declaración de algunas áreas protegidas a nivel nacional situadas dentro de las zonas señaladas como la opción más viable para poder asegurar la conservación de muchas especies nativas y endémicas del Ecuador. Otra iniciativa de importancia a considerar sería la promulgación de una legislación o normativa ambiental por parte del MAATE que regule y prohíba totalmente el comercio de cactáceas nativas y endémicas en riesgo de extinción en Ecuador, tal es el caso de algunos géneros como *Borzicactus*, *Espostoa* y *Melocactus*, entre otros.

Finalmente, se considera necesario una actualización más constante de las listas rojas de plantas endémicas del Ecuador a nivel nacional como una herramienta para la conservación de especies. La falta de estudios y especialistas en algunos grupos de plantas también es una limitante para la toma de decisiones en el país, lo cual a su vez ha ocasionado graves problemas de conservación. En el caso de la familia Cactaceae, se recomienda realizar estudios sobre la ecología e interacciones ecológicas de las distintas especies, lo cual es un tema que nunca ha sido analizado a detalle en Ecuador. También se recomienda realizar revisiones taxonómicas de algunos géneros, entre los que destacan principalmente el género *Opuntia* y *Borzicactus*.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido posible gracias a la colaboración y facilidades brindadas hace algunos años en los principales herbarios del Ecuador. Se desea agradecer principalmente al Ing. Zhofre Aguirre (LOJA), Dr. Carlos Cerón (QAP) y la Dra. Katya Romoleroux (QCA), por el acceso a las colecciones a su cargo. Al personal científico del Herbario QCNE por su colaboración en la revisión de algunos especímenes depositados en la colección de dicho centro investigativo. Al personal del Herbario de la Universidad Técnica Particular de Loja (HUTPL), por todas las facilidades brindadas para el ingreso de algunas colecciones de plantas realizadas en la región sur del Ecuador.

**Tabla 1:** Diversidad de cactáceas presentes en el Ecuador continental según tribus, géneros y especies.

Subfamilias / Tribus	Especies / Subespecies			
	Géneros	Total	%	Endémicas
<b><i>Opuntioideae</i></b>				
Austrocylindropuntieae	1	1	2,44	0
Opuntieae	1	6	14,6	3
<b><i>Cactoideae</i></b>				
Hylocereeae	5	9	21,9	1
Cereeae	3	4	9,76	0
Trichocereae	3	12	29,3	8
Rhipsalidae	1	4	9,76	1
Browningieae	2	5	12,2	1
Total	16	41	100	14

**Tabla 2:** Diversidad de géneros y especies de cactáceas presentes en el Ecuador continental.

Tribus / Géneros	Especies	%
<b><i>Austrocylindropuntieae</i></b>		
<i>Austrocylindropuntia</i>	1	2,44
<b><i>Opuntieae</i></b>		
<i>Opuntia</i>	6	14,6
<b><i>Hylocereeae</i></b>		
<i>Epiphyllum</i>	4	9,76
<i>Kimnachia</i>	1	2,44
<i>Pseudorhipsalis</i>	1	2,44
<i>Selenicereus</i>	2	4,88
<i>Weberocereus</i>	1	2,44
<b><i>Cereeae</i></b>		
<i>Melocactus</i>	2	4,88
<i>Monvillea</i>	1	2,44
<i>Pilosocereus</i>	1	2,44
<b><i>Trichocereae</i></b>		
<i>Borzicactus</i>	8	19,5
<i>Espostoa</i>	3	7,32
<i>Trichocereus</i>	1	2,44
<b><i>Rhipsalidae</i></b>		
<i>Rhipsalis</i>	4	9,76
<b><i>Browningieae</i></b>		
<i>Armatocereus</i>	4	9,76
<i>Browningia</i>	1	2,44
Total	41	100



**Tabla 3:** Diversidad de especies de cactáceas endémicas del Ecuador continental.

<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>	<b>%</b>
<i>Opuntia</i>	3	21,4
<i>Weberocereus</i>	1	7,14
<i>Borziacactus</i>	6	42,8
<i>Espostoa</i>	2	14,3
<i>Rhipsalis</i>	1	7,14
<i>Armatocereus</i>	1	7,14
Total	14	100

**Tabla 4:** Diversidad de cactáceas por provincias en el Ecuador continental.

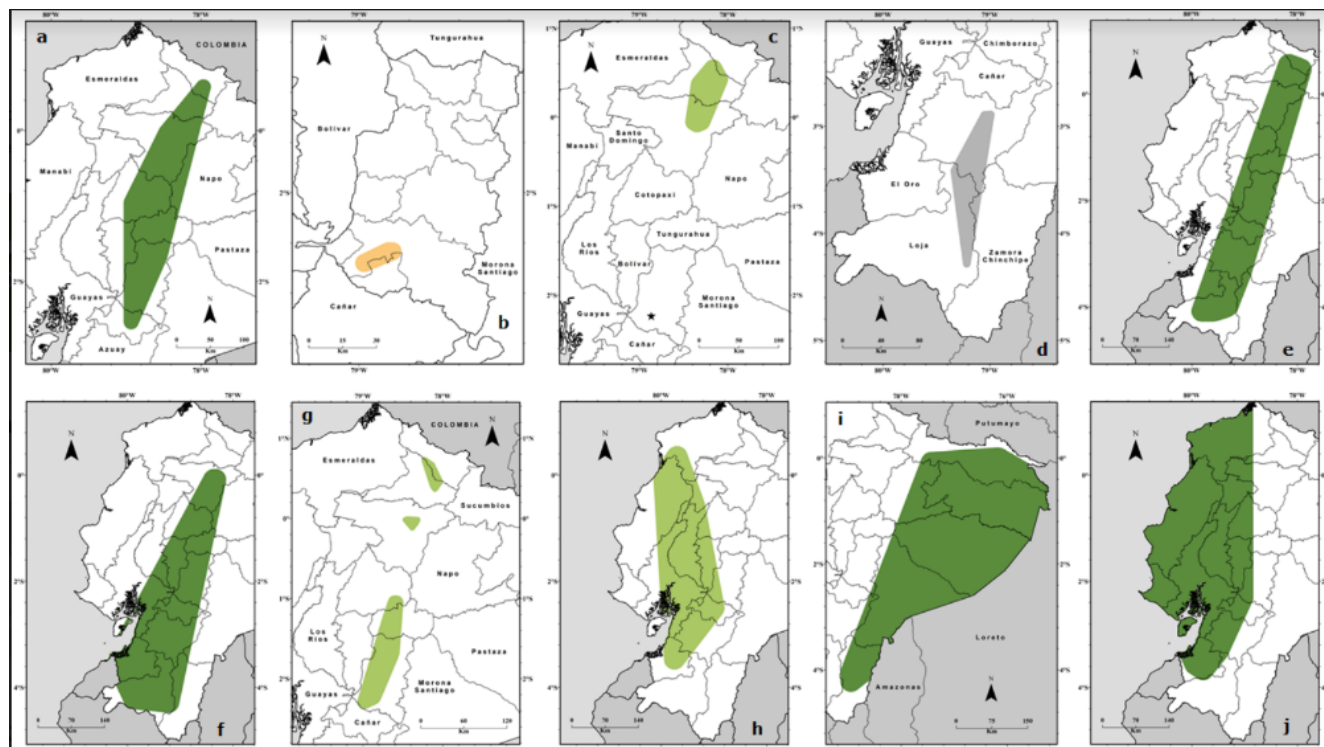
<b>Provincias</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>	<b>%</b>
Azuay	9	15	36,6
Bolívar	1	1	2,44
Cañar	6	7	17,1
Carchi	3	5	12,2
Chimborazo	9	14	34,1
Cotopaxi	3	3	7,32
El Oro	9	10	24,4
Esmeraldas	2	3	7,32
Guayas	6	6	14,6
Imbabura	2	4	9,76
Loja	12	21	51,2
Los Ríos	3	4	9,76
Manabí	6	7	17,1
Morona Santiago	5	6	14,6
Napo	5	6	14,6
Orellana	3	3	7,32
Pastaza	2	2	4,88
Pichincha	3	6	14,6
Santo Domingo	2	2	4,88
Santa Elena	4	6	14,6
Sucumbíos	3	3	7,32
Tungurahua	5	5	12,2
Zamora Chinchipe	4	8	19,5

**Tabla 5:** Número de localidades reportadas para las especies de cactáceas presentes en el Ecuador Continental. Los datos del área de ocupación (AAO) y de la extensión de presencia (EOO) se expresan en km<sup>2</sup>.

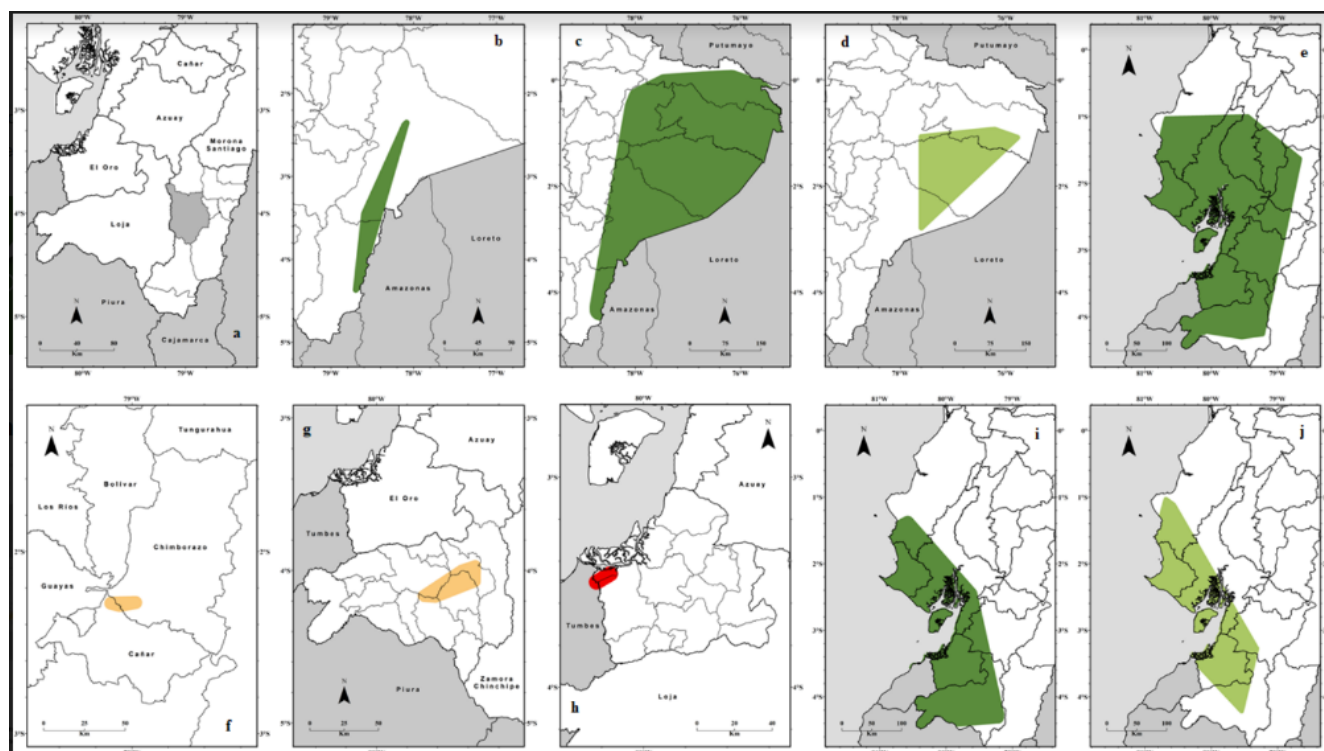
	Tribus / Especies	Número de localidades (Ecuador)	Área de ocupación (AAO)	Extensión de presencia (EOO)
	<i>Subfamilia Opuntioideae</i>			
	<b>Tribu Austrocylindropuntieae</b>			
1	<i>Austrocylindropuntia cylindrica</i>	16	132	12 818,1
	<b>Tribu Opuntieae</b>			
2	<i>Opuntia aequatorialis</i>	3	16	4,8
3	<i>Opuntia bakeri</i>	7	28	1 003,9
4	<i>Opuntia bonplandii</i>	5	20	2 385,9
5	<i>Opuntia pestifer</i>	14	128	21 803,1
6	<i>Opuntia quitensis</i>	16	112	33 650,5
7	<i>Opuntia soederstromiana (norte 1)</i>	10	48	431,9
8	<i>Opuntia soederstromiana (norte 2)</i>	8	44	102,6
9	<i>Opuntia soederstromiana (centro)</i>	12	64	1 674,8
	<b>Subfamilia Cactoideae</b>			
	<b>Tribu Hylocereeae</b>			
10	<i>Epiphyllum hookeri subsp. columbiense</i>	5	20	25 062,3
11	<i>Epiphyllum phyllanthus subsp. phyllanthus</i>	20	108	76 883
12	<i>Epiphyllum phyllanthus subsp. rubrocoronatum</i>	14	72	64 343,9
13	<i>Epiphyllum thomsonianum subsp. thomsonianum</i>	?	-	-
14	<i>Kimnachia ramulosa subsp. ramulosa</i>	3	32	2 627,2
15	<i>Pseudorhipsalis amazonica subsp. amazonica</i>	50	272	93 688,3
16	<i>Selenicereus megalanthus</i>	4	16	20 901,8
17	<i>Selenicereus monacanthus</i>	30	160	66 099,6
18	<i>Weberocereus rosei</i>	3	12	11,3
	<b>Tribu Cereeae</b>			
19	<i>Melocactus bellavistensis subsp. bellavistensis</i>	8	36	338,2
20	<i>Melocactus peruvianus</i>	2	8	119,9
21	<i>Monvillea diffusa</i>	30	196	35 076,9
22	<i>Pilosocereus tweedyanus</i>	15	80	26 861,5
	<b>Tribu Trichocereae</b>			
23	<i>Borzicactus icosagonus subsp. icosagonus</i>	10	48	871,8
24	<i>Borzicactus icosagonus subsp. roseiflorus</i>	7	16	921,5
25	<i>Borzicactus neoroezlii</i>	6	24	54,7
26	<i>Borzicactus sepium subsp. leonensis</i>	3	12	37,8
27	<i>Borzicactus sepium subsp. morleyanus</i>	8	72	2 186,8
28	<i>Borzicactus sepium subsp. sepium</i>	5	52	805,3
29	<i>Borzicactus sepium subsp. ventimigliae</i>	15	100	3 037,8
30	<i>Borzicactus sepium subsp. websterianus</i>	?	-	-
31	<i>Espostoa lanata subsp. frutescens</i>	8	40	341,7
32	<i>Espostoa lanata subsp. lanata</i>	2	48	8 234,3
33	<i>Espostoa lanata subsp. roseiflorus</i>	14	96	3 162,6
34	<i>Trichocereus macrogonus var. pachanoi</i>	14	76	9 355,7
	<b>Tribu Rhipsalidae</b>			
35	<i>Rhipsalis baccifera subsp. baccifera</i>	16	92	60 286,7
36	<i>Rhipsalis micrantha</i>	48	252	107 166,1
37	<i>Rhipsalis occidentalis</i>	4	24	595,6
38	<i>Rhipsalis riocampanensis</i>	2	8	9,1
	<b>Tribu Browningieae</b>			
39	<i>Armatocereus brevispinus</i>	6	28	1 111,6
40	<i>Armatocereus cartwrightianus</i>	30	184	40 264,9
41	<i>Armatocereus godingianus (Azuay)</i>	2	16	174,6
42	<i>Armatocereus godingianus (Chimborazo)</i>	8	76	148,3
43	<i>Armatocereus laetus</i>	16	100	1 968,6
44	<i>Browningia microsperma</i>	5	20	389,4

**Tabla 6:** Evaluaciones del estado de conservación de la familia Cactaceae realizadas en Ecuador continental durante los últimos 15 años.

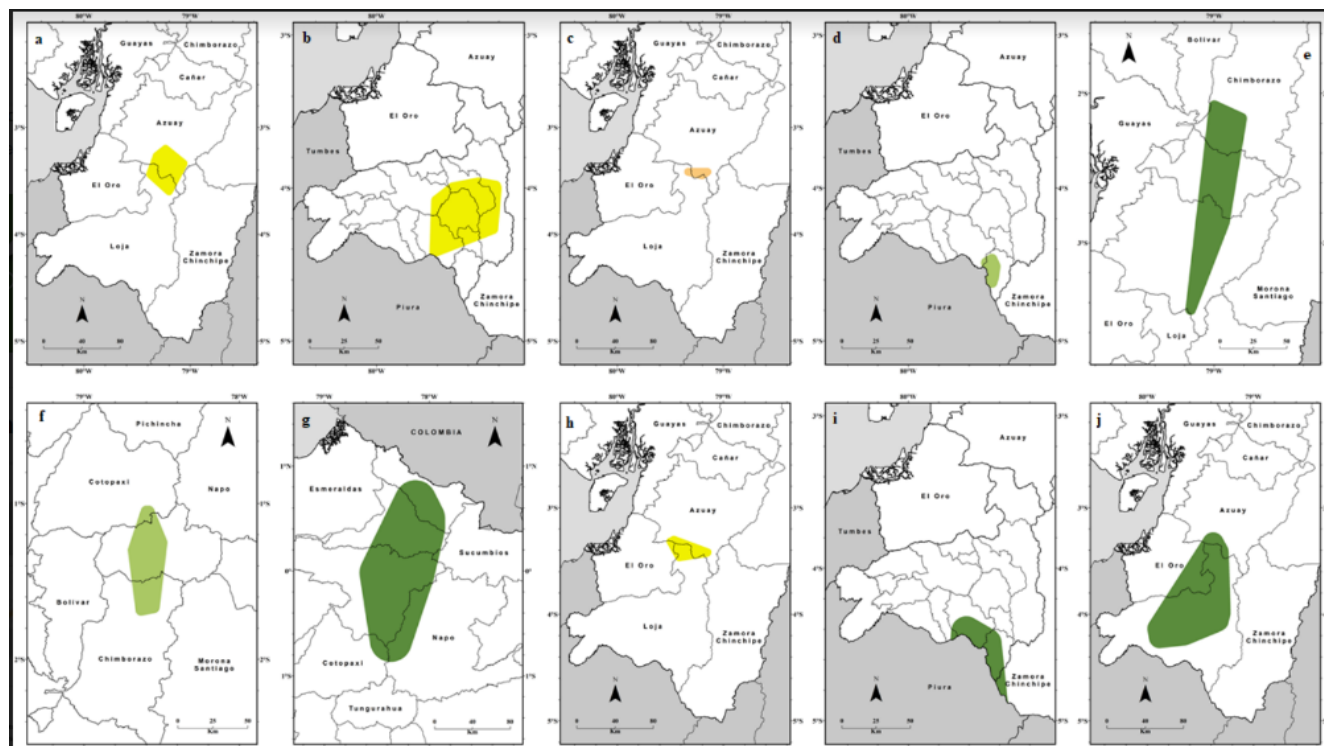
	<b>Tribus / Especies</b>	<b>Madsen y Montúfar (2011)</b>	<b>Evaluación UICN (2013 / 2017)</b>	<b>Esta publicación</b>
	<b>Subfamilia Opuntioideae</b>			
	<b>Tribu Austrocylindropuntieae</b>			
1	<i>Austrocylindropuntia cylindrica</i>	No evaluada	Casi amenazada	Casi amenazada
	<b>Tribu Opuntieae</b>			
2	<i>Opuntia aequatorialis</i>	Datos insuficientes	No evaluada	En Peligro
3	<i>Opuntia bakeri</i>	Preocupación menor	No evaluada	Casi amenazada
4	<i>Opuntia bonplandii</i>	Datos insuficientes	No evaluada	Datos insuficientes
5	<i>Opuntia pestifer</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
6	<i>Opuntia quitensis</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
7	<i>Opuntia soederstromiana</i>	Preocupación menor	Preocupación menor	Casi amenazada
	<b>Subfamilia Cactoideae</b>			
	<b>Tribu Hylocereeae</b>			
8	<i>Epiphyllum hookeri subsp. columbiense</i>	No evaluada	Preocupación menor	Casi amenazada
9	<i>Epiphyllum phyllanthus subsp. phyllanthus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
10	<i>Epiphyllum phyllanthus subsp. rubrocoronatum</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
11	<i>Epiphyllum thomsonianum subsp. thomsonianum</i>	No evaluada	Preocupación menor	Datos insuficientes
12	<i>Kinnachia ramulosa subsp. ramulosa</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
13	<i>Pseudorhypsalis amazonica subsp. amazonica</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
14	<i>Selenicereus megalanthus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Casi amenazada
15	<i>Selenicereus monacanthus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
16	<i>Weberocereus rosei</i>	En peligro	Datos insuficientes	En peligro
	<b>Tribu Cereeae</b>			
17	<i>Melocactus bellavistensis subsp. bellavistensis</i>	No evaluada	Datos insuficientes	En peligro
18	<i>Melocactus peruvianus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Peligro crítico
19	<i>Monvillea diffusa</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
20	<i>Pilosocereus tweedyanus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Casi amenazada
	<b>Tribu Trichocereae</b>			
21	<i>Borzicactus icosagonus subsp. icosagonus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Vulnerable
22	<i>Borzicactus icosagonus subsp. roseiflorus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Vulnerable
23	<i>Borzicactus neoroezlii</i>	No evaluada	Casi amenazada	Casi amenazada
24	<i>Borzicactus sepium subsp. leonensis</i>	En peligro	Preocupación menor	En peligro
25	<i>Borzicactus sepium subsp. morleyanus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
26	<i>Borzicactus sepium subsp. sepium</i>	No evaluada	Preocupación menor	Casi amenazada
27	<i>Borzicactus sepium subsp. ventimigliae</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
28	<i>Borzicactus sepium subsp. websterianus</i>	No evaluada	No evaluada	Datos insuficientes
29	<i>Espostoa lanata subsp. frutescens</i>	Preocupación menor	Casi amenazada	Vulnerable
30	<i>Espostoa lanata subsp. lanata</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
31	<i>Espostoa lanata subsp. roseiflora</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
32	<i>Trichocereus macrogonus var. pachanoi</i>	No evaluada	Preocupación menor	En peligro
	<b>Tribu Rhipsalideae</b>			
33	<i>Rhipsalis baccifera subsp. baccifera</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
34	<i>Rhipsalis micrantha</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
35	<i>Rhipsalis occidentalis</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
36	<i>Rhipsalis riocampanensis</i>	Vulnerable	Datos insuficientes	Vulnerable
	<b>Tribu Browningieae</b>			
37	<i>Armatocereus brevispinus</i>	No evaluada	No evaluada	En peligro
38	<i>Armatocereus cartwrightianus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Preocupación menor
39	<i>Armatocereus godingianus</i>	Vulnerable	Preocupación menor	En peligro
40	<i>Armatocereus laetus</i>	No evaluada	Preocupación menor	Casi amenazada
41	<i>Browningia microsperma</i>	No evaluada	Preocupación menor	Vulnerable



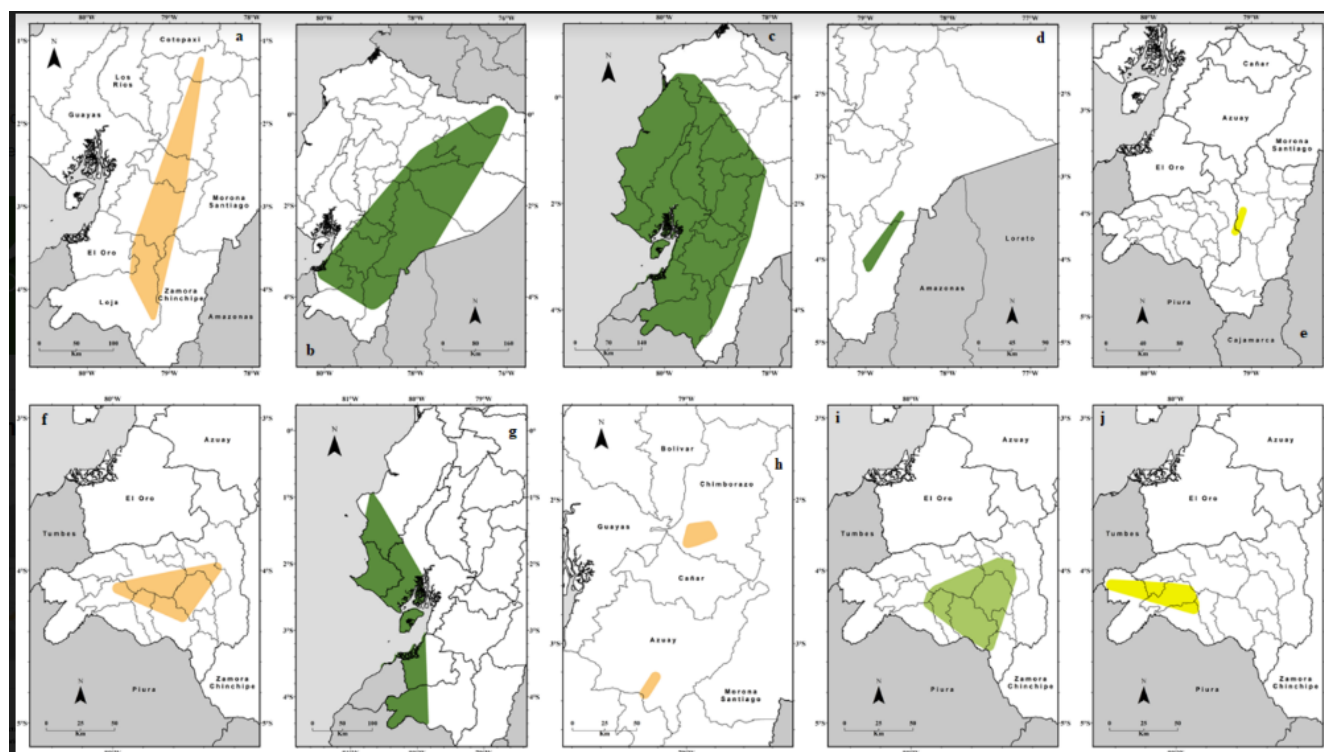
**Fig. 1:** Distribución de la familia Cactaceae en el Ecuador Continental: *Austrocyllindropuntia cylindrica* (a), *Opuntia aequatorialis* (b), *O. bakeri* (c), *O. bonplandii* (d), *O. pestifer* (e), *O. quitensis* (f), *O. soederstromiana* (g), *Epiphyllum hookeri* subsp. *columbiense* (h), *E. phyllanthus* subsp. *phyllanthus* (i), *E. phyllanthus* subsp. *rubrocoronatum* (j).



**Fig. 2:** Distribución de la familia Cactaceae en el Ecuador Continental: *Epiphyllum thomsonianum* subsp. *thomsonianum* (a), *Kinnachia ramulosa* subsp. *ramulosa* (b), *Pseudorhipsalis amazonica* subsp. *amazonica* (c), *Selenicereus megalanthus* (d), *S. monacanthus* (e), *Weberocereus rosei* (f), *Melocactus bellavistensis* subsp. *bellavistensis* (g), *M. peruvianus* (h), *Monvillea diffusa* (i), *Pilosocereus tweedyanus* (j).



**Fig. 3:** Distribución de la familia Cactaceae en el Ecuador Continental: *Borzicactus icosagonus* subsp. *icosagonus* (a), *B. icosagonus* subsp. *roseiflorus* (b), *B. sepium* subsp. *leonensis* (c), *B. neoroezlii* (d), *B. sepium* subsp. *morleyanus* (e), *B. sepium* subsp. *sepium* (f), *B. sepium* subsp. *ventimigliae* (g), *Espostoa lanata* subsp. *frutescens* (h), *E. lanata* subsp. *lanata* (i), *E. lanata* subsp. *roseiflora* (j).



**Fig. 4:** Distribución de la familia Cactaceae en el Ecuador Continental: *Trichocereus macrogonus* var. *pachanoi* (a), *Rhipsalis baccifera* subsp. *baccifera* (b), *R. micrantha* (c), *R. occidentalis* (d), *R. riocampanensis* (e), *Armatoocereus brevispinus* (f), *A. cartwrightianus* (g), *A. godingianus* (h), *A. laetus* (i), *Browningia microsperma* (j).

## REFERENCIAS

- Albesiano, S. y Kiesling, R. (2012). Identity and neotypification of *Cereus macrogonus*, the type species of the genus *Trichocereus* (Cactaceae). *Haseltonia*, 17, 24-34. <https://doi.org/10.2985/1070-0048-17.1.3>
- Arakaki, M., Ostolaza, C., Cáceres F., y Roque, J. (2006). Cactaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2), 193-219. <https://doi.org/10.15381/rpb.v13i2.1821>
- Arias, S., Durán, R., Hammel, B., Tapia, J. L., Hernández, H. M., Véliz, M., y Loaiza, C. (2017). *Epiphyllum hookeri* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151856A121445516. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151856A121445516.en>
- Arreola, H., Ishiki, M., Terrazas, T., Ostolaza, C., y Loaiza, C. (2017a). *Opuntia pubescens* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152852A121613456. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152852A121613456.en>
- Arreola, H., Hammel, B., Hilton-Taylor, C., Ishiki, M., Loaiza, C., Nassar, J.,... Zappi, D. (2017b). *Rhipsalis baccifera* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T62378A121561919. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T62378A121561919.en>
- Backeberg, C. (1931). *Neue Kakteen, Jagden, Arten, Kulturen* (with contributions by Erich Werdermann). Gartenbauverlag Trowitzsch Sohn, Frankfurt (Oder), Berlin. 109 pp.
- Backeberg, C. (1934 - 1938). *Blatter für Kakteenforschung*. Volksdorf. 438 pp.
- Backeberg, C. (1956 (1957)). *Descriptiones Cactacearum novarum*. Gustav Fischer Verlag, Jena. 36 pp.
- Backeberg, C. (1959). *Die Cactaceae*. Vol. 2. Jena: Gustav Fischer Verlag, Jena. 1360 pp.
- Baker, M. A. (2002). Chromosome numbers and their significance in some Opuntioideae and Cactoideae (Cactaceae) of mainland Ecuador and Peru. *Haseltonia*, 9, 69-77.
- Barthlott, W. (1974). *Der Rhipsalis micrantha* (HBK) DC. Komplex in Ecuador und Perú. *Tropische und subtropische Pflanzenwelt*, 10, 1-28.
- Barthlott, W. y Rauh, W. (1987). *Rhipsalis occidentalis* Barthlott Rauh. *Kakteen und Andere Sukkulente*, 38(1), 16-19.
- Bauer, R. (2002). The genus *Pseudorhipsalis* Britton Rose. *Haseltonia*, 9, 94-120.
- Bauer, R. (2003). A synopsis of the tribe Hylocereeae F. Buxb. *Cactaceae Systematics Initiatives*, 17, 3-63.
- Britton, N. L. y Rose, J. N. (1909). The genus *Cereus* and its allies in North America. *Contributions from the United States National Herbarium*, 12, 255-262.
- Britton, N. L. y Rose, J. N. (1913). The genus *Epiphyllum* and its allies. *Contributions from the United States National Herbarium*, 16, 413-437.
- Britton, N. L. y Rose, J. N. (1919). *The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants in the cactus family*. Vol. 1. The Carnegie Institution of Washington. Washington D. C. 236 pp.
- Britton, N. L. y Rose, J. N. (1920). *The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants in the cactus family*. Vol. 2. The Carnegie Institution of Washington. Washington D. C. 241 pp.
- Britton, N. L. y Rose, J. N. (1922). *The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants in the cactus family*. Vol. 3. The Carnegie Institution of Washington. Washington D. C. 258 pp.
- Britton, N. L. y Rose, J. N. (1923). *The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants in the cactus family*. Vol. 4. The Carnegie Institution of Washington. Washington D. C. 318 pp.
- Cáceres, F., Roque, J., y Ostolaza, C. (2017). *Cleistocactus neoroetzlii* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152310A121468774. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152310A121468774.en>
- Carbonó-Delaho, E., Barros-Barraza, A., y Jiménez-Vergara, J. (2013). Cactaceae de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, 37(143), 177-187. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.2>
- Cerón, M. y Montalvo, C. (1998). Flora de las islas Salango y de La Plata, Parque Nacional Machalilla, Manabí - Ecuador. *Funbotánica*, 6, 10-19.
- Cerón, C. E., Reyes, C. I., y Vela, C. (2006). Características botánicas de la Reserva Militar y Ecológica Arenillas, El Oro - Ecuador. *Cinchonia*, 7, 115-130.
- Charles, G. (1999). The genus *Espostoa* Br. R. *British Cactus Succulent Journal*, 17(2), 68-79.
- Charles, G. (2010). Notes on *Borzicactus* in northern Peru. *Bradleya*, 28, 1-14. <https://doi.org/10.25223/brad.n28.2010.a2>
- Charles, G. (2012). Observations on *Borzicactus icosagonus* (Kunth) Br. R. and *Borzicactus humboldtii* (Kunth) Br. R. *Bradleya*, 30, 93-102.

<https://doi.org/10.25223/brad.n30.2012.a11>

Crook, R. y Mottram, R. (1996). *Opuntia index* Part 2: Nomenclatural note and C - E. *Bradleya*, 14, 99-144. <https://doi.org/10.25223/brad.n14.1996.a15>

Crook, R. y Mottram, R. (2001). *Opuntia index* Part 7: Nomenclatural note and P - Q. *Bradleya*, 19, 91-116. <https://doi.org/10.25223/brad.n19.2001.a11>

Crook, R. y Mottram, R. (2003). *Opuntia index* Part 9: S. *Bradleya*, 21, 63-86. <https://doi.org/10.25223/brad.n21.2003.a13>

Dodson, C. H. y Gentry, A. H. (1977). *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw. (Cactaceae) and its allies in Ecuador. *Selbyana*, 2(1), 30-31.

Eggli, U. y Newton, L. E. (2004). *Etymological dictionary of succulent plant names*. Springer - Verlag Berlin Heidelberg. 266 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-07125-0>

Eggli, U. y Leuenberger, B. E. (2008). Type specimens of Cactaceae names in the Berlin Herbarium (B). *Willdenowia*, 38(1), 213-280. <https://doi.org/10.3372/wi.38.38116>

Fernández-Alonso, J. L. y Estupiñán, C. (2005). *Echinopsis pachanoi* y *Opuntia quitensis*, dos cactáceas nuevas para la flora de Colombia. *Boletín informativo de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*, 2(3), 3-4.

Fernández-Fernández, E., Freire M., E., Peñafiel C., M., Romero, G., Tello, F., y Toapanta, E. (2015). Catálogo de especímenes tipo del Herbario Nacional del Ecuador (QCNE), Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 7(1), 39-87. <https://doi.org/10.18272/aci.v7i1.227>

Franck, A. R., Barrios, D., Campbell, K. E., Lange, J., Peguero, B., Santiago-Valentín, E., ... Clark, C. A. (2019). Revision of *Pilosocereus* (Cactaceae) in the Caribbean and northern Andean region. *Phytotaxa*, 411(3), 129-182. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.411.3.1>

Guiggi, A. (2010). The revised taxonomy of *Pilosocereus lanuginosus* (Linnaeus) Byles et Rowley (Cactoideae - Cereaceae) from north - western South America. *Cactology* 2, 10-16.

Guiggi, A. (2016). *Combinaciones et synonymi novae in Cactaceis Aequatorialis*. *Cactology* 5 (Suppl. 2), 5.

Hammel, B. (2017). *Epiphyllum thomasianum* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152276A121466166. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152276A121466166.en>.

Hammel, B. y Loaiza, C. (2017a). *Pseudorhipsalis amazonica* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red

List of Threatened Species 2017: e.T152088A121578729. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152088A121578729.en>.

Hammel, B. y Loaiza, C. (2017b). *Rhipsalis micrantha* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152885A121615133. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152885A121615133.en>.

Home, J. (2015). Nuevos registros de *Rhipsalis micrantha* (Kunth) DC. (Cactaceae) para los departamentos de Valle del Cauca, Quindío y Risaralda (Colombia). *Boletín Científico del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 19(2), 74-79. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.4>

Hunt, D. y Taylor, N. (1991). Notes on miscellaneous genera of Cactaceae. *Bradleya*, 9, 81-92. <https://doi.org/10.25223/brad.n9.1991.a2>

Hunt, D. (2002). *Pfeiffera*. Cactaceae Systematics Initiatives: Bulletin of the International Cactaceae Systematics Group. England, 14, 18.

Hunt, D., Taylor, N., y Charles, G. (2006). *The new cactus lexicon*. D. H. Books, Milborne Port. 526 pp.

IUCN Standards and Petitions Committee. (2022). *Guidelines for using the IUCN Red List Categories and Criteria*. Version 15. Prepared by the Standards and Petitions Committee. Downloadable from: <https://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>

Jaramillo-Díaz, P. y Guézou, A. (2017). CDF Checklist of Galapagos Vascular Plants - FCD Lista de especies de Plantas Vasculares de las Galápagos: <http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/vascular-plants/>

Jorgensen, P. M. y León-Yáñez, S. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monographs of Systematic Botany of the Missouri Botanical Garden*, 75, i-viii, 1-1182.

Kiesling, R. (2011). Rehabilitation of the genus *Monvillea*. *Haseltonia*, 16(1), 3-8. <https://doi.org/10.2985/1070-0048-16.1.3>

Kimmach, M. (1961). *Disocactus ramulosus*. *Cactus and Succulent Journal* (Los Angeles), 33, 11-16.

Kimmach, M. (1964). *Epiphyllum phyllanthus*. *Cactus and Succulent Journal* (Los Angeles), 36, 105-115.

Kimmach, M. (1965). *Epiphyllum thomasianum*. *Cactus and Succulent Journal* (Los Angeles), 36, 105-115. Kimmach, M. (1993). The genus *Disocactus*. *Haseltonia*, 1, 95-139.

Korotkova, N., Borsch, T., y Arias, S. (2017). A phylogenetic framework for the *Hylocereeae* (Cactaceae) and implications for the circumscription of the genera. *Phytotaxa*,

327(1), 001-046. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.327.1.1>

Loaiza, C. R. (2008). Distribución y estado poblacional de *Melocactus bellavistensis* (Caryophyllales: Cactaceae), con notas sobre su proceso de floración y ecología reproductiva en el valle de Catamayo, provincia de Loja. *Arnaldoa*, 15(1), 31-40.

Loaiza, C. R., Aguirre, Z. H., y Jadán, O. (2009). Estado del conocimiento actual de la familia Cactaceae en el Ecuador. *Boletín informativo de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*, 6, 11-22.

Loaiza, C. R. (2010). Análisis biogeográfico de *Melocactus bellavistensis* en la región sur del Ecuador: aspectos taxonómicos, distribución y conservación. *Revista Cinchonia*, 10(1), 106-118.

Loaiza, C. R. y Naranjo, C. J. (2012). Primer registro confirmado de *Cylindropuntia tunicata* (Lehmann) F. M. Knuth, 1935 para el sur del Ecuador. *Revista Quepo*, 26, 1-10.

Loaiza, C. R. y Roque, J. (2016). Revalidación taxonómica y distribución potencial de *Armatocereus brevispinus* Madsen (Cactaceae). *Revista Peruana de Biología*, 23(1), 35-41. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v23i1.11831>

Loaiza, C. R. (2017a). Área de vida, distribución potencial y estado de conservación de *Espositoa frutescens* Madsen, 1989 (Cactaceae). *Ecología Aplicada*, 16(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i1.897>

Loaiza, C. (2017b). *Armatocereus godingianus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151897A121448558. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151897A121448558.en>.

Loaiza, C. (2017c). *Austrocylindropuntia cylindrica* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152277A121466368. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152277A121466368.en>.

Loaiza, C. (2017d). *Cleistocactus leonensis* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152516A121477236. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152516A121477236.en>.

Loaiza, C. (2017e). *Cleistocactus sepium* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152133A121460029. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152133A121460029.en>.

Loaiza, C. (2017f). *Espositoa frutescens* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151960A121515168. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151960A121515168.en>.

3.RLTS.T151960A121515168.en.

Loaiza, C. (2017g). *Opuntia quitensis* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151698A121562837. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151698A121562837.en>.

Loaiza, C. (2017h). *Opuntia soederstromiana* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152719A121606841. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152719A121606841.en>.

Loaiza, C. (2017i). *Weberocereus rosei* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152627A121601829. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152627A121601829.en>.

Loaiza, C. y Ostolaza, C. (2017a). *Armatocereus cartwrightianus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152916A121494735. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152916A121494735.en>.

Loaiza, C. y Ostolaza, C. (2017b). *Armatocereus laetus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152303A121468184. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152303A121468184.en>.

Loaiza, C. y Ostolaza, C. (2017c). *Browningia microsperma* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152247A121464694. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152247A121464694.en>.

Loaiza, C. y Ostolaza, C. (2017d). *Pfeiffera brevispina* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151709A121563376. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151709A121563376.en>.

Loaiza, C. y Ostolaza, C. (2017e). *Hylocereus monacanthus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152577A121540458. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152577A121540458.en>.

Loaiza, C. R. y Molina-Moreira, N. (2019). Nuevo registro de *Melocactus peruvianus* Vaupel, 1913 y estado de conservación del género *Melocactus* en el Ecuador. *Rodriguesia*, 70(1), 1-9. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970064>

Lodé, J. (2019). New combinations in Cactaceae. *Cactus - Adventures International*, 31(1), 20-27.



- Machado, M., Taylor, N. P., Braun, P., Oakley, L., Kiesling, R., Pin, A., . . . Ostolaza, C. (2017). *Praecereus euchlorus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151800A121567726. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151800A121567726.en>.
- Madsen, J. E. (1989). Cactaceae. En G. Harling y L. Anderson (eds.), *Flora of Ecuador* 35, 1-79.
- Madsen, J. E., Mix, R., y Balslev, H. (2001). *Flora of Puna Island: Plant resources on a Neotropical Island*. Aarhus University Press. 289 pp.
- Madsen, J. E. (2002). Cactus en el sur del Ecuador. pp. 289 - 303 en: Aguirre, Z. et al. *Botánica Austroecuatoriana: Estudios sobre los Recursos Vegetales en las Provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe*. Ediciones Abya - Yala. Quito.
- Madsen, J. E. y Aguirre, Z. M. (2004). Cactus novelties from southern Ecuador. *Nordic Journal of Botany*, 23, 21-29. [10.1111/j.1756-1051.2003.tb00365.x](https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2003.tb00365.x)
- Madsen, J. E. y Montúfar, R. (2011). Cactaceae. Págs. 249 - 252, en: León - Yáñez, S., R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa y H. Navarrete (Eds.). 2011. *Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador*. Segunda Edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Morán, R. (1953). Taxonomic studies in the Cactaceae. I. Problems in classification and nomenclature. *Gentes Herbarum*, 8(4), 316-327.
- Ortega-Baes, P. y Godínez-Álvarez, H. (2005). Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation*, 15, 817-827. [10.1007/s10531-004-1461-x](https://doi.org/10.1007/s10531-004-1461-x)
- Ostolaza, C. (2014). *Todos los cactus del Perú*. Lima, Perú. 538 pp.
- Ostolaza, C., Cáceres, F., y Roque, J. (2017a). *Echinopsis pachanoi* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152445A121474583. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152445A121474583.en>.
- Ostolaza, C. y Loaiza, C. (2017b). *Cleistocactus icosagonus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152875A121492621. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152875A121492621.en>.
- Ostolaza, C. y Loaiza, C. (2017c). *Espostoa lanata* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151707A121504419. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151707A121504419.en>.
- Ostolaza, C. y Loaiza, C. (2017d). *Hyloceurus megalanthus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152619A121542612. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152619A121542612.en>.
- Ostolaza, C. y Loaiza, C. (2017e). *Melocactus bellavistensis* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151963A121515569. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151963A121515569.en>.
- Ostolaza, C. y Loaiza, C. (2017f). *Melocactus peruvianus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152665A121544297. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152665A121544297.en>.
- Ostolaza, C., Loaiza, C., y Nassar, J. (2017g). *Pilosocereus lanuginosus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151810A121568565. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151810A121568565.en>.
- Porras-Flórez, D., Albesiano, S., y Arrieta-Violet, L. (2017). El género *Opuntia* (Opuntioideae - Cactaceae) en el departamento de Santander, Colombia. *Biota Colombiana*, 18(2), 111-131. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18n02a07>
- Porras-Flórez, D., Albesiano, S., y Arrieta-Violet, L. (2020). Typification of the name *Opuntia soederstromiana* (Cactaceae), a new record for the Flora of Colombia. *Phytotaxa*, 452(2), 116-123. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.452.2.1>
- Ritter, F. 1981. *Kakteen in Sudamerika Band 4 – Peru*, Friedrich Ritter Selbstverlag, Spangenberg.
- Romero, J. E. (2016). Cacti from the lowlands of Lambayeque, Peru. *Cactus World*, 34(2), 117-124.
- Taylor, N. P. (1991). The genus *Melocactus* (Cactaceae) in Central and South America. *Bradleya*, 9, 1-80. <https://doi.org/10.25223/brad.n9.1991.a1>
- Taylor, N. P. (1997). Nomenclatural adjustments in *Copiapoa*, *Echinocereus*, *Escobaria* and *Praecereus*. *Cactaceae Consensus Initiatives*, 3, 8-10.
- Taylor, N. P. (2017). *Rhipsalis occidentalis* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T152959A121618928. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152959A121618928.en>.
- Taylor, N. P., Machado, M., Zappi, D., Braun, P., Pin, A., Oakley, L., . . . Ostolaza, C. (2017). *Epiphyllum phyllanthus* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T46520A121439239. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T46520A121439239.en>.

3.RLTS.T46520A121439239.en.

Terrazas, T., Hammel, B., Arreola, H., Ishiki, M., y Pizaña, J. (2017). *Pseudorhopsalis ramulosa* (Amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T151780A121566430. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T151780A121566430.en>.

Ulloa, C. y Neill, D. A. Cinco años de adiciones a la flora del Ecuador: 1999 - 2004. Missouri Botanical Garden / Herbario Nacional del Ecuador. Quito. 75 pp.

Valencia, R., Pitman, N., León-Yáñez, S., y Jörgensen, P. M. (Eds.). (2000). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. 489 pp.

Vaupel, F. (1913). "Cactaceae Andinae" *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 50(111), 12-31.

Weber, F. A. C. (1898). Bois, *Dictionnaire d'horticulture*, 2(28), 894.

Werner, F. A., Homeier, J., y Gradstein, S. R. (2005). Diversity of vascular epiphytes on isolated remnant trees in the montane forest belt of southern Ecuador. *Ecotropica*, 11, 21-40.

# Uso de QuitoMax® en el crecimiento y desarrollo de ajo (*Allium sativum* L.)

## *Use of QuitoMax® in the growth and development of garlic (*Allium sativum* L.)*

Annarellis Alvarez-Pinedo<sup>1,\*</sup>, Michel Soto-Izquierdo<sup>1</sup>, Dariellys Martínez-Balmori<sup>2</sup>, Humberto Izquierdo-Oviedo<sup>3†</sup> y Iván Castro-Lizazo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, annarellis@unah.edu.cu; ivanc@unah.edu.cu

<sup>2</sup> Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Habana, Cuba, dmbalmori@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba

\* Autor para correspondencia: annarellis@unah.edu.cu

Fecha de recepción del manuscrito: 08/11/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 01/02/2022

Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—La producción en Cuba de ajo (*Allium sativum* L.) es baja a pesar de que en este cultivo se consume una gran cantidad de fertilizantes químicos. Dentro de los bioestimulantes de producción nacional, con resultados beneficiosos en el crecimiento, rendimiento y la protección antiestrés en diferentes cultivos, se encuentra el QuitoMax®. De esta forma el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de QuitoMax® en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ajo clon ‘Criollo Víctor’ en condiciones de campo. Previo a la plantación manual en canteros, la “semilla” se desgranó y se realizó la inmersión de las mismas en diferentes concentraciones de QuitoMax® (1; 5 y 10 mg L<sup>-1</sup>) y a los 50 días después de plantado (ddp) se realizó una aplicación foliar con estas mismas concentraciones, se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. Se evaluaron los indicadores altura de la planta, número de hojas y contenido de clorofilas a los 70; 90 y 110 ddp. A los 120 ddp se determinaron los diámetros del cuello y ecuatorial del bulbo, número de bulbillos, masa fresca y seca del bulbo, así como el calibre, firmeza y el rendimiento. La mayoría de los indicadores evaluados se incrementaron con el uso del bioestimulante, la dosis más promisorio de QuitoMax® resultó ser la de 10 mg L<sup>-1</sup>. Este bioestimulante presenta potencialidades para insertarse en el sistema de producción del ajo.

**Palabras clave**—Ajo, Bioestimulantes, Productividad agrícola, Quitosana, Canteros.

**Abstract**—The production in Cuba of garlic (*Allium sativum* L.) is low despite the fact that a large amount of chemical fertilizers is consumed in this crop. Among the biostimulants of national production, with beneficial results in growth, yield and stress protection in different crops is QuitoMax®. In this way, the objective of this work was to evaluate the effect of the application of different doses of QuitoMax® on the growth and development of the Criollo Víctor clone garlic crop under field conditions. Prior to manual planting in flower beds, the “seed” was defatted and immersed in different concentrations of QuitoMax® (1; 5 and 10 mg L<sup>-1</sup>) and 50 days after planting (ddp) was made a foliar application with these same concentrations, an experimental design of randomized blocks with four treatments and three replicas was used. The indicators height of the plant, number of leaves and chlorophyll content were evaluated at 70; 90 and 110 ddp. At 120 ddp the neck and equatorial diameters of the bulb, number of bulbs, fresh and dry mass of the bulb, as well as the caliber, firmness and yield were determined. Most of the indicators evaluated increased with the use of the biostimulant, the most promising dose of QuitoMax® was found to be 1 mg L<sup>-1</sup>. This biostimulant has potential to be inserted in the garlic production system.

**Keywords**—Garlic, Biostimulants, Agricultural productivity, Chitosan, Beds.

## INTRODUCCIÓN

Se conoce que el ajo (*Allium sativum* L.), al igual que la cebolla (*Allium cepa* L.), es una planta que tuvo su origen en Asia Central. En Cuba se informan áreas dedicadas a su cultivo desde principios del siglo XIX, constituyendo uno de los cultivos más utilizado como condimento por la población cubana (Casanova et al., 2013).

No obstante, en nuestro país los rendimientos son muy bajos a pesar de que en su sistema productivo se aplican altos

volumenes de fertilizantes minerales y plaguicidas, lo que pone en dudas la sostenibilidad de estas producciones (Casanova et al., 2013).

Las propiedades terapéuticas y usos del ajo (*Allium sativum* L.) se conocen desde hace más de 3000 años, aunque se remite su uso desde 4000 años a.c. Esta planta hortícola milenaria es cultivada y consumida en todo el mundo, ya sea en la preparación de una infinidad de platillos o como componente de muchas recetas farmacéuticas (Casanova et al., 2013). En el mundo se cultivan más de 1 250 000 ha con una produc-

ción de 12 millones de toneladas y un rendimiento de 11,89 t ha<sup>-1</sup>. Los países de mayor producción de esta Aliácea son: China, India, Corea del Sur y España; y en Latinoamérica se destacan Argentina, Chile y México (FAOSTAT, 2017).

La reducción del uso de agroquímicos en un sistema productivo puede lograrse con la introducción de bioestimulantes los cuales incrementan el crecimiento y desarrollo de las plantas debido a la capacidad de mejorar la eficiencia de las plantas en la absorción y asimilación de nutrientes y la tolerancia a condiciones de estrés biótico y abiótico (Pupo *et al.*, 2016).

El Grupo de Productos Bioactivos (GPB) del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, ha estudiado un bioestimulante líquido a base de polímeros de quitosana obtenidos de quitina presente en el exoesqueleto de langosta cubana (*Panulirus regius* B.), cuyo nombre comercial es QuitoMax® (Falcón-Rodríguez *et al.*, 2015).

Este producto de producción nacional ha sido introducido y extendido en varios cultivos, fundamentalmente en granos y solanáceas de importancia económica, con resultados beneficiosos en el desarrollo, los rendimientos y la protección antiestrés (Du Jardin, 2015).

La aplicación de QuitoMax® en los sistemas productivos permite la estimulación de la germinación, el crecimiento y desarrollo de las plantas, a la vez que activan mecanismos de defensa en las mismas, los cuales están estrechamente relacionados con la inducción de resistencia sistemática al ataque de microorganismos (Morales *et al.*, 2016). Investigaciones relacionadas con el uso de QuitoMax® en el cultivo del ajo son escasas. Es por ello que en este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de QuitoMax® en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ajo clon ‘Criollo Víctor’ en condiciones de campo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Finca “La Jaula”, perteneciente al municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque. Se utilizaron “semillas” de ajo (*Allium sativum* L.) clon ‘Criollo Víctor’, proporcionados por un productor de San Nicolás de Bari. La plantación se realizó en canteros que contenía un suelo Pardo sialítico, según la clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015).

Los canteros se conformaron con el estiércol vacuno y suelo Pardo sialítico, utilizando 50% de cada uno, mezclando homogéneamente antes de levantar los mismos, con una dimensión de 20 m de largo; 1,40 m de ancho y 0,30 m de altura, se utilizaron cuatro canteros. Las “semillas” se plantaron manualmente con una densidad de plantación de 4 hileras a 20 cm x 10 cm entre plantas. Las atenciones culturales se realizaron según el Manual de Organopónico y Huertos Intensivos (INIFAT, 2010).

Las “semillas” se embrieron 24 horas en soluciones de QuitoMax® a concentraciones de 1; 5 y 10 mg L<sup>-1</sup> y en agua (tratamiento control) antes de la plantación. A los 50 días después de plantado (ddp) se realizaron aplicaciones foliares con las mismas concentraciones del bioestimulante, utilizando el grupo de plantas control con agua, para un total de cuatro tratamientos. Durante todo el experimento se realizó en días alternos el riego con regadera de 10 L de capacidad

y la eliminación de plantas arvenses mediante el escarde manual. Se utilizó el formulado de quitosano, conocido como QuitoMax® (RCF 010/17, Registro Central de fertilizantes de Cuba) es un bioestimulante líquido a base de polímeros de quitosano y sales químicas, que es obtenido por el Grupo de Productos Bioactivos del INCA (Falcón-Rodríguez *et al.*, 2015).

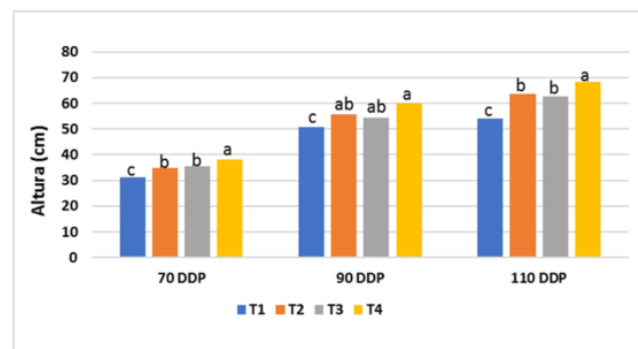
A los 70; 90 y 120 días después de plantado (ddp) el ajo, fueron evaluados los indicadores altura de las plantas, número de hoja. Se cuantificó a los 90 y 120 ddp con un medidor portátil modelo SPAD-502, Minolta el contenido de clorofilas. Las unidades SPAD (Soil Plant Analysis Development) obtenidas son proporcionales al contenido de clorofilas en las hojas. La cosecha se realizó a los 120 ddp, se seleccionaron 10 plantas al azar de cada tratamiento y repetición, para determinar los indicadores: diámetro del cuello del bulbo (cm), diámetro ecuatorial del bulbo (cm), número de bulbillos, masa fresca y seca del bulbo (g).

Además se determinó el rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) y se realizó la valoración económica con la evaluación de los indicadores: Costo de producción ( $\$ha^{-1}$ , valor de la producción (ha<sup>1</sup>), Beneficio (ha<sup>-1</sup>) y relación Beneficio/Costo (B/C) (Trujillo *et al.*, 2007) y con el uso de la información básica del listado oficial de precios del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA, 2021) y del Ministerio de la Agricultura (MINAG, 2021) para el precio del QuitoMax® (30,00  $\$ha^{-1}$ ) y el precio de venta del ajo (13,50  $\$/lb^{-1}$ ) respectivamente.

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas. Los datos fueron tabulados y graficados utilizando la herramienta Excel de Microsoft Office (2019), estos datos se procesaron mediante un Análisis de Varianza de Clasificación Simple (ANOVA) y la comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 95% de confianza cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos, se empleó el paquete estadístico STATGRAPH Versión 5.1.

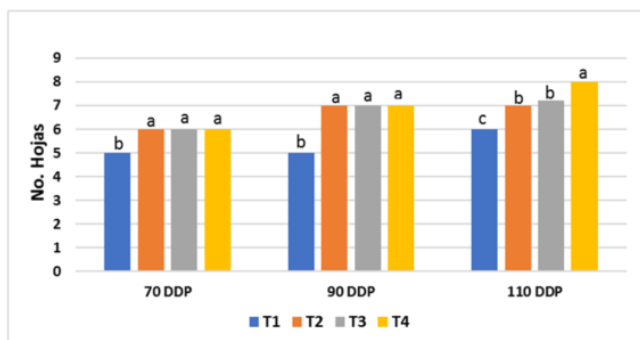
## RESULTADOS

En la figura 1 se muestran los resultados para el indicador altura de la planta a los 70, 90 y 110 días después de plantado el cultivo del ajo.



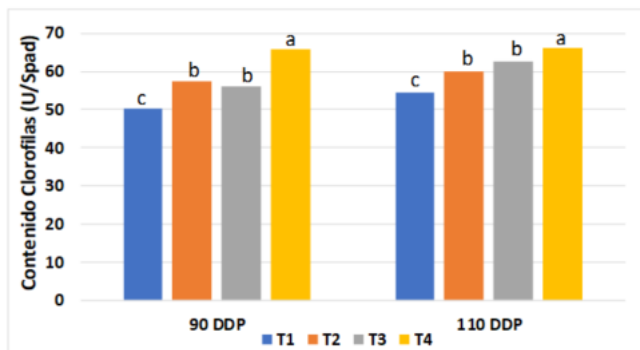
**Fig. 1:** Altura de las plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulante del crecimiento QuitoMax®, evaluadas a los 70, 90 y 110 días después de plantado (ddp) donde T1: Control, T2: 1 mg L<sup>-1</sup>, T3: 5 mg L<sup>-1</sup> y T4: 10 mg L<sup>-1</sup>. CV (70)=7,39%, Sx=0,33; CV (90)=7,30%, Sx=1,17; CV(110)=8,38%, Sx=1,02. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95%.

En la figura 2 se presentan los resultados para el indicador número de hojas a los 70, 90 y 110 días después de plantado el cultivo de ajo.



**Fig. 2:** Número de hojas de las plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulador del crecimiento QuitoMax®, evaluadas a los 70, 90 y 110 días después de plantado (DDP) donde T1: Control, T2: 1 mg L-1, T3: 5 mg L-1 y T4: 10 mg L-1. CV(70)=9,32 %, Sx=0,11; CV(90)=13,67 %, Sx=0,20; CV(110)=10,23 %, Sx=0,15. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95 %.

En la figura 3 se presenta el contenido de clorofilas en las hojas, pigmentos encargados de la captación de la energía lumínica y su conversión en energía química (fotosíntesis), de plantas de ajo tratadas con diferentes dosis del bioestimulante QuitoMax® a los 90 y 110 días después de plantado.

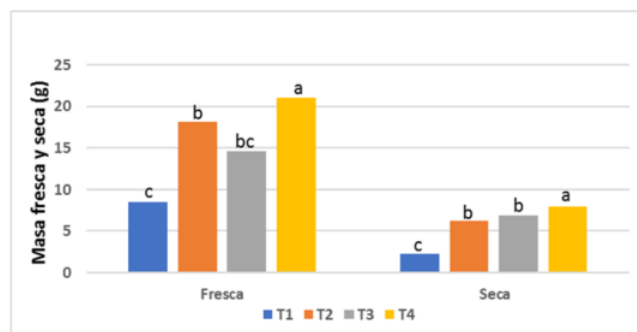


**Fig. 3:** Contenido de clorofilas en hojas de plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulador del crecimiento QuitoMax® a los 90 y 110 días después de plantado (DDP) donde T1: Control, T2: 1 mg L-1, T3: 5 mg L-1 y T4: 10 mg L-1. CV=6,62 %, Sx=5,80; CV=7,21 %, Sx=4,75. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95 %.

**Tabla 1:** Diámetro ecuatorial del bulbo y número de bulbillos de plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratados con diferentes concentraciones del bioestimulante QuitoMax®.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial del bulbo (cm)	Número de bulbillos
T1	2,768 c	17,8 ab
T2	3,454 ab	19,8 c
T3	3,100 bc	20,6 a
T4	3,684 a	23,2 bc
Sx	0,09	1,406
CV (%)	0,35	1,22

En la figura 4 se presentan los resultados para los indicadores masa fresca y seca de los bulbos de plantas de ajo tratadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®.



**Fig. 4:** Masa fresca y seca de bulbos de las plantas de ajo clon ‘Criollo Víctor’ tratadas con diferentes concentraciones del bioestimulador del QuitoMax® donde T1: Control, T2: 1 mg L-1, T3: 5 mg L-1 y T4: 10 mg L-1. CV=11,14 %, Sx=1,44; CV=12,36 %, Sx=0,41. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey 95 %.

En la Tabla 2 se presenta el rendimiento agrícola del ajo clon ‘Criollo Víctor’ en cada uno de los tratamientos.

**Tabla 2:** Rendimiento de la producción de ajo cultivar ‘Criollo Víctor’ y valoración económica del uso de concentraciones de QuitoMax®.

Tratam.	R (t ha <sup>-1</sup> )	Vp (\$ ha <sup>-1</sup> )	Cp (\$ ha <sup>-1</sup> )	B (\$ ha <sup>-1</sup> )	B/C
T1	1,55	1,89	1,63	0,26	0,16
T2	4,45	5,40	1,76	3,64	2,07
T3	6,05	7,43	1,72	5,58	3,01
T4	7,05	8,64	1,85	6,92	4,02

## DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestran los valores de altura de la planta, a los 70 y 110 DDP donde el T4 fue el que alcanzó mejor altura, seguido de T2, T3 y T1. A los 90 DDP no existieron diferencias significativas entre T4, T3, T2, siendo el menor valor el de T1. De manera general, en todos los momentos de evaluación el uso de las diferentes concentraciones de QuitoMax® incrementa significativamente este indicador.

Estos valores de altura de la planta se encuentran dentro del rango de valores informados en la literatura para otros clones de ajo (Argüello et al., 2006; Fawzy et al., 2012). Sin embargo, Izquierdo† y Gómez, 2012 informaron un rango de 28,5-29,5 cm para la altura del follaje en el clon ‘Criollo-9’. Según estos autores en Cuba se conocen diferentes clones con el término “Criollo”, los que se fueron mezclando a través del tiempo lo que explicaría los resultados de este trabajo, ya que en esta investigación se trabajó con el clon ‘Criollo Víctor’.

En la figura 2 se presentan los resultados para el indicador número de hojas a los 70 y 90 DDP los tratamientos T4, T3 y T2 no existieron diferencias significativas entre ellos, pero sí en cuanto al T1. A los 90 ddp se alcanzó el número máximo posible de hojas emitidas, ya que a partir de este momento los asimilatos de las hojas se traslocan hacia la formación

del bulbo. Entre los 30-60 días después de plantado ocurre el crecimiento intenso de las hojas.

A los 110 días después de plantado el cultivo de ajo, todas las concentraciones de QuitoMax® ensayadas fueron significativamente superiores al control en los tres momentos de evaluación, a excepción de la concentración del control (T1). Los valores obtenidos en este trabajo de 8 hojas a los 110 ddp, para los tratamientos con QuitoMax®, son inferiores a los informados por otros autores (Argüello *et al.*, 2006), quienes informaron que con bulbillos de la variedad 'Chinese' tratados con Chito-Care®, un producto comercial de quitosana de Egipto, obtuvieron valores de número de hojas entre los 7,50-7,75 a los 120 ddp el cultivo. No obstante, el aumento del número de hojas con el uso del bioestimulante de quitosana, posibilitaría un aumento del área foliar en estas plantas permitiendo hacer un uso más eficiente de las radiaciones solares y por consiguiente incrementar aquellos procesos dependientes de la luz como por ejemplo la fotosíntesis.

En la figura 3 se presenta el contenido de clorofilas en las hojas, de plantas de ajo tratadas con diferentes dosis del bioestimulante QuitoMax® a los 90 y 110 días después de plantado se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con respecto al tratamiento control T1, es posible apreciar un incremento gradual de unidades SPAD a medida que aumenta la concentración del bioestimulante QuitoMax®.

Los valores de unidades SPAD encontrados en este trabajo son inferiores a los informados por otros autores (Izquierdo† y Gómez, 2012), quienes informan valores en un rango de 69,4-75,2 unidades SPAD en hojas de plantas de ajo, variedad 'Sids 40', tratadas con bioestimulantes a través de aspersión foliar. Estos autores realizaron tres aplicaciones foliares de los bioestimulantes a los 30, 60 y 90 días después de plantado el ajo y en la primera campaña (2013-2014) verificaron una estimulación del contenido de clorofilas con el uso de los bioestimulantes, ya en la segunda (2014-2015) no se encontraron diferencias entre los tratamientos.

Este comportamiento de un mayor contenido de pigmentos fotosintéticos a los 90 y 110 DDP, se corresponde con los resultados obtenidos por Oliveira *et al.*, (2018). Estos autores evaluaron las características morfofisiológicas y productivas de 20 accesiones de ajo 'Amarante', del Banco de Germoplasma Vegetal de la Universidad Federal de Viçosa en Brasil, y reportan valores de unidades SPAD entre 48,83-56,62 a los 87 DDP y entre 56,41-66,97 a los 114 DDP. También señalan la importancia de la acumulación de fotoasimilados en el seudotallo para su posterior traslocación a los bulbillos, e indican que el aumento en peso seco de los bulbos de accesiones con altas producciones se explica por la traslocación de asimilados y no por la tasa de asimilación neta del bulbo. En este sentido, el incremento del contenido de clorofilas a los 90 DDP (Figura 3) con el uso del QuitoMax® pudiera ser indicativo de un incremento de fotoasimilados, y por consiguiente de la producción de biomasa.

La fase de llenado del bulbo y la diferenciación de los bulbillos, las que ocurren al mismo tiempo, dependen del crecimiento de la parte aérea (Argüello *et al.*, 2006), aspecto este que se verifica en los resultados obtenidos en nuestro trabajo para el indicador diámetro ecuatorial del bulbo presentados en la Tabla 1, en la que se observa un incremento

de dichos indicadores con el uso del polímero de quitosana QuitoMax®.

Los valores del diámetro ecuatorial del bulbo se encuentran dentro del rango, informados en la literatura para este clon (Izquierdo† y Gómez, 2012) y son superiores a los obtenidos por Pupo *et al.*, (2016) en la campaña 2013-2014, quienes aplicaron los productos FitoMas-E® y Ecomic®, el primero mediante aspersiones foliares y el segundo a través del recubrimiento de las "semillas". El aumento de este indicador en plantas cultivadas con bioestimulantes se ha informado por varios autores (Burba, 1997; Shafeek *et al.*, 2015; Pupo *et al.*, 2016). Con la aplicación del QuitoMax® pudiera tener una implicación comercial y económico importante una vez que el bulbo es el atributo comercial de este cultivo.

La calidad del bulbo puede ser medida a través del calibre, que es una clasificación atendiendo al diámetro ecuatorial del bulbo (MINAG, 2021). Según el rango de valores informados por Izquierdo† y Gómez, (2012) para el diámetro ecuatorial del bulbo (34-39 mm), el calibre de los bulbos de este clon puede ser tanto de 3 como de 4, lo que se corresponde con nuestros resultados ya que bulbos con calibre 5 no fueron encontrados. El porcentaje de bulbos con calibre 4 solamente se presenta en las plantas tratadas con las dosis del bioestimulante QuitoMax®, permitiendo los porcentajes de 19,8; 20,6 y 23,2 para las concentraciones de 1 mg L-1(T2), 5 mg L-1(T3) y 10 mg L-1 (T4), respectivamente.

En cuanto al número de bulbillos, nuestros resultados se corresponden con el rango de valores informados en la literatura (15 a 30 bulbillos) para el clon 'Criollo' (Zaki *et al.*, 2014). Es necesario señalar que los tratamientos con un menor número de bulbillos (T2 y T3) se corresponden con bulbillos de mayor tamaño.

Aunque el aumento del contenido de clorofilas (Figura 3) no es indicativo de un aumento del proceso fotosintético, el efecto de la quitosana pudiera atribuirse a un aumento de enzimas claves del metabolismo del nitrógeno (N), como por ejemplo el nitrato reductasa y glutamina sintetasa participantes en la reducción del NO<sub>3</sub>- y la asimilación del NH<sub>4</sub><sup>+</sup> respectivamente. También pudiera elevarse la actividad respiratoria producida por un aumento de sustratos respiratorios emergentes de la fotosíntesis. El beneficio en la fotosíntesis y la respiración con el uso de QuitoMax® traería como consecuencia un incremento en la producción de biomasa.

El bulbo es el órgano donde se acumulan las sustancias nutritivas (Zaki *et al.*, 2014), las que provienen del proceso fotosintético, por consiguiente, la masa seca del bulbo dependerá del desarrollo de la parte aérea (MINAG, 2021), que en nuestro trabajo (Figuras 1-3) fue beneficiada con el uso de las diferentes dosis del bioestimulante. En la figura 4 se presentan los resultados para los indicadores masa fresca y seca de los bulbos de plantas de ajo tratadas con diferentes concentraciones de QuitoMax®. Para el indicador masa fresca el tratamiento con el mayor valor (T4), seguido de los tratamientos T2 y T3 superaron significativamente al control.

Los valores de masa fresca del bulbo (8,5-21,10 g) se encuentran por debajo de los informados por Izquierdo y Gómez, (2012) de 28,4-37 g para este clon. Así como también a los obtenidos por Fawzy *et al.*, (2012) en las campañas 2009-2010 (49,22-51,23 g) y 2010-2011 (47,34-48,42 g) con ajo de la variedad 'Chinese' tratados con un producto comercial de quitosana, Chito-Care®.

No obstante, se encuentran dentro del rango de valores informados por Pupo et al., (2016) en las campañas 2011-2012 (18-23 g) y 2013-2014 (8-11 g). Estos autores justifican la diferencia encontrada entre las campañas a las condiciones climáticas imperantes y debido a la incidencia de *Thrips tabaci* L. (índice de infección del 25 % en la campaña 2013-2014). Para el indicador masa seca si se encuentran diferencias significativas, siendo los tratamientos con QuitoMax® de 1; 5 y 10 mg L-1 superiores al tratamiento control, exhibiendo la concentración de 10 mg L-1 el valor más elevado de masa seca. Este comportamiento, en general, se corresponden con los resultados del contenido de clorofilas a los 90 y 110 DDP (Figura 3).

Según Zaki et al., (2014) ocurre una pérdida de masa en el bulbo después de curado y que esta pérdida varía en función del clon de ajo.

Para el caso de la masa seca, este indicador no es de los que usualmente se reportan en los trabajos consultados acerca del uso de bioestimulantes en el cultivo del ajo. Los valores obtenidos en este trabajo para este indicador son comparables a los reportados por Oliveira et al., (2018) para 20 accesiones de ajo 'Amarante'.

La utilización de las diferentes dosis de QuitoMax® provocó un aumento de los indicadores altura de la planta, número de hojas, contenido de clorofilas, diámetro del bulbo y masa fresca del bulbo, estos dos últimos atributos son de gran importancia para la comercialización y consumo de este producto agrícola.

En la Tabla 2 se presenta el rendimiento agrícola del ajo clon 'Criollo Víctor' en cada uno de los tratamientos. Como se observa con el uso del QuitoMax® se obtiene un mayor rendimiento, que en efecto el tratamiento de la concentración de 10 mg L-1 fue el de mayor valor. A excepción del tratamiento control, con el cual se obtuvo un bajo rendimiento con un valor menor al de la media informada en el país, que es de 2 t ha-1 (Casanova et al., 2013), el resto de los tratamientos exhiben rendimientos entre las 4 y 7 t ha-1, rango que informaron Muñoz et al., 2010 para los clones más utilizados en el país ('Criollo' y 'Vietnamita') y las condiciones edafoclimáticas de Cuba.

Los rendimientos obtenidos en este trabajo están por debajo del potencial informado para el clon 'Criollo-9' de 16,8 t ha-1 (Izquierdo† y Gómez, 2012) y para el cultivar 'HOV-1' proveniente de Vietnam de 11,9 t ha-1 (Izquierdo†, 2017). No obstante, son superiores a los obtenidos por otros autores (Pupo et al., 2016), quienes evaluaron la influencia de un biofertilizante y un bioestimulante obtuvieron rendimientos entre las 3,65-4,54 t ha-1 en la campaña 2011-2012 y entre las 1,71-2,10 t ha-1 en la campaña 2013-2014. Es posible que los rendimientos obtenidos en este trabajo estén condicionados por el clon, la densidad de población, así como las condiciones del cultivo.

Es conocido que la aplicación de fertilizantes químicos incrementa el crecimiento y la productividad de los cultivos, sin embargo, la eficiencia en la absorción y uso de los nutrientes a veces es limitada y esta situación pudiera ser revertida con el uso de bioestimulantes. El QuitoMax® podría ser una alternativa para la sostenibilidad de la producción de ajo en nuestro país, en la que se aplican altos volúmenes de insumos para el manejo de plagas y fertilización (Falcón-Rodríguez et al., 2015).

Los resultados de la relación B/C (tabla 2) indican que con el tratamiento control (T1) donde no se empleó el bioestimulante no hay ganancia alguna, que con el uso de la dosis de 1 mg L-1 (T2) se obtiene una ganancia del 100 % (B/C=2), mientras que con los tratamientos T4 y T3, concentración de QuitoMax® de 5 y 10 mg L-1, respectivamente, las ganancias son bien notables (Trujillo et al., 2007).

Nuestros resultados indican que el QuitoMax® en cualquiera de las concentraciones ensayadas fue efectivo en la productividad biológica y agrícola del ajo en las condiciones edafoclimáticas de esta investigación, por lo que pudiera implementarse su uso como una alternativa agroecológica para los fertilizantes químicos. El uso del QuitoMax® constituiría un ahorro considerable de divisas, al disminuir la importación de fertilizantes químicos, además de contribuir con el medioambiente al reducir la carga tóxica que la aplicación de estos últimos conduce.

## CONCLUSIONES

La aplicación de las diferentes concentraciones del bioestimulante QuitoMax® incrementó significativamente los indicadores de productividad biológica y productivos del ajo evaluados. La concentración de 10 mg L-1 resultó la de valores más promisorios.

El rendimiento del ajo se beneficia con el uso del bioestimulante QuitoMax®.

El QuitoMax® constituye una alternativa económicamente viable para la producción de ajo.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización, AP, MS, DM, HI†, IC; metodología, AP, DM y HI†; análisis formal, AP, DM y HI†; investigación, AP, MS, DM y HI†; recursos, AP, DM y HI†; curación de datos, AP, MS, DM y HI†; redacción y preparación del borrador original, AP, DM y HI†; redacción, revisión y edición, AP.

## FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado con financiamiento propio y por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), con el Proyecto: Mejoramiento genético del ajo para mitigar los efectos adversos del clima y contribuir a la seguridad alimentaria con resolución P131LH001308.

## REFERENCIAS

Argüello, J.A., Ledesma, A., Nuñez, S.B., Rodríguez, C.H., Díaz, M.C.G. (2006) Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield and quality of Rosado Paraguayo Garlic Bulbs. HortScience 41(3): 589-592.

Burba, J.L. (1997). Obtención de nuevos cultivares de ajo. En: Burba, J.L. (ed.), pp. 49-56. Cincuenta Temas Sobre la Producción Ajo. Volumen 2. La Consulta, Mendoza, Argentina. Casanova, S., Moreno, V., León, M., Igarza, A., Duarte, C., Jimenez, I., Santos, R.,

Navarro, A. (2013). Manual para producción protegida de hortalizas (I). Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana

Dimitrova. MINAGRI. Viceministerio de Cultivos Varios, La Habana, Cuba.

Du Jardin, P. (2015). Review. Plant bioestimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196, pp: 3–14.

Falcón-Rodríguez, A.B., Costales, D., González Peña, D., Nápoles, M. C. (2015). Reseña bibliográfica Nuevos Productos Naturales para la Agricultura: Las Oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. especial, pp. 111-129, ISSN: 1819-4087.

FAOSTAT (2017). Anuario de Producción de la FAO. Fecha de Búsqueda: 2 de febrero de 2019. Fawzy, Z.F., El-Shal, Z.S., Yunsheng, L., Zhu, O., Sawan, O.M. (2012). Response of Garlic (*Allium Sativum*, L.) Plants to Foliar Spraying of Some Bio-Stimulants Under Sandy Soil Condition. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(2): 770-776.

Hernández, A. J; Pérez, J.M.J., Bosch, D.I., Castro, N.S. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ediciones INCA, Cuba 2015. ISBN: 978-959-7023-77-7. 93p.

INCA. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (2021). Ficha de costo QuitoMax®. Departamento de Economía. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

INIFAT: Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. (2010). Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. Ciudad de La Habana. Cuba. ACTAF, p. 6-23.

Izquierdo†, H. (2017). New cultivar report ‘HOV-1’, an introduced garlic clone of Vietnam and adapted to cuban climate. *Cultivos Tropicales*, 38(4), p131.

Izquierdo†, H. and Gómez, O. (2012). Informe de variedades ‘Criollo-9’, un cultivar de ajo resistente a las enfermedades fitopatógenas y elevado potencial de rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 33 (2), p. 68.

MINAG. Ministerio de la Agricultura. 2021. Listado oficial de precios de semillas. Empresa Comercializadora de semillas Mayabeque, 11 p.

Morales, D.G.; DellAmico, J.; Jerez, E.; Díaz, Y. y Martín, R. (2016). Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(1): 142-147.

Muñoz, L., Almaguel, L., Benítez, M.; Brito, G., Cáceres, I., Castellanos J.J., Fraga, S., Gil, J.F., López, M. Prats, A. (2010). El cultivo y Mejoramiento de la producción de ajo en Cuba. *Agricultura Orgánica*, 1: 18-21.

Oliveira, N.L.C, Puiatti, M., Finger, F.L., Fontes, P.C.R, Cecon, P.R., Moreira, R.A. (2018). Growth and yield of ‘Amarante’ garlic accessions. *Rev. Ceres*, Viçosa, 65(6):481-490.

Pupo, C.F., Ramírez, G.G., Carmentate, O.F., Peña, L.M., Pérez, V.L., Rodríguez, E. (2016). Respuesta del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) a la aplicación de dos bioproductos en las condiciones edafoclimáticas del centro este de la provincia Las Tunas, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 37(4): 57-66.

Shafeek, M.R., Ali, A.H., Mahmoud, A.R., Hafez, M.M., Rizk, F.A. (2015). Improving Growth and Productivity of Garlic Plants (*Allium sativum*L.) as Affected by the Addition of Organic Manure and Humic Acid Levels in Sandy Soil Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4 (9): 644-656.

Trujillo, C.; Cuesta, E.; Díaz, I.; Pérez, R. (2007). Libro de texto Economía Agrícola para las carreras de Agronomía e Ingeniería Agropecuaria. Universidad Agraria de la Habana. 334 p.

Zaki, H.E.M., Toney, H.S.H., AbdElraouf R.M. (2014). Response of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.) to inorganic and organic fertilization. *Nature and Science*, 12(10):52-60.



# Lactancia materna como factor protector de infecciones respiratorias altas

## *Breastfeeding as a protective factor for upper respiratory infections*

Napoleón Alverca-Ordóñez<sup>1,\*</sup>, Natasha Samaniego-Luna<sup>1</sup> y Verónica Montoya-Jaramillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

kevin.alverca@unl.edu.ec, natasha.samaniego@unl.edu.ec, veronica.montoya@unl.edu.ec

\* Autor para correspondencia: kevin.alverca@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 28/05/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 08/06/2022

Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—La lactancia materna como factor protector de las infecciones respiratorias altas; fue un estudio transversal con un enfoque cuantitativo que tuvo como finalidad conocer la influencia de la lactancia materna en relación con desarrollar infecciones respiratorias altas en niños de 0 a 18 meses de edad en el Centro de Salud de Vilcabamba. De los 122 casos estudiados mediante encuestas y revisión de historias clínicas, se logró comprobar que aproximadamente el 63,12%, mantenía prácticas de lactancia materna exclusiva al menos por los seis primeros meses de vida, aspecto que repercutió beneficiosamente sobre el riesgo de padecer una infección del tracto respiratorio alto, ya que de los pacientes estudiados solo existieron 10 casos de infección, siendo el resfriado común y la faringitis no especificada, las enfermedades respiratorias prevalentes. Al realizar el análisis de las variables y mediante la prueba de asociación estadística Odds Ratio, valiéndonos del programa informático Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), se logró obtener una relación estadísticamente significativa de OR 0,11 (IC 0,04 – 0,29), concluyendo de esta forma que la lactancia materna es un factor protector de las infecciones que afectan el tracto respiratorio alto durante los seis primeros meses de vida.

**Palabras clave**—Leche materna, Leche de tarro, Fórmula maternizada, Resfriado común.

**Abstract**—Breastfeeding as a protective factor of upper respiratory infections it was a descriptive study with a quantitative approach that aimed to understand the influence of breastfeeding on high respiratory infections in children aged 0 to 18 months at the Vilcabamba Health Centre. Of the 122 cases studied through surveys and review of their medical records, it is clear to verify that approximately 63.12%, maintains exclusive breastfeeding practices for at least the first six months of life, which has a beneficial impact on the risk of developing an upper respiratory tract infection because of them there were only 10 cases of infection, with the common cold and pharyngitis, not specified the most prevalent diseases. By performing the analysis of the variables and by means of the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) statistical association test, we achieve a statistically significant ratio of OR 0,11 (IC 0,04 – 0,29), the concluding in this way that breastfeeding is a protective factor of infections that affect the high respiratory tract during the first six months of life.

**Keywords**—Breast milk, Jar milk, Formula, Common cold.

## INTRODUCCIÓN

La lactancia materna durante la primera etapa de la vida desempeña una función fundamental en la prevención de enfermedades que podrían desencadenarse durante la vida adulta. (Kliegman *et al.*, 2016) De la misma manera, en la localidad, las infecciones respiratorias del tracto respiratorio alto constituyen la primera causa de morbimortalidad en el lactante; Astudillo y colaboradores, han demostrado la contribución y beneficio que tiene la leche materna en la disminución de la morbilidad y mortalidad de enfermedades respiratorias en países desarrollados. (Astudillo *et al.*, 2016).

Debemos tomar en consideración que, a nivel local, no suele practicarse la lactancia materna exclusiva; ya que los infantes también son alimentados con la llamada “leche maternizada” o “leche de tarro” a la cual se denomina lactancia

materna mixta o combinada (Bueno *et al.*, 2016; Tello *et al.*, 2017) misma que representan un fuerte gasto económico para los padres (May-Díaz *et al.*, 2015).

En países como Ecuador, hay un gran sesgo de información, por falta de investigaciones en esta área (Pablos *et al.*, 2015). Pero, la literatura científica pone en irrefutable evidencia el hecho de que la lactancia materna es un factor protector a fin de evitar infecciones respiratorias agudas altas, siendo las más frecuentes el resfriado común, la faringoamigdalitis, la otitis media y la laringitis, sin embargo, fue precisamente este vacío lo que constituyó motivación para plantear este estudio.

En la parroquia Vilcabamba, lugar donde no existe el mismo grado de promoción de la información con respecto a las políticas utilizadas por el Estado en cuanto a prácticas de lac-

tancia materna exclusiva, se convirtió en grupo vulnerable y fueron los principales beneficiarios con la conclusión el presente trabajo investigativo.

Se planteó como objetivo general: conocer la influencia de la lactancia materna en relación al desarrollo de infecciones respiratorias altas en los niños de 0 a 18 meses de edad en el Centro de Salud de Vilcabamba; del mismo que derivan como objetivos específicos: Identificar el tipo de alimentación (lactancia materna exclusiva, combinada con fórmulas maternizadas o solamente leche maternizada); Establecer la frecuencia de Infecciones de vías respiratorias en el mismo grupo etario y lugar previamente mencionados y posteriormente relacionar el tipo de alimentación con infecciones respiratorias altas a través de métodos estadísticos

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación fue realizado en el Centro de Salud de Vilcabamba en la Avenida Eterna Juventud E682 en la ciudad de Vilcabamba, en la parroquia de Vilcabamba, del cantón Loja. Fue un estudio descriptivo con un enfoque cuantitativo. Se realizó la investigación con todo el universo constituido por lactantes de 0 y 18 meses de edad residentes en la parroquia de Vilcabamba, atendidos en el centro de salud del sector, entre los meses de agosto y octubre del 2019, con un total de 122 casos registrados. Se tomaron en cuenta los criterios de inclusión: niños residentes dentro de los límites de la parroquia Vilcabamba, padres de familia que deseen ser partícipes de la investigación, niños atendidos en el Centro de Salud de Vilcabamba y posean una Historia Clínica.

Para la recolección de información se recurrió a la utilización del instrumento adaptado por el autor denominado: alimentación e infecciones respiratorias altas en niños de 0 a 18 meses de edad; para determinar el tipo de lactancia que recibió el niño, duración de lactancia materna exclusiva y si ha existido algún tipo de infección de las vías respiratorias altas, lo cual se corroboró con las historias clínicas de cada uno de los participantes; para dicha finalidad se usó un lenguaje comprensible y acorde al grupo en estudio. Después de obtener la información mediante encuestas, visitas domiciliarias realizadas y revisión de historias clínicas se clasificaron los datos recolectados, se tabularon los datos mediante el programa Microsoft Excel y se aplicó la técnica estadística inferencial de comparación de proporciones Chi cuadrado de Pearson y Odds Ratio y utilizando el programa informático Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), se realizó el análisis de variables. Finalmente, mediante gráficas y tablas se expusieron los resultados obtenidos.

## RESULTADOS

El tipo de alimentación mostró porcentajes contrastantes, aproximadamente el 63,12% de la población tuvo una alimentación basada en lactancia materna exclusiva durante los primeros 6 meses de vida (Tabla 1). En lo referente a la frecuencia de infecciones de vías respiratorias altas en los niños de 0 a 18 meses de edad, la enfermedad respiratoria de mayor incidencia fue el resfriado común con un 19,67% (Tabla 2).

De los 122 infantes investigados se logra determinar que 77 niños recibieron lactancia materna exclusiva y de los cuales solo 10 presentaron algún tipo de patología respiratoria

alta, dato que fue utilizado para posterior acuerdo al análisis estadístico obteniendo un OR 0,11 (IC 0,04 – 0,29), que indica que la lactancia materna es un factor protector para infecciones respiratorias altas en los primeros 6 meses de vida.

**Tabla 1:** Tipo de alimentación en niños de 0 a 18 meses de edad en el Centro de Salud de Vilcabamba, agosto-octubre de 2019

Tipo de Alimentación	Frecuencia	Porcentaje %
Lactancia Materna Exclusiva	77	63,12
Lactancia Materna más Leche maternizada	39	31,96
Leche Maternizada	6	4,92
TOTAL	122	100

**Tabla 2:** Frecuencia de infecciones de vías respiratorias altas en los niños de 0 a 18 meses de edad en el Centro de Salud de Vilcabamba, agosto-octubre de 2019.

Enfermedad	Frecuencia	Porcentaje %
Resfriado Común	24	19,67
Otitis Media	2	1,64
Faringitis	9	7,38
Laringitis	0	0,00
Sin patología	87	71,31
TOTAL	122	100

**Tabla 3:** Relación de lactancia materna exclusiva con infecciones de vías respiratorias altas en los niños de 0 a 18 meses de edad en el Centro de Salud de Vilcabamba, agosto-octubre de 2019.

	Infección Respiratoria		
	Sí	No	Total
Lactancia Materna	10	67	77
	25	20	45
Total	35	87	122

## DISCUSIÓN

La presente investigación constata la existencia de la relación entre el tipo de alimentación y la incidencia de patologías de carácter respiratorio prevalente en el grupo etario de 0 a 18 meses de vida. De los 122 casos estudiados mediante encuestas y revisión de historias clínicas, se logró comprobar que aproximadamente el 63,12%, mantenía prácticas de lactancia materna exclusiva al menos por los seis primeros meses de vida, aspecto que repercutió beneficiosamente sobre el riesgo de padecer una infección del tracto respiratorio alto, ya que de los pacientes estudiados solo existieron 10 casos de infección, siendo el resfriado común y la faringitis, no especificada las enfermedades respiratorias más prevalentes.

Al realizar el análisis de las variables y mediante la prueba de asociación estadística Odds Ratio, valiéndonos del programa informático Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), se logró obtener una relación estadísticamente significativa de OR 0,11 (IC 0,04 – 0,29), concluyendo de esta forma que la lactancia materna es un factor protector de las infecciones que afectan el tracto respiratorio alto durante los seis primeros meses de vida.

En el estudio de Bueno y colaboradores (2016) determinaron que el tipo de lactancia en el momento de la infección respiratoria no fue un factor de riesgo para infecciones respiratorias ( $\chi^2 = 0,052$ ;  $p = 0,820$ ). Sin embargo, sí lo fue la duración de la misma. Si se toma como referencia la duración de la lactancia materna exclusiva más de 90 días: el riesgo de infección se multiplica por cinco (IC 95%: 2,073-12,19) si dura menos de un mes, por 9,8 (IC 95%: 4,065-23,660) si dura entre 30-60 días y por 3,4 (IC 95%: 1,280-9,198) si dura entre 60-90 días. (Bueno *et al.*, 2016), siendo así que contrasta con los resultados obtenidos reafirmando que los niños que lactaron durante los primeros 6 meses de vida tienen menos riesgo de padecer algún tipo de infección del tracto respiratorio alto.

Bueno y colaboradores (2016) llegan a la conclusión de que prolongar la lactancia materna exclusiva más de 90 días resulta ser un factor protector contra las infecciones respiratorias y que no existe ningún beneficio significativo cuando la lactancia dura menos de 90 días, hecho que se corroboró en la presente investigación (Bueno *et al.*, 2016).

En otra investigación realizada por Buñuel (2014), determinó que una duración de la lactancia materna exclusiva menor a dos meses se asocia con un mayor número de utilización de servicios sanitarios por infección del tracto respiratorio inferior y superior; más de cuatro consultas al médico de atención primaria y/o en el hospital y/o ingresos hospitalarios: OR: 1,43 (IC 95%: 1,02- 2,01). Una duración de la lactancia materna combinada con leche maternizada menor a seis meses también se asoció a una mayor incidencia de infección del tracto respiratorio inferior: OR: 1,46 (IC 95%: 1,07- 2). A su vez los autores afirman que no existe relación entre la duración de la lactancia materna (exclusiva o combinada con fórmula maternizada) y la incidencia de ingresos hospitalarios por infección del tracto respiratorio inferior (lactancia materna exclusiva menor a 2 meses: OR: 1,85; IC 95%: 0,79- 4,34. lactancia materna combinada menor a 6 meses: OR: 2,05; IC 95%: 0,88- 4,76). En este punto se difiere de dichos autores debido a que en el estudio se logra demostrar que la diferenciación entre lactancia materna exclusiva y las así llamadas mixtas tienen un impacto en los niños, siendo así que solo los que recibieron seno materno tuvieron la protección que se esperaba (Buñuel, 2014).

A su vez al cotejar dicho estudio con el presente también se logran observar similitudes como que en la población de Vilcabamba el número de atenciones médicas por enfermedades respiratorias fue menor en aquellos niños que se alimentaron de lactancia materna, teniendo solamente 10 casos de resfriado común.

## CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación muestran que la lactancia materna exclusiva durante los primeros seis meses de vida es un factor protector contra infecciones respiratorias altas.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, por permitir la realización de este trabajo investigativo, así como disponer de los recursos físicos y de logística pertinentes. A

su vez al Centro de Salud de Vilcabamba por abrir las puertas de sus instalaciones para la ejecución del trabajo, a todo el personal profesional, por su valioso asesoramiento y colaboración desinteresada que nos llevó a la culminación del mismo.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: NAO y NSL; metodología: NAO; análisis formal: NAO, NSL y VMJ; investigación: NAO; recursos: NAO, NSL y VMJ; curación de datos: NAO y NSL; redacción — preparación del borrador original: NAO; redacción — revisión y edición: NAO y VMJ; visualización: NAO y NSL; supervisión: NAO y NSL; administración de proyecto: NSL y VMJ; adquisición de financiamiento para la investigación: NAO, NSL y VMJ. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Napoleón Alverca-Ordóñez: NAO. Natasha Samaniego-Luna: NSL. Verónica Montoya Jaramillo: VMJ.

## FINANCIAMIENTOS

El presente estudio fue autofinanciado por los autores, bajo autorización previa y declaración de pertinencia por la Universidad Nacional de Loja, con Memorandum Nro. 0286-DCM-FSH-UNL.

## REFERENCIAS

Astudillo, P., Mancilla, P., Olmos, C., Reyes, Á. (2014). Epidemiología de las consultas pediátricas respiratorias en Santiago de Chile desde 1993 a 2009. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 32(1), 56–61.

Bueno, M., Rey, C., Ruiz, S., Sánchez, M., Teruel, S., Martínez, M., ... Flecha, I. (2016). Lactancia materna y protección contra las infecciones respiratorias en los primeros meses de vida, 13(2), 213–224.

Buñuel, J. (2014). El aumento de la duración de la lactancia materna (exclusiva o mixta) produce una disminución de la morbilidad respiratoria y de la frecuentación de servicios sanitarios. *Pediatría Basada En La Evidencia*, 46(5), 3–5.

Kliegman, R. M., Stanton, B. F., St Geme III, J. W., Schor, N. F., Behrman, R. E. (2016). *Nelson Tratado de Pediatría* (20ª ed.). Barcelona-España: Elsevier.

May-Díaz, H. F., Cruz, M. U., Jiménez, J. L., Guillermina, M., Hernández-Luna, B., Toledo, A. (2015). Consumo y costo económico de sustitutos de leche materna en Quintana Roo. *Salud Quintana Roo*, 8(31), 15–18.

Pablos, C., Congost, M., Buñuel, J., Díez, S., Corral, A., Pérez, M. (2015). Influencia sobre la incidencia de infecciones del tracto respiratorio en lactantes controlados en un centro de atención primaria, 29(5), 268–277.

Tello, B., Gutiérrez, P., Caicedo, R., Mena, A. (2017). *Paso a paso por una infancia plena*. Ministerio de Salud Pública (3ª ed.). Quito-Ecuador.

# Ansiedad, estrés y depresión en estudiantes de medicina previo al ingreso al internado rotativo

## *Anxiety, stress and depression in medical students prior to admission to the rotating internship*

Marco Vinicio Sánchez Salinas<sup>1,\*</sup>, Ana Catalina Puertas Azanza<sup>1</sup> y Anabel Elisa Larriva Borrero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Psicología Clínica, Universidad Nacional de Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: marco.v.sanchez.s@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 17/03/2022    Fecha de aceptación del manuscrito: 16/06/2022    Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—La ansiedad, estrés y depresión son afecciones importantes que experimentan los estudiantes, pero se ha identificado que los educandos de medicina poseen niveles mayores de los mismos debido a la exigencia que plantea la carrera, por lo cual es importante conocer su condición previo al internamiento, periodo en el cual se incrementan sus actividades académicas y responsabilidades. Por lo mismo el objetivo de la investigación es analizar los niveles de ansiedad, estrés y depresión en estudiantes de medicina de la Universidad Nacional de Loja, previo al ingreso al internado rotativo en la ciudad de Loja durante el año 2022. Para ello se ha planteado un estudio no experimental, descriptivo y de enfoque cuantitativo con 67 educandos a quienes se les aplicaron los siguientes instrumentos: Escala de Ansiedad de Hamilton, Inventario SISCO del Estrés Académico e Inventario de Depresión de Beck-II (BDI-II). Los resultados evidenciaron niveles de ansiedad leve en el 84% de estudiantes, estrés moderado en el 67% y depresión mínima en el 69% de los estudiantes, sin embargo existen registros en niveles moderados y severos de ansiedad, al igual que en el nivel profundo de estrés y depresión moderada a grave que ponen de manifiesto la necesidad de programas de prevención e intervención para el mejoramiento de la salud y bienestar mental.

**Palabras clave**—Ansiedad, Estrés, Depresión, Salud mental, Internado.

**Abstract**—Anxiety, stress and depression are important conditions experienced by students, but it has been identified that medical students have higher levels of them due to the demands posed by the career, for which it is important to know their condition prior to internship, period in which their academic activities and responsibilities are increased. For this reason, the objective of the research is to analyze the levels of anxiety, stress and depression in medical students of the National University of Loja, prior to entering the rotating internship in the city of Loja during the year 2022. For this, it has been proposed a non-experimental, descriptive study with a quantitative approach with 67 students to whom the following instruments were applied: Hamilton Anxiety Scale, SISCO Inventory of Academic Stress and Beck Depression Inventory-II (BDI-II). The results showed levels of mild anxiety in 84% of students, moderate stress in 67% of the population and minimal depression in 69%, however there are records of moderate and severe levels of anxiety, as well as severe stress level and moderate to severe depression that highlight the need for prevention and intervention programs to improve mental health and well-being.

**Keywords**—Anxiety, Stress, Depression, Mental health, Internship.

## INTRODUCCIÓN

La ansiedad y el estrés son condiciones cada vez más frecuentes en las personas, sin embargo en el caso de los estudiantes se ha evidenciado que estos presentan niveles elevados de los mismos a lo largo de su preparación académica y precisamente en la carrera de medicina es donde mayor énfasis se ha hecho como lo expresan Trunche et al., (2020) en cuanto es una especialidad que demanda mucha dedicación y esfuerzo de los individuos, pudiendo el proceso de aprendizaje repercutir en su bienestar emocional y psíquico.

La Organización Mundial de la Salud en su Informe so-

bre Salud Mental en el mundo hace referencia que aproximadamente 450 millones de personas en el mundo padecen trastornos mentales, neurológicos o problemas psicosociales (OMS, 2001). Entre estos trastornos la depresión es la que mayor prevalencia presenta, la misma que se puede definir como el conjunto de características como el ánimo deprimido, disminución del disfrute, apatía y pérdida de interés en el trabajo asociado a insomnio, anorexia e ideación suicida. (Gutiérrez et al., 2010).

Ante ello, se han llevado a cabo diversas investigaciones como la de Lemos et al., (2018) quienes identificaron un elevado nivel de estrés en el 64% de estudiantes de medicina,

depresión en el 56% de casos y ansiedad en el 48%, por lo que los investigadores enfatizaron en la importancia de llevar a cabo programas para la prevención de la salud mental de dicho segmento.

Por su parte Kumar *et al.*, (2019) encontraron que los estudiantes de las áreas de salud (fundamentalmente medicina) presentaron en un 58% de casos depresión en un nivel moderado a extremadamente severo, también se identificó que el 74% tenía problemas de ansiedad moderada a severa, mientras que un 58% se caracterizó por poseer estrés moderado a severo, aludiendo que lo que ocasionaba tales condiciones era la presión de aprobar las materias, así como la que ejercía la familia.

También se registran los hallazgos de González *et al.*, (2020) con estudiantes de la rama médica, identificando condiciones de estrés en el 32% de ellos, afectación psicósomática en el 6%, depresión por parte del 5% y trastornos del sueño en el 36%, siendo las de mayor afección las mujeres por lo que los investigadores plantearon la necesidad de implementación de alternativas para mejorar y proteger la salud mental de los jóvenes.

Mientras que Escobar y Landa, (2021) puntualizaron en trabajar con estudiantes de medicina de pre internado e identificaron que las estudiantes mujeres presentaron en un 69% depresión, mientras que en segmento masculino se registró el 31%, en cuanto a la ansiedad, las mujeres igualmente obtuvieron un registro mayor con el 64% y los hombres 36%, en el caso del estrés se registraron valores de 69% y 31% respectivamente. De manera general en los casos detectados, estos se caracterizaron por un nivel moderado o mayor en todas las condiciones mencionadas, así el 86% en depresión, 85% en ansiedad y 88% en estrés.

De esta manera, se expone la importancia de las investigaciones en torno a la ansiedad, estrés y depresión en los estudiantes universitarios, puntualmente en los de medicina y sobre todo en etapas muy exigentes de su formación como lo es el internamiento en cuanto demanda un gran esfuerzo y sacrificio de los individuos para cumplir con todas sus responsabilidades. La suma de los factores mencionados puede llevarlos a condiciones críticas en su salud mental.

La ansiedad forma parte del existir humano, en cualquier momento de la existencia se puede sentir un grado moderado de ansiedad, por lo que se puede decir que se trata de una respuesta adaptativa. Mientras que cuando se habla de estrés, se refiere al hecho de la vida cotidiana del ser humano, debido a que con mayor o menor frecuencia todos lo han experimentado (Sierra *et al.*, 2003). De tal manera, la ansiedad se trata de una forma que tiene el organismo de alertar a la persona ante determinadas situaciones. Mientras que el estrés se entiende como una reacción fisiológica que se refleja en una serie de condiciones de la conducta y las emociones, este se deriva de la falta de equilibrio ante sucesos percibidos como amenaza o de peligro, alterando el bienestar biológico y psicológico. En relación a las bases neuropsicológicas, Ochoa *et al.*, (2021) mencionan que es posible que la ansiedad este modulada primeramente por la intermediación del sistema GABAérgico, que va a disminuir globalmente la ansiedad, y el sistema glutamatérgico, que va a utilizar el ácido glutámico como neurotransmisor, teniendo acciones ansiogénicas.

En cuanto a la depresión, Hall y Guyton, (2011) refieren que la depresión podría estar causada por un descenso de la

formación de noradrenalina, de serotonina o de ambas en el encéfalo. Por ello los síntomas depresivos tienden a la negatividad de conductas, como tristeza, falta de apetito, desesperación, amargura e incluso falta de deseo sexual, una de las razones para que la depresión ocasionada por el descenso en la actividad neuronal está enfocada a la respuesta al tratamiento farmacológica. Además, esta es entendida como una alteración a nivel de las emociones caracterizada por sentimientos de tristeza, culpabilidad, autoestima baja, falta de interés, problemas atencionales, alteraciones alimenticias y de sueño (Organización Mundial de la Salud, 2020). Es decir, en palabras de Obregón *et al.*, (2022) la depresión implica sintomatología psicológica y física y en la actualidad se la considera como uno de los principales trastornos que afecta a las personas.

Así, tomando en cuenta lo expuesto, la actual investigación precisa analizar los niveles de ansiedad, estrés y depresión en estudiantes de medicina de la Universidad Nacional de Loja, previo al ingreso al internado rotativo en la ciudad de Loja durante el año 2022. Esto con el propósito de contribuir en la prevención y diagnóstico de problemas de salud mental en estudiantes universitarios de medicina que se encuentran previo al ingreso a su periodo de internado. Ello con la intención de destacar la importancia de diseñar programas de intervención y mantenimiento de su bienestar psicológico y físico. Finalmente estas condiciones deberían ser prioritarios también en el proceso de enseñanza.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se fundamentó en un diseño no experimental, descriptivo y de enfoque cuantitativo. La población objetivo son los estudiantes de la carrera de Medicina de la Universidad Nacional de Loja, está conformada por 70 estudiantes que cursan el último ciclo; sin embargo, se tuvo la participación de 67 estudiantes, 42 mujeres y 25 hombres, los cuales están próximos a iniciar el proceso de internado rotativo. Previa a esta fase de recopilación de información, se socializó el proyecto.

Los estudiantes fueron previamente informados del proceso investigativo por lo que se solicitó un consentimiento verbal para la aplicación de los instrumentos que sirvió además para poder realizar una historia clínica psicológica y un informe que reposa en la Carrera de Medicina de la Universidad Nacional de Loja.

En primera instancia, se aplica la Escala de Ansiedad de Hamilton (Hamilton, 1959) la misma que permite una valoración clínica del individuo, consta de 14 ítems cada uno con opciones múltiples de respuesta y su valoración se fundamenta en la escala: 17 o menos = ansiedad leve; 18 a 24 = ansiedad moderada; y, 25 a 30 ansiedad severa. Y se ha utilizado la adaptación al español Adaptación psicométrica de la escala de ansiedad y depresión de Goldberg (Lobos Gutiérrez, 2020). También se empleó el Inventario SISCO del Estrés Académico propuesto por Barraza Macías Arturo, (2007) el cual contiene 31 ítems de los cuales 1 corresponde a la opción de respuesta sí o no y los otros se valoran con escala de Likert de cinco opciones, su interpretación se considera en base al siguiente indicador: 0-33 = leve; 34-66 Moderado, y 67-100 o más = profundo.

En cuanto a la depresión, esta se valoró con el Inventario

de Depresión de Beck-II (BDI-II), que consta de 21 ítems cuyo resultado final se valora conforme la siguiente puntuación: 0 a 9 = depresión mínima, 10 a 16 = depresión leve, 17 a 29 = depresión moderada, y 30 a 63 = depresión severa (Beck, 1996). Se incluyen las validaciones de Sanz et al., (2014) y de (Román et al., 2014).

Así, se procedió a entregar a cada estudiante los instrumentos en cuanto son auto aplicables, proceso que se suscitó durante febrero de 2022, posterior a ello se procesó la información mediante el software de Microsoft Office, Excel, donde se registraron los datos para su interpretación en base a los respectivos baremos. Cabe mencionar que los baremos del BDI-II se han utilizado en múltiples estudios en el Ecuador (Castro Ortega, 2021) ; así mismo, el test de Hamilton ha utilizado en investigaciones para determinar los niveles o grados de ansiedad en población ecuatoriana (Guerrero et al., 2021). El análisis estadístico se realizó utilizando frecuencias y porcentajes para describir las condiciones en los estudiantes.

## RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la aplicación de los instrumentos para medir ansiedad, estrés y depresión.

Se identificó que los estudiantes presentan ansiedad leve en el 83,6% de casos, que corresponden a 56 estudiantes, predominante en el sexo masculino. En un nivel moderado se encuentran 9 estudiantes que corresponden al 13,5%, mayor en el sexo femenino, mientras que en la depresión severa se registra el 2,9% de estudiantes, que a pesar de ser un porcentaje bajo, es un dato preocupante especialmente en el sexo femenino. (Tabla 1).

**Tabla 1:** Evaluación de la ansiedad en estudiantes de décimo ciclo de la Carrera de Medicina de la Universidad Nacional de Loja, en el período académico Octubre 2021-Marzo 2022, previo al internado rotativo

Variable		Nivel de ansiedad			Total
		Severa	Moderada	Leve	
Hombres	f	0	3	22	25
	%	0,0	12,0	88,0	100,0
Mujeres	f	2	6	34	42
	%	4,7	14,2	80,1	100,0
Total	f	2	9	56	67
	%	2,9	13,5	83,6	100,0

En la tabla 2 se puede observar que los estudiantes poseen un nivel de estrés leve en 17,9% de casos equivalentes a 12 estudiantes, mayor en el sexo femenino. Mientras que el nivel moderado se encuentra la mayoría de la población con 45 estudiantes que corresponden al 67,2%, se conoció que en mayor porcentaje corresponden al sexo femenino. Finalmente el nivel profundo registró el 14,9% con 10 estudiantes evaluados, mayor en el sexo femenino.

En cuanto a la depresión en la tabla 3 se identifica que la mayoría se encuentra en un nivel mínimo con el 68,7%, que son 46 estudiantes, de los cuales el mayor porcentaje pertenece al sexo femenino, mientras que en un nivel leve se registran 12 estudiantes que representan al 17,9% siendo mayor en el sexo femenino. Por otra parte en el nivel moderado se encuentran 8 estudiantes que corresponde al 11,9%,

de los cuales la mayoría son mujeres, así mismo el 1,5% de estudiantes se registran en un nivel grave, correspondiente al sexo masculino.

## DISCUSIÓN

Partiendo del objetivo de la presente investigación de analizar los niveles de ansiedad, estrés y depresión en estudiantes de medicina de la Universidad Nacional de Loja, previo al ingreso al internado rotativo en la ciudad de Loja en el año 2022, se ha podido identificar una frecuencia de ansiedad moderada y severa, estrés moderado y profundo, además de depresión moderada y grave en segmentos pequeños de estudiantes.

Sin embargo estos datos difieren de los hallazgos de Lemos et al., (2018) quienes encontraron valores superiores, es decir mayor número de estudiantes con ansiedad estrés y depresión. De igual forma los resultados de la investigación realizada en Loja se contraponen a los de Kumar et al., (2019) quienes identificaron que más de la mitad de estudiantes de las áreas de salud registraron ansiedad y estrés en un nivel moderado a severo así como depresión en categorías de moderado a extremadamente severo.

Sin embargo existe cierta concordancia con Escobar y Landa, (2021) quienes obtuvieron registro de ansiedad similares a los de los estudiantes de la Universidad Nacional de Loja, al igual que en el caso de estrés, siendo la única variación importante los datos de depresión en los cuales, los autores mencionados tuvieron mayor número de registros.

Ahora bien, cabe mencionar que de acuerdo con Arco et al., (2005) la ansiedad en los estudiantes universitarios encuentra su origen en factores propios de la vida académica como el asumir nuevas y mayores responsabilidades, exigencias académicas por parte de los docentes, y otras condiciones que generan perturbaciones importantes a nivel psicosocial. En cuanto al estrés académico, se demuestra cuando los estudiantes no pueden responder adecuadamente al enfrentarse a la presión académica. Los factores estresores no son responsables como tal, sino, es la percepción del individuo al confrontar dicha presión y su capacidad para afrontarla (Silva et al., 2020).

En el caso de la depresión, precisamente los factores estresores pueden conducir al estudiante a la misma, pero generalmente se señala a la situación económica, un nivel de rendimiento académico bajo, así como cambios o transiciones emocionales importantes. En el caso de los estudiantes de medicina, se presentan condiciones más exigentes como el incremento del tiempo de estudio, a lo cual se suma el trabajo y más aún, en periodo de internamiento, disminuyendo considerablemente el tiempo para dormir, alterando también al individuo en un nivel emocional (Vilchez et al., 2016).

Esto pone en evidencia la importancia de desarrollar programas de prevención e intervención en el segmento estudiantil, enfocándose en el área de la salud, pues como menciona Trunce et al., (2020) la ansiedad, el estrés y la depresión son más frecuentes en la rama médica si se compara con otras especialidades. De ahí que se requiere especial atención a este grupo estudiantil y por lo cual se precisan mayores investigaciones al respecto, para que se puedan establecer planes de acción oportunos y también para otorgar una mayor comprensión del suceso a la comunidad educativa.

**Tabla 2:** Evaluación de estrés académico en estudiantes de décimo ciclo de la Carrera de Medicina de la Universidad Nacional de Loja, en el período académico Octubre 2021-Marzo 2022, previo al internado rotativo.

Variable		Estrés académico			Total
		Profundo	Moderado	Leve	
Hombres	f	2	19	4	25
	%	8,0	76,0	16,0	100,0
Mujeres	f	8	26	8	42
	%	19,0	61,9	19,0	100,0
Total	f	10	45	12	67
	%	14,9	67,2	17,9	100,0

**Tabla 3:** Evaluación de la depresión en estudiantes de décimo ciclo de la Carrera de Medicina de la Universidad Nacional de Loja, en el período académico Octubre 2021-Marzo 2022, previo al internado rotativo.

Variable		Nivel de depresión				Total
		Grave	Moderada	Leve	Mínima	
Hombres	f	1	1	5	18	25
	%	4,0	4,0	20,0	72,0	100,0
Mujeres	f	0	7	7	28	42
	%	0,0	16,7	16,7	66,7	100,0
Total	f	1	8	12	46	67
	%	1,5	11,9	17,9	68,7	100,0

## CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos en la presente investigación, se emiten las siguientes conclusiones.

Los estudiantes de la rama de medicina de la Universidad Nacional de Loja, presentan condiciones de ansiedad, estrés y depresión en diferentes niveles. Así se pudo determinar que la ansiedad se encuentra en un nivel moderado y severo en un segmento pequeño de estudiantes, sin embargo se requiere prestarle atención e intervenir oportunamente para evitar condiciones crónicas u otras complicaciones, puesto que en caso de requerir atención psicológica y no atenderse oportunamente, los estudiantes pueden desarrollar cuadros de ansiedad como ataques pánico, ansiedad generalizada, fobias específicas, aumento de apetito y falta de control por comer o consumo de sustancias.

En el caso de la valoración de estrés se identificó que un segmento considerable de estudiantes lo presentan en un nivel moderado, registrándose también un pequeño grupo en el nivel profundo, lo que denota una presión percibida importante por parte de los mismos, sin embargo se precisa identificar los factores estresores asociados y atender las actuales condiciones de los individuos de manera que se evite la represión de sus emociones, además las personas con niveles altos de estrés son candidatos potenciales a sufrir afectaciones de salud entre ellas el síndrome de burnout, alopecia, y síndromes fisiológicos.

En cuanto a la depresión, se evidencia que la mayoría califica en un nivel mínimo y leve, mientras que un grupo pequeño se encuentra en un rango moderado y grave, lo que evidencia ya casos que requieren atención, más aún previo al internamiento en cuanto las condiciones que deberán enfrentar los estudiantes serán más exigentes y podrían empeorar su condición llevándolos a límites o niveles extremos que afectarían considerablemente su salud física y mental pudiendo llegar a complicaciones a nivel del sueño, apetito, hábitos alimenticios inadecuados y en casos más graves intentos autolíticos.

De manera general es posible concluir que los estudiantes de medicina de la Universidad Nacional de Loja, previo al ingreso del internado rotativo presentan trastornos psicológicos como ansiedad, estrés y depresión que requieren atención, además se reconoce que predomina el estrés por lo que se recomiendan programas de intervención oportunos antes, durante y después del proceso de internamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Se extiende un especial agradecimiento a los estudiantes de la Universidad Nacional de Loja que participaron en la investigación, pertenecientes a la carrera de medicina y que se encuentran previo al ingreso del internado.

## FINANCIAMIENTO

La investigación realizada en la ciudad de Loja, fue llevada a cabo con recursos propios del investigador.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: MS, AP y AL; metodología: MS, AP y AL; análisis formal: MS, AP y AL.; investigación: MS, AP y AL; recursos: MS; curación de datos: MS; redacción — preparación del borrador original: MS; redacción — revisión y edición: MS, AP y AL; visualización: MS; supervisión: MS, AP y AL; administración de proyecto: MS; adquisición de financiamiento para la investigación: MS. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

MS: Marco Sánchez AP: Ana Puertas AL: Anabel Larriva

## REFERENCIAS

Arco, J. L., Fernandez, F., Heilborn, V., Lopez, S. (2005). Demographic, academic and psychological profile of students attending counseling services at the university of Granada (Spain). *International Journal for the Advancement of Counselling*, 27(1), 71–85.

- Barraza Macías Arturo. (2007). El Inventario SISCO del Estrés Académico. Universidad Pedagógica de Durango, 7, 89–93.
- Beck, A. (1996). Inventario de Depresión de Beck-II. Editorial de Psicencia.
- Castro, P. D. A., Ortega, C. G. Q. (2021). Adaptación y propiedades psicométricas del inventario de depresión de beck (bdi-ii) en adolescentes ecuatorianos. *South Florida Journal of Development*, 2(5), 7271–7288. <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n5-068>
- Escobar, R., Landa, B. (2021). Estrés moderado o severo asociado al ser internos de medicina o de otras carreras de la salud durante la pandemia, Perú.
- González, N., Tejada, A., Espinosa, C., Ontiveros, Z. (2020). Impacto psicológico en estudiantes universitarios mexicanos por confinamiento durante la pandemia por Covid-19. *Scielo*, 1(1), 1–17.
- Guerrero, K., Pacheco, J., Romero, D., Tacuri, R. (2021). Análisis exploratorio de la relación entre ansiedad e inteligencia emocional de estudiantes universitarios cuidadores y no cuidadores durante la pandemia de Coronavirus. Caso: Cuenca, Ecuador. *MASKANA*, 12(1), 35–40. <https://doi.org/10.18537/mskn.12.01.04>
- Gutiérrez, J., Montoya, L., Toro, B., Briñon, M., Rosas, E., Salazar, L. (2010). Depresión en estudiantes universitarios y su asociación con el estrés académico. *CES Medicina*, 24(1), 7–17.
- Hall, J., Guyton, A. (2011). Tratado de fisiología medica.
- Hamilton, M. (1959). Escala de Ansiedad de Hamilton. Andalucía: Servicio Andaluz de Salud. Kumar, B., Shah, M. A. A., Kumari, R., Kumar, A., Kumar, J., Tahir, A. (2019). Depression, Anxiety, and Stress Among Final-year Medical Students. *Cureus*, 11(3). <https://doi.org/10.7759/cureus.4257>
- Lemos, M., Henao, M., López, D. (2018). Estrés y Salud Mental en Estudiantes de Medicina: Relación con Afrontamiento y Actividades Extracurriculares. *IMedPub Journals*, 14(2:3). <https://doi.org/10.3823/1385>
- Lobos, M., Gutiérrez, J. (2020). Adaptación psicométrica de la escala de ansiedad y depresión de Goldberg en una muestra salvadoreña. *Entorno*, 70, 87–98. <https://doi.org/10.5377/entorno.v0i69.9557>
- Obregón, B., Montalván, J., Segama, E., Dámaso, B., Panduro, V., Arteaga, K. (2022). Factores asociados a la depresión en estudiantes de medicina de una universidad peruana. <https://orcid.org/0000-0002-6268-1644>
- Ochoa, L., Gulias, R., Ruíz, E., Sánchez, H., Parodí, J. (2021). The role of GABA neurotransmitter in the human central nervous system, physiology, and pathophysiology. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 22(2). <https://doi.org/10.24875/rmn.20000050>
- Román, F., Vinet, E., Alarcón, A. (2014). Escalas de Depresión, Ansiedad y Estrés (DASS-21): Adaptación y propiedades psicométricas en estudiantes secundarios de temuco.
- Sanz, J., Gutiérrez, S., Gesteira, C., Paz García-Vera, M. (2014). CRITERIOS Y BAREMOS PARA INTERPRETAR EL “INVENTARIO DE DEPRESIÓN DE BECK-II” (BDI-II) . In *Behavioral Psychology / Psicología Conductual* (Vol. 22).
- Sierra, J. C., Ortega, V., Zubeidat, I. (2003). Ansiedad, angustia y estrés: tres conceptos a diferenciar.
- Silva, M., López, J., Meza, M. (2020). Estres academico en estudiantes universitarios. *Investigación y Ciencia*, 28(79), 75–83.
- Trunce, S., Villarroel, G., Arntz, J., Werner, K. (2020). Niveles de depresión, ansiedad, estrés y su relación con el rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Investigación En Educación Médica*, 36, 8–16. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2020.36.20229>
- Wilchez, J., Quiñones, D., Failoc, V., Acevedo, T., Larico, C., Mucching, S., Torres, J., Aquino, T., Córdova, J., Huerta, A., Espinoza, J., Palacios, L., Díaz, C. (2016). Salud mental y calidad de sueño en estudiantes de ocho facultades de medicina humana del Perú. *Neuro-Psiquiat*, 54(4), 272–281.



# Evaluación del comportamiento dinámico en edificaciones de baja altura en la ciudad de Loja-Ecuador

## *Dynamic assessment of low-rise buildings in the city of Loja-Ecuador*

Edwin P. Duque<sup>1,2,\*</sup>, Cristhian F. Quiñonez<sup>3</sup> y Jessie D. Cueva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad Técnica Particular de Loja

<sup>2</sup> Grupo de Ingeniería Sísmica y Sismología de la Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador

<sup>3</sup> Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: epduque@utpl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 07/04/2022

Fecha de aceptación del manuscrito: 17/05/2022

Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—Ecuador es un país con alta actividad sísmica, lo cual ha provocado terremotos con cuantiosas pérdidas humanas y materiales. A pesar de ello, se ha vuelto cada vez más común la construcción de viviendas de manera informal, sin estudios estructurales que garanticen su resistencia sísmica. En este trabajo se evaluó el desempeño sísmico de un conjunto de edificaciones de mediana y baja altura características de la ciudad de Loja, construidas originalmente en hormigón armado y con ampliaciones verticales ejecutadas informalmente en acero estructural. Mediante la aplicación de un análisis estático no lineal, conocido de manera común como pushover se evaluó el desempeño sísmico y se determinó que una gran parte del conjunto de edificaciones analizadas no serían capaces de resistir el sismo de diseño, debido esencialmente a su falta de rigidez y ductilidad. Frente a ello, se propuso un reforzamiento para estas estructuras, consistente en el incremento de secciones transversales a vigas y columnas. El reforzamiento propuesto mejoró significativamente el desempeño sísmico de las edificaciones, y solucionó las deficiencias estructurales encontradas, garantizando su estabilidad ante el sismo de diseño y consecuentemente, la seguridad de sus habitantes.

**Palabras clave**—Estructuras aperticadas, Ampliaciones verticales, Desempeño sísmico, Reforzamiento Estructural.

**Abstract**—Ecuador is a country with intense seismic activity, which has caused earthquakes with significant human and material losses. Despite this, it has become increasingly common to build houses informally, without structural studies to guarantee their seismic resilience. This paper evaluated the seismic performance of a set of typical buildings in Loja city, originally built with reinforced concrete and later vertically expanded by informal means with structural steel. By applying a nonlinear static analysis, commonly known as pushover, the seismic performance was evaluated, and it was found that a large portion of the analyzed buildings would not be able to resist the design earthquake, essentially due to their lack of stiffness and ductility. In response, a retrofit proposal was developed for these structures, which increased the cross-sections of beams and columns. The proposed retrofit significantly improved the seismic performance of the buildings and solved the structural deficiencies found, guaranteeing the safety of the inhabitants of these buildings in the design earthquake.

**Keywords**—Framed structures, Vertical extensions, Seismic performance, Structural reinforcement.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una de las zonas con mayor actividad sísmica del planeta (Rivadeneira *et al.*, 2007). Esta actividad sísmica se debe principalmente al efecto subductivo entre la placa de Nazca y Sudamericana, y ha provocado una gran cantidad de terremotos en el país con devastadoras consecuencias como pérdidas humanas y materiales (Parra *et al.*, 2016).

Los terremotos no se pueden predecir, pero sus consecuencias pueden ser mitigadas a través del diseño sismorresistente (Benito, 2013). Esta metodología se enfoca en prevenir el colapso estructural ante el sismo de diseño, garantizando así la

integridad de las personas (Blanco, 2012). En Ecuador, los parámetros de diseño que garantizan una construcción sismorresistente están regulados por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC 2015.

A pesar de contar con una normativa reguladora, es cada vez más común que esta sea ignorada por el sector de la construcción y en especial de la construcción informal, con terribles consecuencias como las observadas en el terremoto de Pedernales de 2016. La ciudad de Loja no es la excepción a esta práctica, ya que es frecuente la falta de dirección técnica en edificaciones nuevas e incluso en edificaciones existentes que consideran ampliaciones verticales.

En este trabajo se evaluó el comportamiento sismorresis-

tente de un conjunto de edificaciones típicas de mediana y baja altura en la ciudad de Loja, caracterizadas por haber sido construidas originalmente en hormigón armado, y por haber sido posteriormente ampliadas verticalmente de manera informal, utilizando para ello acero estructural.

La determinación del desempeño sísmico de las estructuras se realizó aplicando un análisis estático no lineal, conocido de manera común como pushover, ya que este método permite determinar la capacidad resistente de la edificación una vez se ha superado su límite elástico (Leslie, 2013), situación que ocurre frecuentemente en eventos sísmicos. Como complemento a la determinación del desempeño sísmico también se identificaron inadecuados comportamientos estructurales como derivas de piso y períodos de vibración excesivos. Las variaciones de esfuerzos en la cimentación ocasionados por las cargas adicionales de la ampliación, a pesar de su importancia, no se consideraron en este estudio.

Se espera que los resultados de este trabajo permitan establecer las primeras nociones para el correcto desempeño de edificaciones de mediana y baja altura con presencia de ampliaciones verticales en la ciudad de Loja. Esta línea de investigación será muy relevante de cara al futuro, pues actualmente se contabilizan 84 viviendas con ampliaciones verticales solo en la zona céntrica de la ciudad, y se espera esta cantidad aumente exponencialmente siguiendo las tendencias mundiales durante los próximos años (Al-Kodmany, 2012; Martine *et al.*, 2008).

## MATERIALES Y MÉTODOS

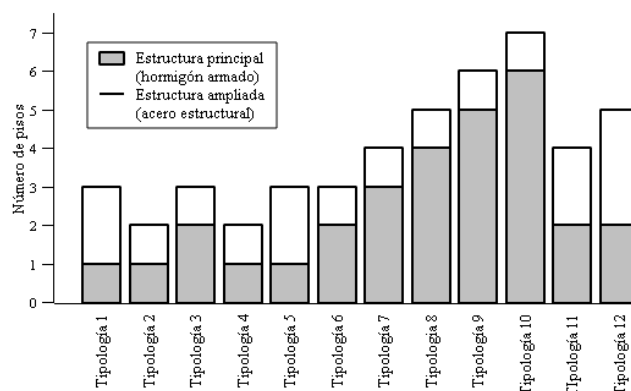
La metodología aplicada se compone de cuatro fases: i) levantamiento de información primaria, ii) selección de tipologías estructurales representativas de la zona de estudio, iii) modelación, análisis sísmico y detección de deficiencias estructurales, y iv) elaboración de una propuesta de reforzamiento.

### Fase I: Levantamiento de información primaria

Se catalogaron las edificaciones de pequeña y mediana altura con ampliaciones verticales construidas informalmente en dos sectores distintos de la ciudad de Loja: el conjunto habitacional Ciudad Victoria, ubicado al suroeste, y la zona Centro-Sur, conformada por los barrios Geranios, Máximo Agustín Aguirre y Pucará. Los sectores fueron elegidos en función de la alta densidad poblacional existente en la zona centro-sur de la ciudad y por la elevada presencia de construcciones informales en el conjunto habitacional Ciudad Victoria. De esta manera se garantiza que los sectores elegidos son una representación adecuada de la problemática en estudio.

En el sector Ciudad Victoria se inspeccionó un total de 865 viviendas, de las cuales 88 presentaban ampliaciones en acero estructural. Por otra parte, en el sector Centro-Sur se inspeccionaron 1034 viviendas, de las cuales 84 presentaron ampliaciones verticales en acero. Para cada vivienda analizada también se registró la siguiente información: i) geometría en planta y elevación, ii) número de vanos en dirección X y Y, iii) número de pisos de la estructura principal, iv) número de pisos de la ampliación vertical y v) dimensiones de los elementos estructurales.

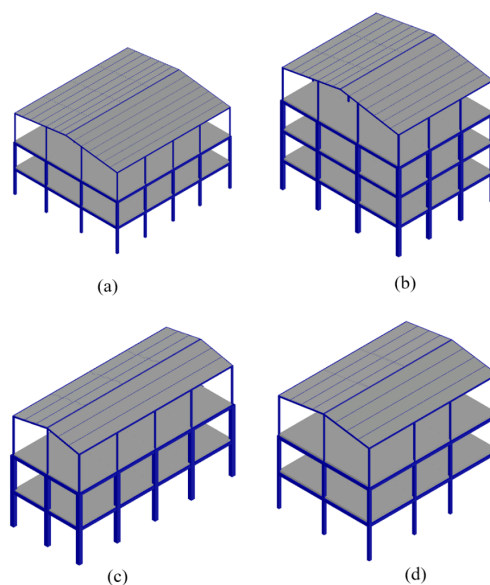
Las edificaciones levantadas se agruparon en tipologías con características similares, en función del número de vanos en dirección X y Y, y del número de pisos de la estructura principal y de la ampliación. Como resultado, en el sector Ciudad Victoria se identificaron tres tipologías, mientras que en el sector Centro-Sur se identificaron nueve tipologías. Estas tipologías se presentan en la Figura 1.



**Fig. 1:** Tipologías estructurales identificadas en las zonas de estudio, en función del número de pisos y material utilizado. Las tipologías 1, 2 y 3 corresponden al sector Ciudad Victoria. Las tipologías 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 corresponden al sector Centro-Sur.

### Fase II: Selección de tipologías estructurales representativas de la zona de estudio

Del total de tipologías registradas, se seleccionaron las cuatro con mayor porcentaje de recurrencia, al considerarse las más representativas del conjunto (ver Figura 2). Las características estructurales de estas tipologías se presentan en las Tablas 1 y 2.



**Fig. 2:** Tipologías estructurales representativas de la zona de estudio. (a) Tipología A, (b) Tipología B. (c) Tipología C, (d) Tipología D.

**Tabla 1:** Tipologías más comunes identificadas

Tipología	No. de pisos (estructura principal)	No. de pisos (ampliación vertical)	Altura Total [m]	Vanos (sentido X)	Luz máxima (sentido X) [m]	Vanos (sentido Y)	Luz máxima (sentido Y) [m]
A	2	1	9.90	3	4.3	4	3.6
B	3	1	12.20	3	4.3	3	3.35
C	2	1	9.00	2	3.0	4	3.6
D	2	1	9.00	2	3.9	3	4.0

**Tabla 2:** Configuración estructural de las tipologías representativas de la zona de estudio

Tipología	Piso	Nivel [m]	Sistema constructivo	Dimensiones de las columnas	Dimensiones de las vigas principales	Altura de la losa [cm]
A	1	2.70	Hormigón armado	20x20 cm	20x20 cm	20
	2	5.40	Hormigón armado	20x20 cm	20x20 cm	20
	3 (cubierta inaccesible)	9.20	Estructura metálica	2G 100x50 x15x3 mm	2G 100x50 x15x2 mm	—
B	1	2.70	Hormigón armado	30x30 cm	20x20 cm	20
	2	5.40	Hormigón armado	30x30 cm	20x20 cm	20
	3	8.10	Hormigón armado	30x30 cm	20x20 cm	20
	4 (cubierta inaccesible)	12.20	Estructura metálica	2G 150x50 x15x3 mm	2G 100x50 x15x2 mm	—
C	1	2.70	Hormigón armado	30x30 cm	20x20 cm	10
	2	5.40	Hormigón armado	30x30 cm	20x20 cm	10
	3 (cubierta inaccesible)	9.00	Estructura metálica	2G 100x50 x15x3 mm	2G 100x50 x15x2 mm	—
D	1	2.70	Hormigón armado	20x20 cm	20x20 cm	20
	2	5.40	Hormigón armado	20x20 cm	20x20 cm	20
	3 (cubierta inaccesible)	9.00	Estructura metálica	2G 100x50x15x3 mm	2G 100x50x15x2 mm	—

**Tabla 3:** Armadura de acero de los elementos estructurales de hormigón

Elemento estructural	Acero longitudinal	Cuantía	Acero transversal
Columna 20x20 cm	4 $\phi$ 12mm	1.13 %	1 estribo $\phi$ 10mm @7 cm
Columna 30x30 cm	8 $\phi$ 12mm	1 %	1 estribo $\phi$ 10mm @7 cm
Viga 20x20 cm	Superior: 4 $\phi$ 12mm Inferior: 2 $\phi$ 12mm	Superior: 1.14 % Inferior: 0.57 %	1 estribo $\phi$ 10mm @4 cm

Notas: (1) El acero longitudinal superior en las vigas hace referencia a la armadura adicional colocada en las cercanías de los nodos. En la parte central de la viga, la armadura superior es idéntica a la armadura inferior. Para mayor detalle, consultar la Figura 4. (2) La separación de estribos indicada corresponde a la zona cercana al nodo, no a la zona central.

### Fase III: Modelación, análisis sísmico y detección de deficiencias estructurales

El modelado y análisis estructural fueron llevados a cabo en softwares comerciales. Para ello, primero se establecieron las características mecánicas de los materiales empleados. Posteriormente se definieron las secciones transversales de los elementos estructurales, las cargas actuantes y las restricciones en la cimentación. Por último, se configuraron los parámetros del análisis no lineal estático (pushover). El análisis no lineal estático fue seleccionado como la metodología a utilizar debido a que permite representar de manera más precisa la respuesta de la estructura ante eventos sísmicos. Este análisis considera la incursión en el rango plástico de los elementos, y por tanto ofrece resultados menos conservadores que aquellos que se consiguen con metodologías tradicionales como el análisis lineal estático (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015d).

#### Características mecánicas de los materiales

En las tipologías analizadas se identificaron tres materiales: hormigón, acero de refuerzo y acero estructural A36. Los dos primeros como componentes del hormigón armado de la estructura principal, y el tercero como componente de los perfiles metálicos utilizados en las ampliaciones verticales.

Para determinar la resistencia nominal a la compresión del hormigón,  $f'_c$ , se realizaron ensayos esclerométricos en los elementos estructurales principales (vigas, columnas) (Figura 3). Los resultados de los ensayos no destructivos realizados permitieron verificar que las resistencias se encontraban alrededor de 21 MPa para las edificaciones consideradas, valor que corresponde al mínimo establecido por la norma NEC-SE-HM (MIDUVI, 2015a).



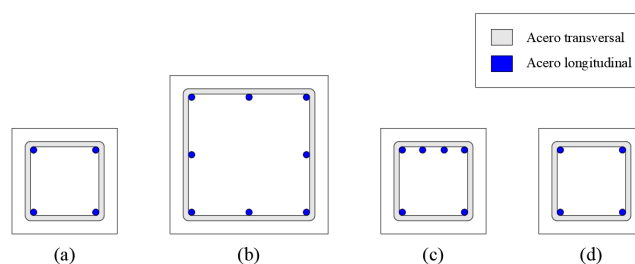
**Fig. 3:** Ensayos realizados para determinar la resistencia a la compresión del hormigón. (a) Preparación de la superficie, (b) Medición de la resistencia, (c) Esclerómetro utilizado.

Con respecto a los límites de fluencia y resistencia a la tracción del acero de refuerzo y acero A36, se adoptaron los valores proporcionados en los catálogos de los proveedores comerciales.

#### Secciones transversales de los elementos estructurales

Con el fin de generar el modelo de elemento finitos con capacidad de incursionar en el rango no lineal, se

consideraron las cuantías mínimas en vigas y columnas establecidas por la NEC-SE-HM (MIDUVI, 2015c). Debido a los diferentes problemas sociales y políticos que atraviesa la zona de estudio no se pudo acceder a un revelamiento a detalle del acero colocado, sin embargo, se considera que con los valores propuestos el comportamiento global en ningún momento será sobreestimado. En este sentido, en Tabla 3 se muestran las armaduras de acero consideradas en la modelación.



**Fig. 4:** Distribución de acero en los elementos estructurales. (a) Columna 20x20 cm, (b) Columna 30x30 cm, (c) Viga 20x20 cm, zona cercana a los nodos, (d) Viga 20x20 cm, zona central.

#### Cargas actuantes

Se utilizó como promedio una carga muerta de 5.60 kN/m<sup>2</sup>, valor que considera el peso propio de la losa, los acabados sobre esta, las instalaciones eléctricas, sanitarias y la mampostería existente sobre cada piso. La carga viva para las viviendas fue establecida en 2 kN/m<sup>2</sup>, de acuerdo con la NEC-SE-CG (MIDUVI, 2015a). Para las cubiertas inaccesibles se adoptó una carga viva reducida de 0.75 kN/m<sup>2</sup>.

Adicionalmente, se aplicó a las tipologías estructurales una carga sísmica en función del peso sísmico reactivo de la estructura, tal como lo establece la NEC-SE-VIVIENDA (MIDUVI, 2015d). La fuerza sísmica lateral para el análisis pushover se determinó en función del peso de cada nivel de la estructura, su elevación y el cortante basal, tal como lo establece la NEC-SE-DS (MIDUVI, 2015b). El cortante basal fue calculado con la ecuación:

$$V_{basal} = \frac{IS_a(T_a)}{R\Phi_p\Phi_e} * W$$

En donde:  $V_{basal}$  es el cortante basal aplicado a la estructura [kN],  $I$  es el coeficiente de importancia [SU],  $R$  es el factor de reducción de respuesta [SU],  $\Phi_p$  y  $\Phi_e$  coeficientes de irregularidad en planta y elevación respectivamente [SU] y  $W$  es el peso reactivo de la edificación [kN]. El peso reactivo y el cortante basal aplicado a las tipologías se presenta en la Tabla 4, mientras que las fuerzas sísmicas laterales utilizadas en el modelado se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 4:** Peso reactivo y cortante basal de las tipologías analizadas

Tipología	W [kN]	V <sub>basal</sub> [kN]
A	2300.64	591.64
B	2557.48	653.02
C	1070.49	277.43
D	1210.43	310.77

**Tabla 5:** Fuerzas sísmicas laterales aplicadas a los modelos estructurales

Piso	Fx [kN]	Fx [kN]	Fx [kN]	Fx [kN]
	Tipología A	Tipología B	Tipología C	Tipología D
4	-	3.92	-	-
3	26.48	332.45	3.92	20.59
2	391.29	218.69	190.25	200.06
1	179.46	109.83	94.14	94.14

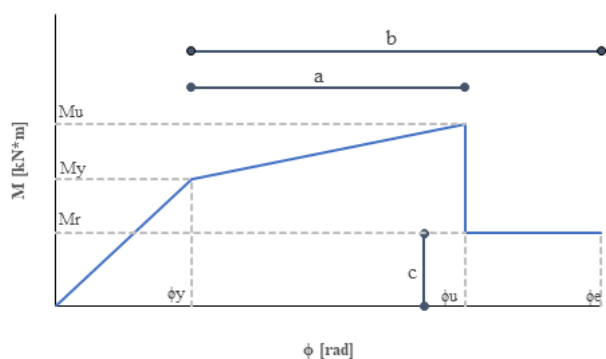
Nota. El símbolo “-” indica que la tipología no dispone del piso.

### Restricciones en la cimentación

La base de las columnas para todas las tipologías se modeló como un empotramiento perfecto, que restringe la rotación y desplazamientos en todos sus grados de libertad. En realidad, la interacción entre el suelo y la estructura es más compleja, ya que la cimentación no garantiza un empotramiento perfecto, sino que permite desplazamientos principalmente en el eje Z. Sin embargo, la consideración de la interacción suelo – estructura está fuera de los alcances de este trabajo.

### Parámetros del análisis no-lineal estático

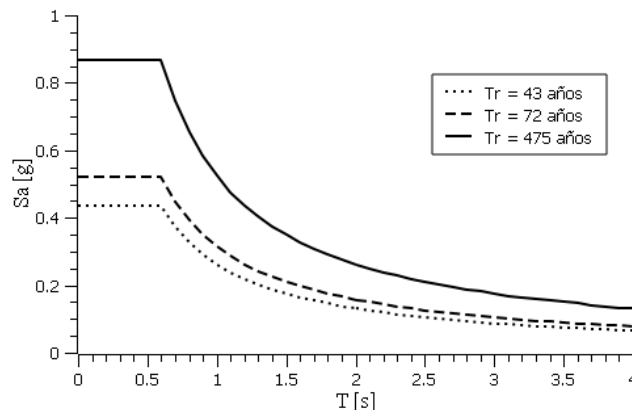
Se generaron rótulas plásticas en vigas y columnas, de conformidad con los requerimientos del capítulo 10 del ASCE 41-13 (American Society of Civil Engineers, 2014). Para la generación de los diagramas momento – rotación de cada rótula plástica se utilizaron los datos de las armaduras de acero de las secciones, así como las rotaciones a, b y c (ver Figura 5) especificadas en las Tablas 10-8 y 10-9 de la normativa ASCE. Para las vigas se asumió que el acero transversal de la sección no era adecuado, ya que para ello se requerirían separaciones entre estribos de 4 cm, que típicamente no son respetadas en las construcciones de la localidad. De igual manera, en las columnas se consideró la posibilidad de un fallo por corte y por flexión, debido a la alta probabilidad de que en la construcción no se haya respetado adecuadamente el espaciamiento entre estribos requerido ni su diámetro mínimo de 10 mm.



**Fig. 5:** Diagramas momento – rotación para las rótulas plásticas generadas

Se generaron curvas de demanda sísmica para tres sismos, con períodos de retorno de 43, 72 y 475 años, siendo este último el sismo de diseño (Figura 6). La probabilidad de ex-

cedencia de estos sismos es de 50% en 30 años, 50% en 50 años y 10% en 50 años, respectivamente.



**Fig. 6:** Curvas de demanda sísmica para períodos de retorno de 43, 72 y 475 años.

Las curvas de demanda sísmica para los sismos de 43 y 72 años se calcularon con el objetivo de evaluar el comportamiento de las tipologías frente a eventos sísmológicos de menor intensidad, y con una mayor probabilidad de excedencia en un futuro cercano. El procedimiento empleado para su generación fue el detallado por el capítulo 3 de la NEC-SEDS, con la utilización de un coeficiente de reducción  $R = 1$  y los factores de importancia  $I = 0.5$  para  $Tr = 43$  años;  $I = 0.6$  para  $Tr = 72$  años y  $I = 1$  para  $Tr = 475$  años.

### Detección de deficiencias estructurales

El desempeño de las estructuras frente al sismo de diseño se examinó a través de la relación entre la capacidad resistente y la demanda sísmica, expresadas en función de deformaciones. De acuerdo con el MIDUVI, “si la deformación solicitada es menor que la capacidad de deformación de todos los elementos, el diseño es correcto” (2016, p. 48). La capacidad de deformación de la estructura se obtuvo de la curva fuerza-desplazamiento resultante del análisis pushover, mientras que las deformaciones solicitadas fueron obtenidas a través de los espectros de respuesta presentados en la Figura 6.

Las relaciones demanda – capacidad expresadas en función de fuerzas actuantes y fuerzas resistentes no se consideraron como el parámetro principal para determinar la resistencia de las estructuras, ya que estas proporcionan resultados conservadores al no considerar las capacidades no lineales de los materiales. Así, “edificios que han sido evaluados como deficientes mediante análisis lineal pueden cumplir los requerimientos si se analizan mediante procedimientos no-lineales” (MIDUVI, 2015d, p. 24).

Adicionalmente, en todas las edificaciones se buscó la presencia de inadecuados comportamientos dinámicos que pudieran tener un impacto negativo en el comportamiento de las estructuras frente a cargas sísmicas. Las patologías buscadas fueron: exceso de derivas, falta de rigidez y resistencia en columnas y vigas, nudos débiles y el efecto columna débil – viga fuerte.

### Fase IV: Propuesta de reforzamiento

Luego de la detección de las deficiencias estructurales se identificó la tipología con el peor desempeño sísmico y se diseñó un reforzamiento estructural que le garantizara un objetivo básico de seguridad, equivalente a un nivel de desempeño de Seguridad de Vida. Para este nivel de desempeño se esperaba que tras el sismo de diseño los elementos estructurales presenten daños y deformaciones considerables, así como desplazamientos permanentes, pero sin llegar al colapso de la estructura (ASCE, 2014).

De las diversas alternativas de reforzamiento existentes, por su bajo costo y relativamente sencilla ejecución, se optó por realizar un recrecio de hormigón, tanto en vigas como en columnas. De esta manera se garantizaría el aumento de rigidez de la estructura, la reducción de las deformaciones y el incremento de la capacidad resistente global.

## RESULTADOS

En esta sección se presenta el desempeño sísmico alcanzado por cada tipología luego del análisis pushover, así como las deficiencias encontradas en cada estructura. Al final del capítulo, también se presenta una propuesta de reforzamiento para la tipología que presentó el peor desempeño sísmico, basada en el recrecio de hormigón en vigas y columnas.

### Desempeño sísmico de las tipologías

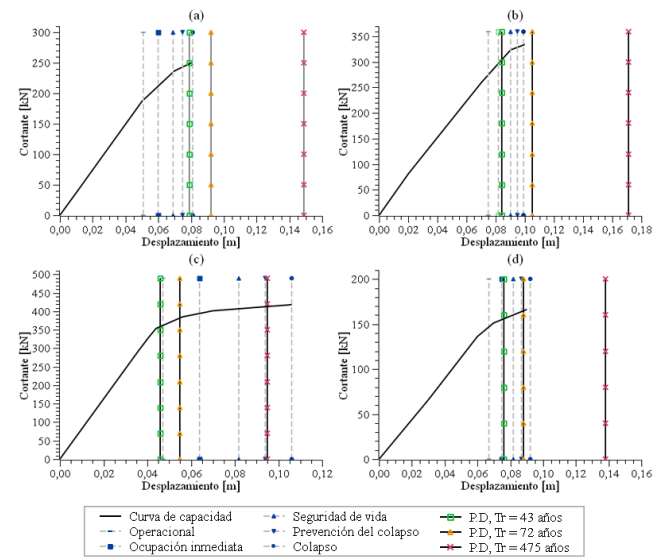
Se encontró que la tipología A tuvo el peor desempeño sísmico de todas las estructuras evaluadas, puesto que únicamente es capaz de alcanzar los desplazamientos requeridos ante un sismo frecuente, cuyo período de retorno es de 43 años, y cuya probabilidad de excedencia es del 50% en 30 años (ver Figura 7). Durante este sismo, se espera que la estructura tenga un punto de desempeño de Prevención del Colapso, caracterizado por daños severos en elementos estructurales y no estructurales. Es decir, después del sismo, la estructura habrá sufrido deformaciones permanentes y estará al borde del colapso, con lo cual no podrá ser habitada nuevamente.

La configuración estructural de la tipología A no es capaz de soportar sismos más severos, como aquel con período de retorno de 72 años o el sismo de diseño con período de retorno de 475 años, ya que la demanda sísmica excede la capacidad resistente de la estructura. Se encontró que la tipología B tuvo un punto de desempeño similar al alcanzado por la tipología A, ya que tampoco es capaz de alcanzar los desplazamientos requeridos ante el sismo de diseño. Tal como se observa en la Figura 7, la tipología B es únicamente capaz de resistir un sismo con período de retorno de 43 años.

Al analizar el desempeño sísmico de la tipología C, se encontró que esta tuvo el mejor comportamiento de todas las edificaciones analizadas, ya que fue capaz de alcanzar los desplazamientos requeridos ante el sismo de diseño. Para este sismo, la estructura tendrá un punto de desempeño de Prevención de Colapso, caracterizado por los daños severos a elementos estructurales, pero sin llegar a que la estructura falle (ver Figura 7).

Por último, la evaluación de la tipología D permitió identificar que su comportamiento sísmico es inadecuado, ya que no es capaz de resistir el sismo de diseño. Como se evidencia

en la Figura 7, la estructura es únicamente capaz de alcanzar los desplazamientos requeridos ante un sismo con período de retorno de 72 años, en el que se espera que la estructura tenga un punto de desempeño de Prevención de Colapso.



**Fig. 7:** Curvas de capacidad de las estructuras analizadas. (a) Tipología A, (b) Tipología B, (c) Tipología C, (d) Tipología D

### Relaciones demanda / capacidad

Las relaciones entre los desplazamientos requeridos y los desplazamientos que es capaz de soportar cada tipología ante los sismos analizados se presentan en la Tabla 6. Nótese que, en la mayoría de los casos, la relación D/C excede el valor de 1, lo cual implica que la estructura colapsará ante tales sollicitaciones.

**Tabla 6:** Relaciones demanda / capacidad para los sismos analizados

Tipología	Tr = 43 años	Tr = 72 años	Tr = 475 años
A	0.98	1.14	1.85
B	0.85	1.05	1.72
C	0.44	0.52	0.90
D	0.82	0.95	1.50

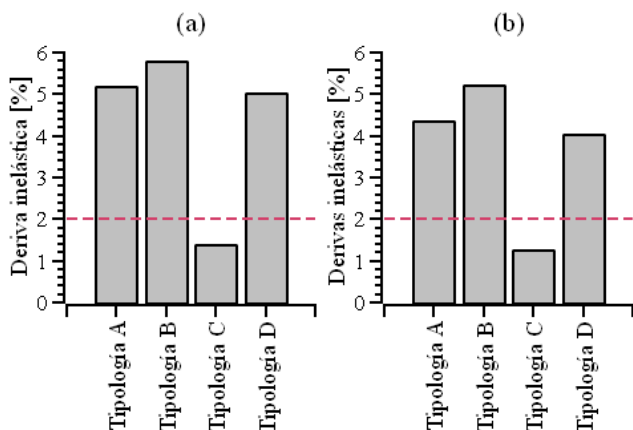
### Deficiencias estructurales encontradas

Se encontró que las tipologías estructurales con desempeños sísmicos más bajos fueron aquellas que presentaban derivas inelásticas más elevadas, llegando incluso a duplicar el 2% permitido como límite por la NEC-SE-DS. Las derivas calculadas se presentan en la Figura 8.

De igual manera, se identificó que las tipologías A, B y D, presentan períodos de vibración relativamente elevados, y muy alejados de los estimados mediante las fórmulas establecidas por la NEC-SE-DS. Esto no ocurre con la tipología C, ya que los períodos de vibración son similares a los estimados con las ecuaciones de las normativas ecuatorianas. Los períodos de vibración se presentan en la Tabla 7.

La fórmula indicada por la NEC para estimar los períodos de vibración se presenta a continuación:

$$T_{estimado} = C_t * h_n^a$$



**Fig. 8:** Derivas inelásticas calculadas para las cuatro tipologías estructurales en estudio. (a) Sentido X, (b) Sentido Y

**Tabla 7:** Comparativa entre los períodos reales de las edificaciones y los períodos estimados

Tipología	Período del modelo [s]	Período estimado según NEC-SE-DS [s]
A	1.12	0.40
B	1.09	0.52
C	0.51	0.40
D	1.08	0.41

Además, se identificó que las edificaciones en las que no se respetan las secciones mínimas establecidas por la NEC-SE-HM para las columnas (30x30 cm), son aquellas que tienen un desempeño sísmico inadecuado, mismo que origina el efecto viga fuerte – columna débil.

### Reforzamiento estructural propuesto

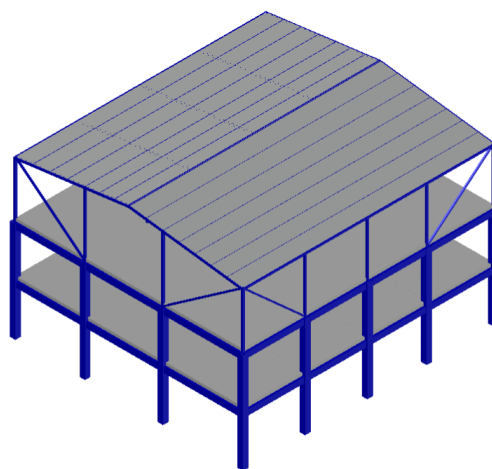
Una vez finalizada la etapa de análisis y detección de deficiencias, se estableció que la tipología con menor capacidad frente al sismo de diseño sería la Tipología A, ya que su relación demanda / capacidad fue la más alta de todas (1.85).

Para desarrollar la propuesta de rehabilitación sísmica a esta tipología se consideraron 3 acciones principales de las varias que sugiere el MIDUVI (2015d): la modificación local de sus componentes, el rigidizamiento global y el reforzamiento global de la estructura.

El reforzamiento propuesto para esta tipología, que originalmente poseía columnas esbeltas, con una sección de 20x20 cm, consistió en incrementar el área de las columnas mediante un recrido de hormigón, hasta alcanzar una sección de 30x30 cm. Con respecto a las vigas, también se propuso realizar un recrido para descolgarlas 10 cm de la losa alivianada, alcanzando una sección transversal final de 20x30 cm, logrando mayor ductilidad y capacidad de disipación energética en la edificación.

Adicionalmente, y debido a la alta flexibilidad del piso 3, conformado por columnas metálicas de sección cuadrada hueca, se optó por colocar diagonales metálicas interconectadas entre ciertas columnas, que aumenten la rigidez del piso

y eviten grandes desplazamientos ante la acción de cargas laterales. En la Figura 9 se presenta una vista tridimensional del reforzamiento propuesto.



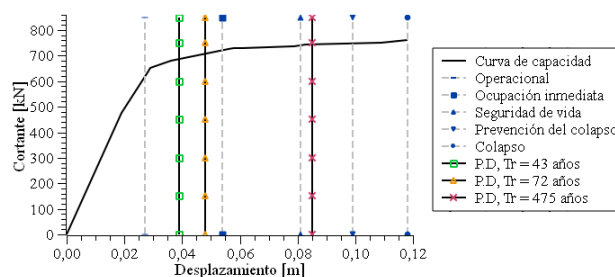
**Fig. 9:** Vista tridimensional del reforzamiento estructural propuesto para la Tipología A

Con el reforzamiento propuesto, la estructura mejoró notablemente su comportamiento sísmico, ya que fue capaz de soportar los 3 sismos especificados previamente, incluyendo el sismo de diseño. Las nuevas relaciones demanda/capacidad que la edificación sería capaz de soportar se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8:** Relaciones demanda / capacidad para la tipología A reforzada

Tipología	Tr = 43 años	Tr = 72 años	Tr = 475 años
A	0.33	0.40	0.73

Para el sismo de diseño, se espera que la estructura tenga un punto de desempeño de Seguridad de Vida, cumpliendo así con el objetivo de seguridad mínimo establecido por la NEC-SE-RE. La curva de capacidad que la estructura reforzada es capaz de desarrollar se presenta en la Figura 10.



**Fig. 10:** Curva de capacidad de la tipología A reforzada

## DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de este estudio se evidenció que la mayoría de las deficiencias estructurales se concentraron en la estructura principal, construida en hormigón armado, y que

estas anomalías fueron las causantes esenciales del inadecuado desempeño sísmico de las edificaciones, siendo marginal el aporte de las ampliaciones verticales.

En el caso particular de las tipologías A, B y D, describen un inadecuado comportamiento frente a cargas laterales. En todos los casos, el nivel de desempeño alcanzado para el sismo de diseño fue distinto al de seguridad de vida. Se identificó una limitada ductilidad de las estructuras debido en gran medida a que están construidas con vigas banda y columnas esbeltas. Estas anomalías las hacen propensas a fallar de manera frágil, pudiendo llegar a fracturarse sin grandes deformaciones muy cerca del límite elástico (Rodríguez, 2013).

En contraste, la tipología C fue la única edificación que cumple las secciones mínimas de columnas establecidas por la NEC-SE-HM; aunque sus vigas no cumplen con el ancho mínimo de 25 cm establecido por la normativa. Sin embargo, estas vigas se descuelgan de la losa, aportando ductilidad al sistema y permitiendo que la estructura alcanzara el nivel de desempeño de prevención de colapso para el sismo de diseño.

Lo expuesto previamente, deja en evidencia la vulnerabilidad de las edificaciones en estudio. La razón principal es el no cumplimiento de la normativa nacional procedente de la falta de dirección técnica durante la etapa de diseño y edificación o porque fueron construidas años atrás con normativas menos rigurosas a las actuales. En este sentido, mecanismos de control de diseño y ejecución de obra por parte de entidades gubernamentales se vuelven indispensables para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones y con ello garantizar la seguridad de los habitantes ante eventuales sismos de gran magnitud.

## CONCLUSIONES

Este trabajo tuvo por objetivo analizar el comportamiento sísmico de las estructuras aporticadas con ampliaciones verticales de la ciudad de Loja. Para ello, se generaron modelos analíticos de 4 tipologías estructurales representativas, sobre los cuales se ejecutó un análisis estático no lineal (pushover) y se identificó las deficiencias estructurales existentes.

Finalmente, se realizó una propuesta de reforzamiento a una de las tipologías que permitiera mejorar su comportamiento ante cargas sísmicas. Del estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones:

El desempeño sísmico de las tipologías estructurales analizadas es deficiente, ya que solo la tipología C tiene la capacidad de resistir el sismo de diseño, cuya probabilidad de excedencia es del 10% en 50 años. Las tipologías A, B y D solo tienen la resistencia suficiente para permanecer en pie ante un sismo con probabilidad de excedencia del 50% en 30 años, por lo que colapsarían ante el sismo de diseño.

La construcción de cubiertas metálicas sobre estructuras de hormigón armado genera un aumento considerable en el período de vibración de la edificación y en sus derivas inelásticas. Esto se debe a que la rigidez de estas ampliaciones es significativamente menor a la rigidez de la estructura principal, lo que ocasiona grandes desplazamientos ante cargas laterales. Si bien es cierto, la adición de estas ampliaciones verticales afecta de manera negativa al comportamiento de las estructuras, pero no es la causa principal de su inadecuado desempeño sísmico.

La causa principal del deficiente comportamiento sísmico de las tipologías analizadas es su escasa rigidez y baja ductilidad. La falta de rigidez se debe a la esbeltez de las columnas, que no cumplen con la sección mínima establecida por la Norma Ecuatoriana de la Construcción; mientras que la baja ductilidad se debe a la utilización de vigas banda embebidas en las losas, en lugar de vigas descolgadas.

Adicionalmente, se detectó en las tipologías más vulnerables (A, B y D) un comportamiento viga fuerte, columna débil, que es propenso a fallas súbitas pudiendo ocasionar el colapso total de la edificación.

Se encontró que el desempeño sísmico de las tipologías podía mejorarse a través de un reforzamiento estructural basado en el recrecido del hormigón. Al incrementar la sección de las columnas, estas serían dotadas de una mayor resistencia y rigidez, mientras que al descolgar las vigas se incrementaría la ductilidad total de la estructura. De esta manera, la edificación tendría capacidad para disipar una mayor cantidad de energía y evitar el colapso ante el sismo de diseño.

De igual manera, se encontró que la alta flexibilidad de las cubiertas metálicas podría ser solucionada mediante la instalación de diagonales rigidizadoras entre las columnas, mismas que cumplirían la función de disminuir el período de vibración y los desplazamientos generados ante cargas sísmicas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Técnica Particular de Loja por facilitar los equipos requeridos para los ensayos no destructivos en las edificaciones analizadas.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización, metodología, análisis formal, investigación y recursos: EPD, CFQ y JDC; curación de datos: CFQ y JDC; redacción — preparación del borrador original: CFQ; redacción — revisión y edición: EPD; supervisión y administración de proyecto: EPD. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

EPD: Edwin P. Duque, CFQ: Cristhian F. Ordoñez, JDC: Jessie D. Cueva.

## FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado mediante fondos propios de los autores.

## REFERENCIAS

Al-Kodmany, K. (2012). The Logic of Vertical Density: Tall Buildings in the 21st Century City. *International Journal of High-Rise Buildings*, 1(2), 131–148. [www.ctbuh.org](http://www.ctbuh.org)

American Society of Civil Engineers. (2014). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*.

Benito, B. (2013). *Geología, Terremotos y Riesgo Sísmico: Avances y Perspectivas*.

Blanco, M. (2012). Criterios Fundamentales Para el Diseño Sismorresistente. *Revista de La Facultad de Ingeniería*



Universidad Central de Venezuela, 27(3), 74–84.

Leslie, R. (2013). *The Pushover Analysis, explained in its Simplicity*.

Martine, G., McGranahan, G., Montgomery, M., Fernández-Castilla, R. (2008). *New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015a). *NEC-SE-CG: Cargas No Sísmicas*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015b). *NEC-SE-DS: Peligro Sísmico - Diseño Sismo Resistente*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015c). *NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015d). *NEC-SE-RE: Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015e). *NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 5 pisos con luces de hasta 5 m*.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*.

Parra, H., Benito, M. B., Gaspar-Escribano, J. M. (2016). Seismic hazard assessment in continental Ecuador. *Bulletin of Earthquake Engineering* 2016 14:8, 14(8), 2129–2159. <https://doi.org/10.1007/S10518-016-9906-7>

Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., Yepes, H. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. Corporación Editora Nacional.

Rodríguez, C. (2013). *Patrones y mecanismos de fractura en los materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras*.

# Desarrollo de una aplicación informática para la búsqueda de oferta de alquiler de inmuebles en la ciudad de Loja

## *Development of a computer application for the search for real estate rental offer in the city of Loja*

Steeven Armijos-Bravo<sup>1,\*</sup> and Wilman Chamba-Zaragocín<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería en Sistemas, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: smarmijosb@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 26/03/2022    Fecha de aceptación del manuscrito: 21/05/2022    Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—Encontrar un bien inmueble donde vivir para satisfacer la necesidad de vivienda cuando se reside, trabaja o estudia fuera de la ciudad natal, es algo importante que requiere de tiempo y dinero. En base a ello, el presente artículo consistió en desarrollar una aplicación informática para la búsqueda de oferta de alquiler de inmuebles para los habitantes de la ciudad de Loja, el cual consta de 4 fases, en la primera fase se realizó una revisión de trabajos similares para identificar requisitos generales, luego se aplicó encuestas a 186 personas para adquirir requisitos que contrasten con los obtenidos anteriormente, dando como resultado el documento de especificación de requerimientos según el estándar IEEE830. En la segunda fase se llevó a cabo el diseño de la aplicación, donde se utilizó la metodología XP y el modelo 4+1 respectivamente para organizar la aplicación, de igual manera se utilizó la arquitectura cliente servidor multicapa para separar la lógica de presentación, lógica de negocio y la lógica de datos; en la tercera fase se codificó el web service API REST, el cliente web y móvil. Finalmente, en la cuarta fase se realizó pruebas de funcionalidad en base a los criterios de aceptación de las Historias de Usuario, las pruebas de carga y estrés obteniendo tiempos de respuesta adecuados de la petición entre el cliente y el servidor, y las pruebas de usabilidad se llevaron a cabo en un ambiente controlado donde se encuestó a 63 personas identificando que la aplicación es fácil de usar y ayuda a reducir el tiempo de búsqueda de un bien inmueble.

**Palabras clave**—Desarrollo de software, Aplicación web, Búsqueda de inmueble, Metodología XP, Stack MEAN

**Abstract**—Finding a real estate where to live to satisfy the need for housing when living, working or studying outside the hometown, is something important that requires time and money. Based on this, the present article consisted of developing a computer application for the search of real estate rental offer for the inhabitants of the city of Loja, which consists of 4 phases, in the first phase a review of similar works was carried out to identify general requirements, then surveys were applied to 186 people to acquire requirements that contrast with those obtained previously, resulting in the requirements specification document according to the IEEE830 standard. In the second phase the application design was carried out, where the XP methodology and the 4+1 model respectively were used to organize the application, in the same way the multilayer client server architecture was used to separate the presentation logic, business logic and data logic; in the third phase the web service API REST, the web and mobile client were coded. Finally, in the fourth phase, functionality tests were performed based on the acceptance criteria of the User Stories, load and stress tests obtaining adequate response times of the request between the client and the server, and usability tests were carried out in a controlled environment where 63 people were surveyed identifying that the application is easy to use and helps to reduce the search time of a real estate.

**Keywords**—Software development, Web application, Property search, XP methodology, MEAN stack

## INTRODUCCIÓN

Las personas que migran a otras ciudades por motivos de estudio, trabajo o para mejorar su calidad de vida (Jara Escobar, 2019) se enfrentan ante la realidad de buscar una vivienda con buenas adecuaciones y acorde a su situación económica, pero muchas de las veces suelen verse afectados debido a que salen a buscar por las distintas localidades ocasionando gastos en transporte, y más importante aún, el tiem-

po empleado para dicho proceso de búsqueda, esto provoca que, debido a la necesidad de conseguir alojamiento obliga a estas personas a optar por alquilar viviendas con malas adecuaciones y en ubicaciones peligrosas, influyendo así, en el desarrollo integral y en las oportunidades laborales, sociales, económicas y de educación (Cevallos, 2019).

Es así que el Art. 30 de la Constitución Ecuatoriana aprobada en 2008 menciona lo siguiente: “Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda

adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica” (Ecuador Constitución de la república del Ecuador, 2008); con ello el Estado protege el derecho de las personas que no tienen la capacidad económica de adquirir una vivienda para que al menos puedan tener acceso a una vivienda alquilada a un precio justo y razonable.

De igual manera, El Instituto Nacional de Estadística y Censos “INEC” ejecutó la Encuesta Nacional de Alquileres “ENALQUI – 2013”, donde indica que la ciudad de Loja cuenta con 5.551 viviendas de las cuales 2.111 son arrendadas Inec (2013), del mismo modo el porcentaje de la población de cinco y más años tienen teléfono celular inteligente, además, el uso de internet móvil ha incrementado desde 2010 de un 2.4% a 48.7% (Iniguez Pineda, 2018).

Por lo mencionado anteriormente, se propone el desarrollo de una aplicación informática a la cual se denominó “LojaHouse” con el objetivo de dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿El desarrollo de una Aplicación Informática optimizará el proceso de búsqueda de oferta de alquiler de inmuebles para los habitantes de la ciudad de Loja?

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la metodología XP ya que resalta por contar con la mayor cantidad de información disponible y por ser la más popular (Letelier y Penadés, 2017). Las fases que se utilizaron se describen a continuación:

### Fase 1. Planificación.

- Se elaboró la revisión de trabajos similares al caso de estudio para obtener requisitos generales.
- Se realizó el levantamiento de requisitos (funcionales y no funcionales), por medio de la técnica de la encuesta, los cuales fueron necesarios para establecer la frontera del sistema y la arquitectura de la misma.
- Se elaboró el documento de especificación de requisitos utilizando el estándar IEEE830 el cual indica que un buen documento de requisitos debe contemplar toda la información presentada en dicho estándar y que en el resultado de esta fase se debe producir un documento de especificación de requisitos en el que se describa lo que el futuro sistema debe hacer (Monteferrer Agut, 2001).
- Se elaboró un prototipo de la aplicación informática y se definieron las historias de usuario y sus criterios de aceptación.

### Fase 2. Diseño.

- Se empleó el modelo arquitectónico 4+1 (Kruchten, 2006), mismo que describe la arquitectura del software en base a múltiples vistas, como son:
  - **vista lógica:** Representa las funcionalidades y el servicio que proporciona a los usuarios.
  - **vista de procesos:** Describe los procesos de la funcionalidad del sistema.
  - **vista de despliegue:** Describe los componentes del sistema con el fin que el programador entienda las interacciones que existen.

- **vista física:** Muestra los componentes físicos del sistema.
- **vista de escenarios:** Muestra la interacción que tienen los actores y los escenarios donde se va a desenvolver el sistema.

### Fase 3. Codificación.

- Se desarrolló la fase de codificación de la aplicación informática.

### Fase 4. Pruebas.

- Se desarrolló la fase de pruebas de la Metodología XP:
- Pruebas al API REST.
  - Pruebas de carga y estrés.
  - Pruebas de caja negra.
  - Pruebas de usabilidad.
  - Pruebas de aceptación.

## RESULTADOS

### A. Determinar los requisitos necesarios para desarrollar la Aplicación Informática.

Se realizó una revisión de trabajos similares para poder obtener requerimientos generales donde se analizó el nivel de entendimiento y si es utilizable en la aplicación informática, obteniendo como resultado los requisitos comunes entre los 7 trabajos seleccionados (Ver Tabla 1). Para visualizar el documento detallado, acceder a: <https://acortar.link/pf8TEu>. De igual manera se diseñó las encuestas y se las aplicó mediante la difusión a través de contactos de WhatsApp y redes sociales como Facebook a personas que ofertan bienes inmuebles en alquiler (arrendadores) y a personas que buscan inmuebles ofertados en alquiler (arrendatarios) en un tiempo de 10 días.

Tabla 1: Requerimientos comunes entre los trabajos relacionados

Código	Requerimiento
RF001	Mostrar alquileres.
RF002	Buscar alquileres.
RF003	Gestionar publicaciones.
RF004	Contactarse con el arrendador.
RF005	Mostrar propiedades.
RF006	Registro de Usuario.
RF007	Búsqueda de Datos.
RF008	Detalle de Vivienda en Alquiler.
RF009	Llamada Telefónica al oferente del alquiler.
RF010	Envío de mensaje al oferente del alquiler.
RF011	Publicación de Alquiler.
RF012	Registrar vivienda.

Se utilizó el estándar IEEE 830 con la finalidad de poder tener un documento de especificación de requerimientos del sistema, donde se definió los requerimientos funcionales y no funcionales para un mejor entendimiento del sistema y determinar la frontera del mismo. En la Tabla 2 se muestra los requerimientos funcionales. Para ver la especificación de requerimientos acceder a: <https://acortar.link/zyq0ko>

**Tabla 2:** Requerimientos funcionales

Código	Requerimiento
RF001	Registrar Usuarios
RF002	Autenticar Usuarios.
RF003	Gestionar cuentas de usuarios.
RF004	Gestionar perfil de usuario.
RF005	Gestionar inmueble.
RF006	Gestionar solicitudes de reserva de alquiler de un bien inmueble.
RF007	Gestionar contratos de alquiler.
RF008	Alquilar bien inmueble.
RF009	Visualizar contratos de alquiler interno.
RF010	Visualizar información de un bien inmueble.
RF011	Gestionar solicitudes de reserva de alquiler de un bien inmueble.
RF012	Buscar un bien inmueble.
RF013	Cambiar contraseña.
RF014	Resetear contraseña.
RF015	Publicar un anuncio.
RF016	Enviar mensajes por WhatsApp.
RF017	Realizar una llamada telefónica.
RF018	Recibir notificación de un bien inmueble ofertado.
RF019	Seleccionar filtros de búsqueda.
RF020	Enviar mensajes al administrador.
RF021	Visualizar mensajes al administrador.
RF022	Eliminar mensajes.
RF023	Gestionar servicios básicos.

### B. Diseñar e implementar la Aplicación Informática para la búsqueda de alquiler de inmuebles en base a la metodología XP

En esta sección se describe las actividades realizadas en el diseño e implementación de la Aplicación Informática en base a la metodología XP, detallando cada una de sus fases.

#### 1. Planificación.

En (López Gil, 2018) con respecto a la metodología XP, señala que, en esta primera fase, la comunicación con el cliente es esencial para poder definir los requisitos, mismos que permiten crear las historias de usuario que describen la funcionalidad del software que se va a construir.

##### a. Equipos integrantes y roles

El equipo de trabajo encargado de la implementación de la aplicación LojaHouse, se detalla en la Tabla 3.

Se identificó tres tipos de usuarios que intervienen en la Aplicación Informática, los cuales se detallan en la Tabla 4.

##### b. Historias de Usuario

La metodología XP utiliza la técnica de Historias de Usuario (HU) para especificar los requisitos del software, describiendo brevemente las características que el sistema debe tener, ya sean requisitos funcionales como no funcionales. Las HU deben ser comprensibles y delimitadas para que el programador pueda implementarlas en el menor tiempo posible (López Gil, 2018). Las HU fueron creadas a partir de los requerimientos funcionales definidos en el documento de especificación de

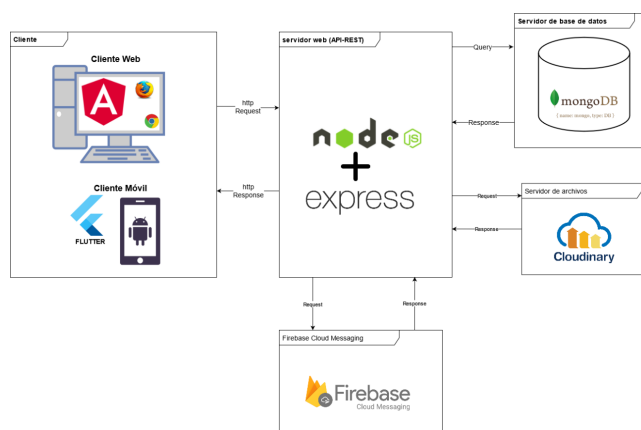
**Tabla 3:** Equipos integrantes y roles

Rol	Persona
Programador	Steeven Michael Armijos Bravo.
Jefe de Proyecto	Ing. Wilman Patricio Chamba Zaragoza.
Cliente	Arrendador - Arrendatario
Encargado de Pruebas	Steeven Michael Armijos Bravo.
Encargado de seguimiento	Ing. Wilman Patricio Chamba Zaragoza.
Entrenador	Ing. Wilman Patricio Chamba Zaragoza.
Gestor	Steeven Michael Armijos Bravo.

requerimientos, donde se obtuvo un total de 18 HU. Se puede acceder a las HU y su respectiva estimación a través del siguiente enlace: <https://acortar.link/Ngvic5>

#### 2. Diseño

**a. Vista General del Sistema** En la Figura 1, se puede observar la vista general del sistema LojaHouse, donde se especifica dos tipos de cliente (Frontend): cliente web, el cual se desarrolló con el framework Angular empleando el patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC), y la aplicación móvil que se utilizó el framework Flutter aplicando el patrón Lógica de Negocio de Componente (BLoC). Para la creación del servicio web API-REST (Backend), se aplicó el patrón de diseño MVC y se utilizó NodeJs con el framework ExpressJs, el mismo que se comunica con la base de datos MongoDB a través del Object Document Mapping (ODM) Mongoose, de igual forma se utilizó el servicio Cloudinary el cual permite almacenar imágenes, y finalmente se configuró el servidor web API REST para el envío de notificaciones mediante el servicio de Firebase Cloud Messaging.



**Fig. 1:** Vista General del Sistema

##### b. Arquitectura de Software

En la Tabla 5 se puede visualizar como se encuentra definida la arquitectura de software de la aplicación informática LojaHouse utilizando el modelo arquitectónico 4+1 el mismo que propone describir la arquitectura de software por medio de diferentes vistas, como son: vista lógica, vista de despliegue, vista de escenarios,

**Tabla 4:** Tipo de usuario

Tipo de usuario	Descripción
Arrendador	El usuario arrendador tiene acceso a las siguientes funcionalidades: -Registrar Usuarios. -Autenticar Usuarios. -Gestionar inmueble. -Gestión de solicitudes de reservas de alquiler de un bien inmueble. -Gestión de contrato de alquiler. -Alquilar bien inmueble. -Visualizar información de un bien inmueble. -Visualizar contratos de alquiler interno. -Cambiar contraseña. -Resetear contraseña. -Publicar un anuncio. -Gestionar perfil de usuario. -Enviar mensaje al administrador.
Arrendatario	El usuario arrendatario tiene acceso a las siguientes funcionalidades: -Registrar Usuarios. -Autenticar Usuarios. -Visualizar información de un bien inmueble. -Buscar un bien inmueble. -Gestión de solicitudes de reservas de alquiler de un bien inmueble. -Gestionar contratos de alquiler. -Visualizar contratos de alquiler interno. -Cambiar contraseña. -Resetear contraseña. -Enviar mensajes por WhatsApp. -Realizar una llamada telefónica. -Recibir notificación de un bien inmueble ofertado. -Seleccionar filtros de búsqueda. -Gestionar perfil de usuario. -Enviar mensaje al administrador.
Administrador	El usuario administrador tiene acceso a las siguientes funcionalidades: -Registrar Usuarios. -Autenticar Usuarios. -Gestionar cuentas de usuarios. -Gestionar perfil de usuario. -Visualizar mensajes al administrador. -Eliminar mensajes. -Gestión de servicios básicos.

vista física y vista de procesos (Kruchten, 2006).

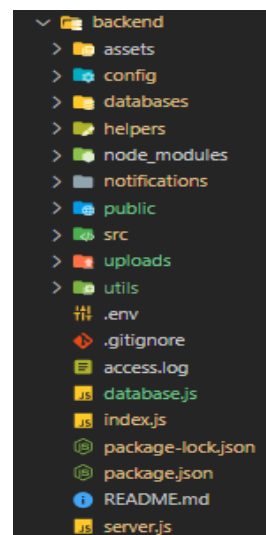
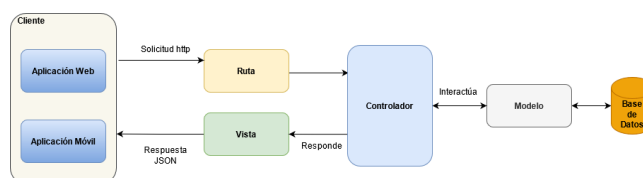
### 3. Codificación

Se codificó la aplicación LojaHouse, utilizando un stack de tecnologías basadas en el lenguaje de programación JavaScript denominado Stack MEAN (MongoDB, Express, Angular, Node) y para la parte móvil se utilizó el framework Flutter y el lenguaje de programación Dart. En la Figura 2 se muestra la estructura del servicio web API REST, de igual manera en la Figura 3 se muestra el patrón MVC utilizado.

La ruta se encarga de reenviar las solicitudes admitidas hacia el controlador apropiado. La Figura 4 muestra

**Tabla 5:** Arquitectura 4+1

Vista	Elemento Modelado
Vista de Escenarios	Diagrama de casos de uso.
Vista Lógica	Modelo Conceptual, Diagrama de Clases.
Vista Física	Diagrama de Despliegue.
Vista de Despliegue	Diagrama de Componentes.
Vista de Procesos	Diagrama de Actividad.

**Fig. 2:** Estructura del Servicio Web API-REST**Fig. 3:** Patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador

la definición de las rutas para el módulo de visitas, las mismas que redirigen la petición hacia el controlador específico.

```
const express = require('express');
var mdwVerificarToken = require('../middlewares/autenticacion');
const router = express();

const {
  } = require('../controllers/visita.controller');

//SE OBTIENE SOLO LAS VISITAS A LOS INMUEBLES DEL ARRENDADOR
router.get('/obtenervisitas/desde', mdwVerificarToken.verificarToken, obtenerVisitas);
//SE OBTIENE SOLO LAS VISITAS A LOS INMUEBLES DEL ARRENDADOR, ESTO ES PARA EL DASHBOARD
router.get('/obtenervisitas-contador', mdwVerificarToken.verificarToken, obtenerSolicitudVisitasPendientes);
//SE OBTIENE SOLO LAS VISITAS A LOS INMUEBLES DEL ARRENDADOR ADMINISTRADOR
router.get('/administrador/arrendador/visitas/desde', mdwVerificarToken.verificarToken, obtenerVisitasArrendatarioAdministrador);
//CRUD ARRENDADOR (VISITA)
router.post('/creavisita', mdwVerificarToken.verificarToken, crearVisita);
router.put('/actualizarvisita/id', mdwVerificarToken.verificarToken, actualizarVisita);
router.put('/eliminarvisita/id', mdwVerificarToken.verificarToken, eliminarVisita);
//RUTAS DEL USUARIO ARRENDADOR PARA ACEPTAR LAS VISITAS
router.put('/arrendador/aceptarvisita/id', aceptarVisita);
//RUTA PARA OBTENER TODAS LAS VISITAS QUE EL USUARIO ARRENDATARIO HA SOLICITADO
router.get('/arrendatario/visitasolicitudes/desde', mdwVerificarToken.verificarToken, obtenerVisitasSolicitudes);
router.get('/arrendatario/visitasolicitudesmovil', mdwVerificarToken.verificarToken, obtenerVisitasSolicitudesMovil);
//RUTAS DEL USUARIO ARRENDATARIO PARA LAS VISITAS
router.get('/arrendatario/obtenervisita/id', mdwVerificarToken.verificarToken, obtenerVisitaEspecificaArrendatario);
router.get('/arrendador/obtenervisita/id', mdwVerificarToken.verificarToken, obtenerVisitaEspecificaArrendador);
module.exports = router;
```

**Fig. 4:** Ruta para el módulo visita

El modelo contiene la representación de los datos del dominio de la aplicación, es decir, las clases. La Figura 5 muestra la definición del modelo para el módulo de visitas utilizando el ODM Mongoose, el cual permite

crear el esquema de la base de datos, además permite realizar validaciones y crear consultas.

```
1 let mongoose = require('mongoose');
2
3 let Schema = mongoose.Schema;
4
5
6 let estadosValidos = {
7   valores: ['ACEPTADA', 'RECHAZADA', 'PENDIENTE', 'ATENDIDA', 'ELIMINADA'],
8   message: '¡VALUE! no es un estado permitido'
9 }
10
11 let visitaSchema = new Schema({
12   fecha: {type: Date, required: [true, 'La fecha es necesaria']},
13   descripción: {type: String, required: [true, 'La descripción es necesaria']},
14   estado: {type: String, required: false, default: 'PENDIENTE', enum: estadosValidos},
15   inmueble: {type: Schema.Types.ObjectId, ref: 'Inmueble'},
16   usuarioarrendatario: {type: Schema.Types.ObjectId, ref: 'Usuario'},
17 }, {timestamps: true, versionKey: false, {collection: 'visitas'}});
18
19 module.exports = mongoose.model('Visita', visitaSchema);
```

Fig. 5: Modelo para el módulo visita

El controlador es el que interactúa con el modelo para obtener los datos solicitados y representarlos a través de la vista. En la Figura 6 se muestra el código del controlador de aceptar visita, aquí es donde se procesan los datos de la solicitud y recuperará la información necesaria del modelo para luego entregárselos a la vista para que los procese el cliente.

```
aceptarVisita: async (req, res) => {
  let id = req.params.id;
  const { estado } = req.body;
  await visitaModel.findById(id, (err, visita) => {
    if (err) {
      return res.status(500).json({
        ok: false,
        mensaje: "Error al buscar visita",
        errors: err,
      });
    }
    if (!visita) {
      return res.status(400).json({
        ok: false,
        mensaje: "El visita con el id: " + id + " no existe",
        errors: { message: "No existe un visita con ese ID" },
      });
    }
    visita.estado = estado;
    visita.save((err, visitaGuardado) => {
      if (err) {
        return res.status(400).json({
          ok: false,
          mensaje: "Error al aceptar la visita",
          errors: err,
        });
      }
      res.status(200).json({
        ok: true,
        visita: visitaGuardado,
        mensaje: `La visita está: ${estado}`,
      });
    });
  });
};
```

Fig. 6: Controlador para aceptar una visita

La vista es utilizada por el controlador para representar los datos, en este caso la respuesta en formato JSON. En la Figura 7 se muestra la respuesta que se envía desde el controlador en formato JSON para que el cliente pueda procesarla.

*Diseño Final de interfaz de usuario de la aplicación LojaHouse.* En la Figura 8 se muestra la interfaz de

```
if (err) {
  return res.status(400).json({
    ok: false,
    mensaje: "Error al aceptar la visita",
    errors: err,
  });
}
res.status(200).json({
  ok: true,
  visita: visitaGuardado,
  mensaje: `La visita está: ${estado}`,
});
```

Fig. 7: Respuesta en formato JSON para aceptar una visita

usuario de la página principal de la aplicación LojaHouse.

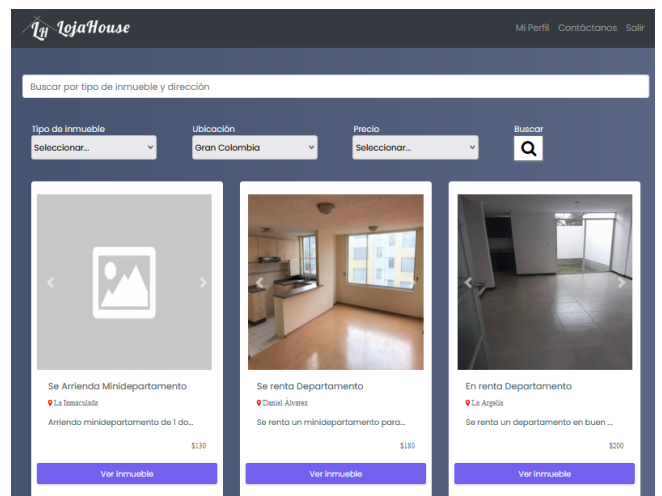


Fig. 8: Página principal

El Proyecto LojaHouse se encuentra alojado en el repositorio de control de versiones GitHub:

**Backend:** <https://acortar.link/DnPbOR>

**Frontend:** <https://acortar.link/DK0rbY>

**Aplicación móvil:** <https://acortar.link/TleRts>

### C. Evaluar la funcionalidad y usabilidad de la Aplicación Informática en un ambiente controlado o simulado.

#### 4. Pruebas

En esta sección se describe la cuarta fase de la metodología XP, la fase de pruebas del sistema para evaluar la funcionalidad e identificar errores en el software.

##### Pruebas al Servicio Web API REST

Para las pruebas del API REST se utilizó la herramienta Postman, la cual permitió el envío de peticiones http (get, put, delete, post) hacia el servicio web API REST, obteniendo una respuesta en formato json, el mismo que permitió verificar el correcto funcionamiento del Backend e identificar el tiempo que demora la respuesta en cada petición realizada.

En la Tabla 6 se muestra los test realizados donde se utilizó la herramienta Postman considerando los

siguientes parámetros: url, token, método, resultado y tiempo de respuesta de la petición, para ello se realizó el test a las peticiones principales del API REST.

**Tabla 6:** Pruebas unitarias servicio web API REST - postman

URL	Método	Resultado	T.respuesta
localhost:3000/usuario/crearusuario	POST	Registra la cuenta del usuario	2160 ms.
http://localhost:3000/login	POST	Inicia sesión	238 ms.
localhost:3000/usuario/reseteo-password	PUT	Resetea el password	1860 ms.
localhost:3000/mensaje/crear-mensaje	POST	Envia un mensaje	273 ms.
localhost:3000/busqueda/coleccion/inmuebles/CASA/Gran Colombia/150-200	GET	Permite filtrar bienes inmuebles	297 ms.
localhost:3000/inmueble/obtenerinmueble/publico/60a88386fdbc902cfc00fc22	GET	Visualiza información del inmueble	241 ms.
localhost:3000/inmueble/crearinmueble	POST	Crea un bien inmueble	244 ms.
localhost:3000/inmueble/desactivarinmueble/60ed2b0f064bcc3ba8f21378	PUT	Publica un bien inmueble	578 ms.
localhost:3000/visita/crearvisita	POST	Permite generar una solicitud de alquiler	250 ms.
localhost:3000/inmueble/desactivarinmueble/60ed2b0f064bcc3ba8f21378	PUT	Acepta una de alquiler	239 ms.
localhost:3000/contrato/crear-contrato	POST	Genera un contrato de alquiler	357 ms.
localhost:3000/contrato/acuerdo/60ed32a0db551b3bbcd02525/aceptar	POST	Acepta un contrato de alquiler	411 ms.

### Pruebas de caja negra

Las pruebas de caja negra se llevaron a cabo en base a los criterios de aceptación de las Historias de Usuario para determinar si el software cumple o no con los requisitos de software. La Tabla 7 muestra el ejemplo para el caso de prueba de caja negra para la creación de un inmueble.

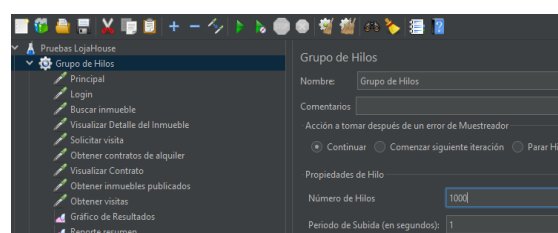
**Tabla 7:** Caso de prueba de caja negra - crear inmueble

Criterio de aceptación	Cumple
Mostrar el formulario de registro de un nuevo inmueble a través del botón Nuevo Inmueble de la pantalla gestión de inmuebles.	Si
Cargar las opciones de tipo de inmueble como: casa, departamento, cuarto, mini-departamento en la pantalla de registro de nuevos inmuebles.	Si
Seleccionarlos servicios que incluye un bien inmueble.	Si
Validar campos obligatorios.	Si
Mostrar un mensaje indicando que hay campos obligatorios vacíos.	Si
Controlar si el bien inmueble posee garantía, si no se ingresa un monto, por defecto será 0.	Si
Guardar el inmueble al dar clic en el botón "Guardar inmueble".	Si
Registrar el bien inmueble y mostrar un mensaje notificando al usuario que se ha registrado su inmueble.	Si
Redirigir a otra pantalla donde se podrá subir las imágenes del inmueble.	Si
Cargar imágenes al bien inmueble.	Si
Quitar imágenes (de ser necesario) del bien inmueble.	Si
Mostrar un mensaje indicando lo siguiente: "Imágenes cargadas exitosamente".	Si

### Pruebas de carga y estrés

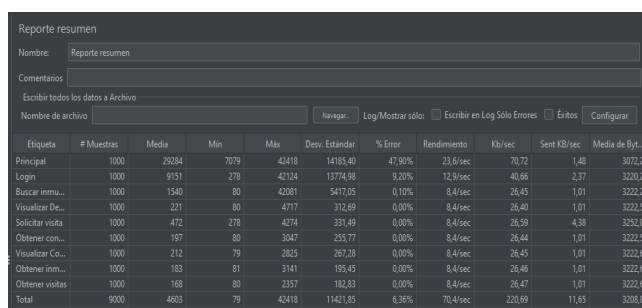
El backend de la aplicación LojaHouse se encuentra alojado en los servidores de Heroku, y el frontend en los servidores de Firebase Hosting, de google. Para conocer el nivel de carga que puede soportar la aplicación y su rendimiento, se realizó pruebas de carga y estrés.

En la Figura 9 se muestra la configuración del grupo de hilos, donde se define las peticiones de tipo GET y POST que se estima podrían producir cuellos de botella, para ello se configuró 1000 peticiones para un periodo de un segundo que se ejecutarán de manera concurrente.



**Fig. 9:** Configuración de peticiones

En la Figura 10 se puede observar el resultado en forma de resumen, lo cual permite conocer el error obtenido en la prueba, en este caso se obtuvo un porcentaje de 6.36%, es decir, la aplicación LojaHouse tiende a fallar más al realizar peticiones concurrentes en la página principal, por otro lado, la página de login tiende a fallar en menor medida. Aun así, se puede evidenciar que la aplicación soportó 1000 peticiones concurrentes presentando un rendimiento estable, dando un total de 70,4% de rendimiento, por lo que se concluye que la aplicación funciona de forma correcta con tiempos de respuesta mínimos de 79 ms y como máximo de 42.418 ms.



Etiqueta	# Muestras	Media	Min	Máx	Dev. Estándar	% Error	Rendimiento	Kb/seg	Send KB/seg	Media de Bytes
Principal	1000	29384	7079	42418	14195.40	47.90%	70.72	23.6/seg	1.48	3072.2
Login	1000	9151	278	42124	13774.98	9.20%	12.9/seg	40.66	2.37	3220.2
Buscar inmue...	1000	1540	80	42081	5417.05	0.10%	8.4/seg	26.45	1.01	3222.6
Visualizar De...	1000	221	80	4717	312.69	0.00%	8.4/seg	26.40	1.01	3222.5
Solicitar visita	1000	472	278	4274	331.49	0.00%	8.4/seg	26.59	4.38	3252.0
Obtener com...	1000	197	80	3047	255.77	0.00%	8.4/seg	26.44	1.01	3222.5
Visualizar Co...	1000	212	79	2825	267.28	0.00%	8.4/seg	26.45	1.01	3222.6
Obtener inmue...	1000	183	81	3141	195.45	0.00%	8.4/seg	26.46	1.01	3222.6
Obtener visitas	1000	168	80	2357	182.83	0.00%	8.4/seg	26.47	1.01	3222.6
Total	9000	4603	79	42418	11421.85	6.36%	70.4/seg	220.69	11.65	3208.8

**Fig. 10:** Reporte de resumen de resultados de la ejecución de la prueba de carga y estrés

### Pruebas de Usabilidad

Para las pruebas de usabilidad se empleó el método del experimento y el método empírico de la encuesta mediante un cuestionario estandarizado PSSUQ (Cuestionario de Usabilidad del Sistema Posterior al Estudio) utilizado en (Tobar Ibarra, 2018). Este cuestionario permite obtener respuestas en base a la escala de Likert la cual se aplicó luego que el usuario interactuó con la Aplicación Informática LojaHouse.

Para llevar a cabo las pruebas se procedió a invitar de manera voluntaria a los participantes en rol de arrendadores por medio de las Aplicaciones Facebook y WhatsApp; para ello se envió la dirección web (<https://frontendlh.web.app/login>) desde el cual accedían a la aplicación LojaHouse, para el caso de los participantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas/Computación, en su rol de arrendatarios, se solicitó descargar la aplicación móvil de la Play Store de Google para llevar a cabo las pruebas, las mismas que fueron efectuadas en el lapso de 27 días obteniendo un total de 63 personas encuestadas que probaron la aplicación LojaHouse donde se obtuvo como resultado que la aplicación es aceptada por los usuarios, es fácil de usar y sobretodo, permite agilizar la búsqueda de oferta de alquiler de un bien inmueble, donde normalmente los usuarios emplean 1 día como mínimo, hasta más de 3 días, por lo cual, mediante las pruebas realizadas dicha actividad se demora de 10 a 30 minutos como mínimo, hasta máximo 1 día.

## DISCUSIÓN

La revisión de los trabajos (Ríos Pinzón, 2008), (Ruano Arranz, 2016), (Jara Castillo, 2015), (Herrera Arizaga,

2015), (Lázaro Hernández, 2018), (Loor Villamar y Moroch Ramos, 2016), (Herrera Nole, 2016) ayudó a identificar 68 requisitos de los cuales 12 se tomaron en cuenta, para ello se realizó una evaluación bajo el criterio del autor con el objetivo de determinar el nivel de entendimiento y su utilidad. Este trabajo planteó el uso de la entrevista para la obtención de requisitos, pero a consecuencia de las medidas restrictivas que surgieron por motivos de la crisis sanitaria a nivel mundial, COVID-19, se utilizó la técnica de la encuesta en un formato digital haciendo uso de la herramienta Google Forms, las cuales fueron difundidas a través de las Aplicaciones de Facebook y WhatsApp logrando llegar a las personas que residen en la ciudad de Loja. Los resultados obtenidos permitieron corroborar con los requisitos de los trabajos similares, además, los requisitos propuestos se diferencian en cuanto a realizar una llamada telefónica al arrendador, el envío de mensajes por WhatsApp, la solicitud de visitas de alquiler, el envío de mensajes al administrador, generación de contrato de alquiler interno, filtrar por el tipo de inmueble, la dirección y el precio, recibir notificaciones en la aplicación; de igual manera, como requisito no funcional se consideró desarrollar la aplicación web y móvil. Como resultado final se obtuvo el documento de Especificación de Requerimientos de Software en base al estándar IEEE-830, mismo que ha sido objeto de estudio en los trabajos revisados anteriormente, por lo que se identificó un total de 23 requisitos funcionales y 9 requisitos no funcionales, además la tecnología a utilizar, a diferencia de los trabajos revisados que utilizaban varios lenguajes de programación para el Backend (php, python) y para el Frontend (HTML, CSS, JavaScript), por lo que para este estudio se definió un stack de tecnologías basados en el lenguaje de programación JavaScript y para la aplicación móvil el lenguaje de programación Dart.

Las fases de la metodología XP permitieron desarrollar el proyecto de manera exitosa. En primera instancia se logró definir las HU en base al documento de requerimientos, obteniendo así un conjunto de 18 HU que a su vez se realizó una estimación de tiempo de implementación general, ya que una metodología no es restrictiva, es por ello que se optó por realizar una estimación completa inicial. Para reforzar el diseño del sistema, se utilizó el modelo arquitectónico 4+1 el cual permitió modelar y documentar el diseño de la aplicación informática para un mejor entendimiento en base a 5 vistas bien definidas. A partir de ello, en la fase de Codificación de la metodología XP, se facilitó en gran medida, ya que se eligió los módulos de forma alternativa para llevar a cabo la implementación de los mismos. Cabe recalcar que existieron funcionalidades que generaron retrasos en la implementación, por ejemplo el manejo de imágenes, envío de notificaciones push, envío de correos electrónicos, entre otras. Al elegir el Framework Flutter con el lenguaje de programación Dart, la curva de aprendizaje fue fácil con un grado de dificultad por falta de conocimientos en cuanto al emplear el patrón bloc para el manejo de estados, pero permitió llevar a cabo el desarrollo de la aplicación móvil de manera exitosa ya que se puede crear aplicaciones elegantes que se ven igual tanto en IOS como en Android, además es una tecnología que está apoderándose de la programación web y de escritorio, cabe recalcar que la aplicación móvil se ha generado específicamente para Android porque no se dispone del hardware necesario para realizar pruebas en dispositivos



IOS. Por otro lado, la aplicación LojaHouse permite agregar futuras funcionalidades ya que se compone de una arquitectura cliente servidor multicapa, la cual permite que tanto la aplicación web y móvil se comuniquen a través del Servicio Web API REST.

La evaluación de la aplicación LojaHouse se llevó a cabo mediante diversas pruebas que permitieron garantizar que el software funciona correctamente y cumple con las especificaciones definidas en el documento de Especificación de Requerimientos. Se realizaron casos de prueba de caja negra en base a las Historias de Usuario lo que permitió encontrar algunas fallas en la funcionalidad de la aplicación, las cuales se lograron solventar de manera exitosa y cumplir con los requerimientos especificados. Por otro lado, las pruebas de carga y estrés permitieron detectar en qué páginas tiende a fallar la aplicación, por lo que la página principal y la de iniciar sesión fueron las que presentan cuellos de botella al tener más de 1000 usuarios concurrentes, en este caso influye el servicio de hosting que se utilizó, al tener una versión gratuita en los servidores de Heroku y Firebase, el tiempo de respuesta tiende a ser más lento. Finalmente las pruebas de usabilidad realizadas en base a un cuestionario estandarizado PSSUQ (Cuestionario de Usabilidad del Sistema Posterior al Estudio) utilizado en (Tobar Ibarra, 2018), permitió establecer que la aplicación es aceptada por los usuarios, es fácil de usar y sobretodo, permite agilizar la búsqueda de oferta de alquiler de un bien inmueble, donde normalmente los usuarios emplean de 1 día como mínimo, hasta más de 3 días, por lo cual, mediante las pruebas realizadas dicha actividad se demora de 10 a 30 minutos como mínimo, hasta máximo 1 día.

De forma general, la aplicación facilita la búsqueda y control de los bienes inmuebles, de los contratos de alquiler interno y las visitas, por lo que se obtuvo como resultado que la aplicación es fácil de usar y es aceptada por los usuarios.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de la aplicación LojaHouse permite optimizar la búsqueda de bienes inmuebles a los usuarios que desean alquilar una vivienda en la ciudad de Loja, con respecto al tiempo de búsqueda, donde normalmente empleaban de 1 día como mínimo, hasta más de 3 días, por lo cual, mediante las pruebas realizadas dicha actividad se demora de 10 a 30 minutos como mínimo, hasta máximo 1 día, y como ahorra el tiempo de búsqueda también ayuda económicamente ya que el arrendatario no se dirige al bien inmueble hasta que exista una previa comunicación entre ambas partes, por otro lado, se determinó que la aplicación es aceptada por los usuarios, y que la mayoría está muy de acuerdo en que la aplicación es fácil de usar.

La revisión de trabajos similares ayudó en gran medida en la recopilación de requisitos generales, y con la encuesta se logró identificar y detallar 23 requisitos funcionales y 9 requisitos no funcionales que la aplicación debe contemplar, quedando establecidos en el documento de Especificación de Requisitos en base al estándar IEEE 830.

El desarrollo de la aplicación siguiendo la metodología XP ayuda en gran medida a organizar las actividades de forma general para el cumplimiento de las 18 historias de usuario a través de cada una de sus fases, como son: la fase de pla-

nificación, diseño, codificación y pruebas para un desarrollo exitoso del proyecto, de igual manera se utilizó el modelo arquitectónico 4+1 para tener una mejor comprensión y comunicación en el desarrollo del sistema.

La fase de pruebas ayudó a validar que la aplicación cumple con los requisitos especificados, que la aplicación es fácil de usar y sobretodo la aceptación del sistema por parte de los usuarios. Además permitieron corroborar que el rendimiento de la aplicación tenga tiempos de respuesta aceptables.

Utilizar tecnologías basadas en JavaScript como el Stack MEAN (MongoDB, Express, Angular, Node) ayudado con el Framework Flutter, permitió llevar a cabo el desarrollo de la aplicación de manera exitosa, logrando obtener un producto de software funcional que cumple con los requisitos especificados, además, reduce el tiempo de desarrollo y la curva de aprendizaje

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

“Conceptualización, SAB; metodología, SAB y WCHZ; análisis formal, SAB; investigación, SAB; recursos, SAB; curación de datos, SAB; redacción — preparación del borrador, SAB; original, SAB; redacción — revisión y edición, SAB y WCHZ; visualización, WCHZ; supervisión, WCHZ; administración de proyecto: WCHZ, adquisición de financiamiento para la investigación: SAB. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito. Steeven Armijos-Bravo: SAB. Wilman Chamba-Zaragocín: WCHZ”.

## FINANCIAMIENTOS

El presente estudio fue financiado por el autor del mismo.

## REFERENCIAS

- Cevallos, C. (2019). *Programa de arrendamiento de vivienda social: Alternativa para reducir el déficit de vivienda social, generar mayor asequibilidad y disminuir la segregación espacial en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)* (Tesis Doctoral). Descargado de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16312/Disertaci%0nCarolinaCevallosFeb-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ecuador Constitución de la república del Ecuador, C. (2008). *artículo 30*. Descargado de [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
- Herrera Arizaga, M. B. (2015). *desarrollo de una aplicación web y una aplicación móvil para la gestión de alquiler y venta en una inmobiliaria* (Tesis Doctoral). Descargado de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5125/1/TTUAIC\\_2015\\_ISIST\\_CD0034.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5125/1/TTUAIC_2015_ISIST_CD0034.pdf)
- Herrera Nole, J. F. (2016). *implementación de un sistema web y una aplicación móvil para administrar los servicios y actividades de una empresa inmobiliaria*. (Tesis Doctoral). Descargado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7660>
- Inec. (2013). *encuesta nacional de alquileres enalqui 2013* (Inf. Téc.).

- Iniguez Pineda, C. F. (2018). *análisis comparativo del servicio de streaming de video de youtube entre las operadoras de datos móviles 4g en el ecuador, para proponer parámetros mínimos de calidad* (Tesis Doctoral no publicada).
- Jara Castillo, J. A. (2015). *desarrollo de una aplicación web y una aplicación móvil para registrar el alquiler y ventas de una inmobiliaria utilizando scrum* (Tesis Doctoral no publicada).
- Jara Escobar, J. M. (2019). *migración estudiantil. un análisis exploratorio sobre el impacto en la adaptación de los estudiantes de la carrera de licenciatura en gestión y desarrollo turístico de la universidad estatal península de santa elena, ecuador* (Tesis Doctoral no publicada).
- Kruchten, P. (2006). Planos Arquitectónicos : El Modelo de “4 + 1” Vistas de la La Arquitectura del Software. , 12(6), 1–16.
- Lázaro Hernández, C. (2018). *diseño y desarrollo de una aplicación web para compartir piso* (Tesis Doctoral). Descargado de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/72425>
- Letelier, P., y Penadés, C. (2017). metodologías ágiles para el desarrollo de software: extreme programming (xp). *Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP)*, 17.
- Llor Villamar, A. D., y Morocho Ramos, M. A. (2016). *desarrollo e implementación de un aplicativo para dispositivos móviles con sistema operativo android y geolocalización que permita ofrecer y solicitar servicios de alquiler de casas con ubicación exacta y a la vez sugiera las más cercanas a la ubicación a* (Tesis Doctoral no publicada).
- López Gil, A. (2018). *Estudio comparativo de metodologías tradicionales y ágiles para proyectos de desarrollo de software* (Tesis Doctoral). Descargado de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/32875>
- Monteferrer Agut, R. (2001). Especificación de Requisitos Software según el estándar de IEEE 830.
- Ríos Pinzón, E. G. (2008). *Desarrollo de un sistema informático para los procesos de cosecha y post-cosecha de la camaronera “pampas de Cayanca”* (Tesis Doctoral no publicada).
- Ruano Arranz, M. (2016). *estupiso segovia: buscador de viviendas en alquiler en segovia para estudiantes* (Tesis Doctoral no publicada).
- Tobar Ibarra, O. D. (2018). Evaluación de usabilidad de plataforma educativa acceso multidispositivos.

# Aprendizaje del sistema de lectura y escritura Braille basado en las TIC

## *Learning the Braille reading and writing system based on ICTs*

Javier Sarango<sup>1,\*</sup>, Wilman Chamba<sup>1</sup> y Mariana Espinoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería en Sistemas/Computación - Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador; [jasarangoe@unl.edu.ec](mailto:jasarangoe@unl.edu.ec),  
[wpchamba@unl.edu.ec](mailto:wpchamba@unl.edu.ec), [mariana.espinoza@unl.edu.ec](mailto:mariana.espinoza@unl.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [jasarangoe@unl.edu.ec](mailto:jasarangoe@unl.edu.ec)

Fecha de recepción del manuscrito: 26/03/2022    Fecha de aceptación del manuscrito: 07/06/2022    Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—La presente investigación consistió en el desarrollo de una aplicación móvil denominada “escribir con puntos”, para la enseñanza del Sistema de Lectura y Escritura Braille a personas con o sin discapacidad visual. Se partió examinando el estado del arte sobre la enseñanza basada en TIC del sistema Braille, se diseñó y construyó la aplicación junto a una persona con este tipo de discapacidad; para la evaluación de la aplicación se recogió recomendaciones de una experta en el campo de la psicorehabilitación. La investigación es de carácter científica, exploratoria y descriptiva, ya que hace uso del método analítico, científico, estudio de casos, entrevistas y recursos académicos como la guía didáctica para la lectoescritura Braille. Finalmente se demostró que “escribir con puntos” ayudará en la enseñanza del sistema Braille apoyando al proceso de enseñanza aprendizaje a los docentes, basado en los resultados obtenidos en la evaluación de la aplicación, siguiendo los lineamientos pedagógicos dados por la experta en psicorehabilitación.

**Palabras clave**—Braille, Aplicación, Enseñanza, Bliseo, Discapacidad visual

**Abstract**—The present research consisted in the development of a mobile application called “escribir con puntos”, for teaching Braille reading to people with or without visual impairment. We started by examining the state of the art on teaching based on ICTs of the Braille system, The application was designed and built together with a person with this type of disability and the evaluation of the application was based on the recommendations of an expert in psychorehabilitation and especial education. The research is of a scientific, exploratory and descriptive nature since it makes use of the analytical and scientific method, case studies, interviews and academic resources such as the didactic guide for Braille reading and writing. Finally, We were demonstrated that “escribir con puntos” will help in the teaching of the Braille system supporting the teaching-learning process to teachers, I was based on the results obtained in the evaluation of the application, following the pedagogical guidelines given by the expert in psychorehabilitation.

**Keywords**—Braille, Application, Teaching, Bliseo, Visual impairment.

## INTRODUCCIÓN

El alumno con discapacidad visual en general tiene más dificultades en el aprendizaje que los niños videntes, en donde, si sus necesidades no son satisfechas oportunamente con ayuda adecuada, el niño sufrirá un inevitable retraso escolar (Ferreira *et al.*, 2009). La mayoría de dificultades que presentan el alumnado con discapacidad visual es el acceso a la información escrita, saber leer es algo completamente imprescindible, no solamente para asistir a la escuela sino, también, para acceder a la información cultural que disponemos los seres humanos (Ochaita y Espinosa, 2011). El Braille se presenta como un método alternativo de lectura y escritura para las personas con discapacidad visual, en el caso del alumnado no existe posibilidad de elección, sino, que de manera inexorable el sistema Braille constituye el código por el cual se producirá la lectura y la escritura (Vallés, 2005). Sin embargo, un gran problema es la dimensión del tiempo

de aprendizaje del sistema Braille (Ahumada, 2017)(Duarte, 2014).

Las TIC en la educación de personas con discapacidad visual ha realizado grandes avances dentro de la conformación de herramientas de lectura, aumento de imagen, automatización de dictado, comunicación Braille por hardware, así como reconocedores de texto OCR y figuras físicas por medio de fotografías, sirviendo como nexo de interactividad entre los medios de enseñanza y la persona que sufre de esta discapacidad (Cevallos *et al.*, 2018). Para la enseñanza del sistema de lectura y escritura Braille, podemos denotar el uso de impresoras Braille para la elaboración de textos en este sistema, sin embargo uno de los principales problemas para la adquisición de este tipo de hardware, son los costos tan elevados que mantienen estos dispositivos en el mercado, lo que imposibilita a gran parte de las personas con discapacidad visual el acceso a este tipo de recursos (Aispuro *et al.*, 2014).

Se busca que las personas con discapacidad visual accedan a una educación que desarrolle sus potencialidades y habilidades para su integración y participación en igualdad de condiciones, parte de esta educación conlleva al aprendizaje del sistema de escritura y lectura Braille el cual por su complejidad trae consigo un proceso lento y dificultoso, es por ello que los esfuerzos se deben centrar en crear herramientas tecnológicas que minoren costos, tiempo y sobre todo sean intuitivos para el proceso de enseñanza aprendizaje de este sistema.

La revisión de la literatura en relación al tema propuesto permitió analizar las TIC aplicadas a la enseñanza del sistema de lectura y escritura Braille, así como su impacto o beneficio en la integración a la educación de las personas con discapacidad visual, denotando que el avance tecnológico ha hecho más fácil el acceso a este tipo de herramientas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de carácter exploratoria y descriptiva, hace uso de recursos científicos como el método analítico el cual permitió analizar y conocer el objeto de estudio, partiendo desde la generalidad de la enseñanza del sistema Braille hasta la implementación de las TIC en este proceso, el método científico fue utilizado para dar respuesta a la pregunta de investigación y conocer si el uso de una interfaz basada en software permitirá a personas con discapacidad visual acceder con facilidad a contenido (información) para el aprendizaje del sistema Braille, el estudio de casos permitió realizar un análisis exploratorio de trabajos relacionados apoyándose de una revisión sistemática de literatura y por último las entrevistas aplicadas a posibles usuarios de la aplicación; recursos académicos como la guía didáctica para la lectoescritura Braille (Martínez y Polo, 2004); recursos técnicos como la metodología de desarrollo XP con Scrum como marco de trabajo referencial utilizado para el desarrollo ágil de productos en industrias no sólo de software, debido a que el proceso de desarrollo de software para personas con discapacidad debe adaptarse a las necesidades del usuario y muchas veces cambiar por completo funcionalidades implementadas para mejorar la experiencia de usuario; y recursos éticos como el consentimiento informado para la aplicación de encuestas y políticas de privacidad para el uso de la aplicación móvil.

Los participantes de la investigación fueron el usuario con discapacidad visual miembro de la Fundación Tifológica Ecuatoriana Punto 7 y experta en la enseñanza del sistema Braille Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez; la experta en Psicorehabilitación y Educación Especial Lic, Ana Cristina Arciniega Carrión docente de la Universidad Nacional de Loja; estudiantes de la carrera de Psicorrehabilitación y Educación Especial y estudiantes de la carrera de Educación Básica de la Universidad Nacional de Loja en calidad de sujetos de experimentación, el investigador, y el docente tutor.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos dentro de las 3 fases planteadas para el presente trabajo, los manuales, documentación y código elaborado en la presente investigación pueden ser en-

contrados en el repositorio de bitbucket <sup>1</sup>

### ***Examinar el estado del arte sobre la enseñanza basada en TIC del sistema de lectura y escritura Braille***

En esta primera fase se examinó el estado del arte sobre la enseñanza basada en TIC del sistema de lectura y escritura Braille, el cual para su correcto desarrollo se basó en una Revisión Sistemática de Literatura (RSL), siguiendo el enfoque presentado por Juan D. Velasquez (2015a, 2015b, 2015c).

Se planteó directrices (métricas y lineamientos) mismas que se muestran como preguntas de investigación validadas siguiendo la metodología PICO (Costa *et al.*, 2007), las cuales fueron contestadas al culminar todo el proceso que conlleva una RSL; la pregunta de investigación “¿Qué herramientas de TIC son aplicadas para la enseñanza del sistema de lectura-escritura Braille?” brinda un conocimiento amplio sobre las tecnologías actuales que se usan para la enseñanza del sistema Braille permitiendo conocer las tendencias, costos, funcionalidad y limitaciones que tienen; la segunda pregunta “¿Qué beneficio tiene las TIC aplicadas para la enseñanza del sistema de lectura-escritura Braille?” permitió conocer sobre el impacto psicológico, emocional, físico y social que genera el uso de TIC a la hora del aprendizaje del sistema Braille.

Así mismo, bajo los lineamientos establecidos se generaron palabras claves como: TIC, personas no videntes, blind people, Braille, enseñanza, teaching, aprendizaje, learning, discapacidad visual, visually impaired, innovación, innovation, software; con las cuales se elaboró cadenas de búsqueda adaptadas a la base de datos científicas usadas en este proceso, por último, se consideró la literatura gris de Google Scholar.

Al aplicar los criterios de inclusión y exclusión (métricas y lineamientos), trabajo realizado en el 2019, se obtuvo un total de 13 trabajos relacionados que respondieron las preguntas de investigación. En donde se observa que, en gran medida las TIC utilizadas para el aprendizaje, del sistema de lectura y escritura Braille, basan su arquitectura en hardware, el mismo que incurre en inversiones elevadas para las personas con discapacidad visual; por otro lado, se aprecia cierto auge del software en este ámbito específico, el mismo que permite a personas con discapacidad visual y sin ningún tipo de discapacidad aprender Braille de manera autónoma, cabe destacar que el software para personas con discapacidad visual se enfoca únicamente en la escritura, más no en la lectura del mismo. Es por ello que se observa la necesidad del desarrollo de un software que apoye al aprendizaje del Braille, específicamente a la lectura del mismo.

### ***Diseñar una interfaz basada en software que permita a personas videntes o no videntes aprender Braille***

Para el diseño de una interfaz basada en software que permita a personas videntes o no videntes aprender Braille, se desarrollaron una serie de actividades las cuales se tomaron de las fases principales de la metodología de desarrollo Xp con Scrum detalladas en Pedersen (2006), Sotolongo (2012), Núñez y Arteaga (2015).

<sup>1</sup><https://bitbucket.org/jase156/braille/src/master/>

## Roles

1. **Dueño del producto – Product Owner:** Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez
2. **Scrum Master:** Ing. Wilman Patricio Chamba Zaragocín
3. **Equipo de desarrollo:** Javier Alexander Sarango Espinoza

## Alcance del producto

La aplicación móvil denominada “Escribir con puntos” tiene como objetivo facilitar el aprendizaje de la lectura del Sistema de Lectoescritura Braille específicamente el aprendizaje del signo generador, la primera, segunda y tercera serie del sistema Braille, basándose en la metodología de enseñanza denominada Bliseo.

## Especificación de Requerimientos

Para realizar la especificación de requerimientos se mantuvo conversaciones con la Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez experta en la enseñanza del Sistema de Lectura y Escritura Braille y actual directora del Centro Tiflocultural Alfredo Mora Reyes, siguiendo el estándar IEEE 830 Std (2008); dando como resultado la Tabla 1, donde se detallan los requerimientos funcionales.

## Historias de Usuario

Las historias de usuario son una técnica utilizada en XP para detallar y especificar los requisitos del software, son tarjetas, usualmente de papel, en las que el cliente describe brevemente las características que el sistema debe poseer, sean requisitos funcionales o no funcionales. Cada historia de usuario es lo suficientemente comprensible y delimitada para que los programadores puedan implementarla en el menor tiempo posible. Se crearon un total de 29 historias de usuario junto con la Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez, las cuales se apegan a los requerimientos funcionales de la aplicación.

## Pila del Producto

En la pila de producto se colocó cada una de las historias de usuario dándoles una estimación de esfuerzo y priorización para ser tomado en los Sprints.

## Pila de Sprint

En la pila del sprint se divide cada historia de usuario en tareas y se coloca en cada sprint para poder ser ejecutado tomando en cuenta la priorización de la pila del producto.

## Burn Down Chart

La figura 1 es una representación gráfica del trabajo realizado en el desarrollo de la aplicación, el cual demuestra el desfase de tiempo real frente al esperado, debido a la dificultad de adaptar el software a las necesidades de las personas con discapacidad visual.

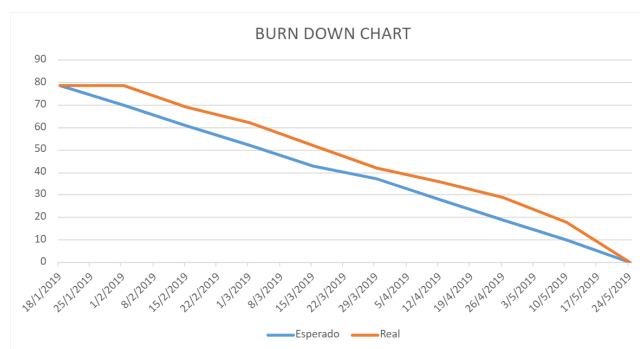


Fig. 1: Burn Down Chart

## Reuniones

Las reuniones con la dueña del producto para presentar los avances se las realizó cada 15 días desde el 18/01/2019, día en el cual se presentó el proyecto, hasta el 24/05/2019 donde se mostró el producto final y se entregó el proyecto.

## Metáfora

Debido a que la interfaz es una aplicación de fácil entendimiento tanto para el desarrollador como para el cliente, no se requirió del empleo de una metáfora.

## Tarjetas CRC

Las tarjetas CRC (Clase – Responsabilidad – Colaboración) son parte de la metodología XP para el diseño de software que brinda una funcionalidad directa al negocio. Se crearon 18 Tarjetas CRC a partir de las historias de usuario, cabe señalar que las tarjetas no fueron creadas todas al inicio de cada Sprint, ya que se les fue agregando responsabilidades, o colaboradores acordes a las necesidades del cliente.

## Estructura del Software

En el presente apartado se detalla la fase de desarrollo de la aplicación “Escribir con puntos” la cual fue desarrollada con la plataforma de desarrollo Unity 3D versión 2018.3.2.f1 y el lenguaje de programación C# en la versión 6, el desarrollo fue cargado en la herramienta de versionamiento Bitbucket para llevar un control de cada versión desarrollada. Para el desarrollo de la aplicación se mantuvo la estructura dada por Unity, la cual se presenta a continuación:

- **Assets:** En esta carpeta se encontrarán todos los recursos (Imágenes, sonidos, scripts, etc) que serán usados para el desarrollo de la aplicación.
- **Audios:** En audios encontraremos todos los recursos de sonido que son usados específicamente para cada nivel de la aplicación.
- **Imágenes:** Esta carpeta contiene todos los elementos gráficos usados en la aplicación, así como los eventos de movimiento que tendrán algunos de estos elementos gráficos.
- **Plugins:** Esta carpeta fue creada para albergar el plugin nativo para Android desarrollado con la finalidad de que la aplicación tenga la funcionalidad de hablar.

**Tabla 1:** Requerimientos funcionales

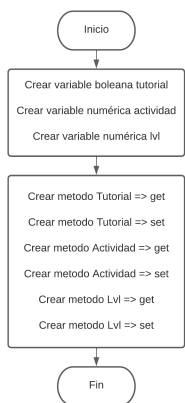
Código	Nombre	Descripción	Prioridad
RF001	Entrenar percepción espacial	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario la percepción y reconocimiento del espacio (arriba, abajo, izquierda, derecha).	Alta
RF002	Entrenar signo generador	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario sobre conocimientos básicos del signo generador.	Alta
RF003	Recordar conocimientos del signo generador	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos del signo generador.	Media
RF004	Entrenar primera serie	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario sobre conocimientos básicos de la primera serie del sistema Braille.	Alta
RF005	Recordar conocimientos del signo generador	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos de la primera serie del sistema Braille.	Media
RF006	Entrenar segunda serie	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario sobre conocimientos básicos de la segunda serie del sistema Braille	Alta
RF007	Recordar conocimientos segunda serie	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos de la Segunda Serie del Sistema Braille.	Media
RF008	Entrenar tercera serie	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario sus conocimientos básicos de la tercera serie del sistema Braille	Alta
RF009	Recordar conocimientos tercera serie	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos de la tercera serie del sistema Braille	Media
RF010	Recordar conocimientos	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos de las 3 series del sistema Braille	Media

- **Scenes:** En esta carpeta se guardan las escenas generadas para las 14 vistas de la aplicación.
- **Scripts:** Aquí guardamos los Scripts generados en C# necesarios para la interacción entre componentes de las escenas.
- **Packages:** Se guardan los paquetes nativos de Unity como son el de Interfaz Gráfica.

tomar en cuenta ni la forma en la que esa información va a ser mostrada ni los mecanismos que hacen que esos datos estén dentro del modelo Pantoja (2004). La Figura 2 muestra el algoritmo usado por la clase "Global" que representa a un Modelo utilizado por "Escribir con Puntos".

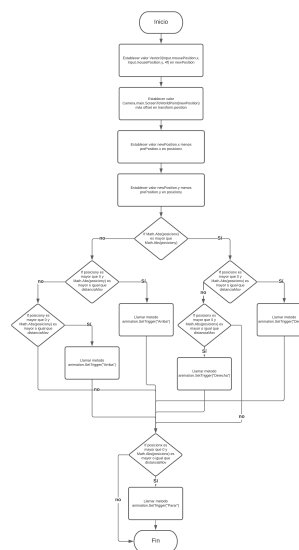
*Arquitectura de Software*

Para el desarrollo de "Escribir con puntos" se hizo uso del Patrón de Desarrollo Modelo Vista Controlador (MVC), el cual es el más popular para la construcción de aplicaciones que manejan interfaces de usuarios, centrándose en la separación de los datos o modelo, y la vista, mientras el controlador se encarga de relacionar a estos dos Espinosa *et al.* (2012).



**Fig. 2:** Clase Global - Modelo

El **modelo** es un conjunto de clases que representan la información del mundo real que el sistema debe procesar, sin



**Fig. 3:** Clase BallMove - Vista

La **vista** es la clase que se encarga de mostrar al usuario la información contenida en el modelo. Una vista está asociada a un modelo, pudiendo existir varias vistas asociadas al mismo modelo Espinosa *et al.* (2012). La Figura 3 muestra el algoritmo usado por la clase "BallMove" que representa a una Vista utilizado por "Escribir con Puntos".

El **controlador** es una clase que se encarga de dirigir el flujo de la aplicación a partir de interacciones externas, estas interacciones se encargan de modificar el modelo o de abrir y cerrar vistas Espinosa *et al.* (2012) a través del controlador.

La Figura 4 muestra el algoritmo usado por la clase "Touch" que representa a una Vista utilizada por "Escribir con Puntos".

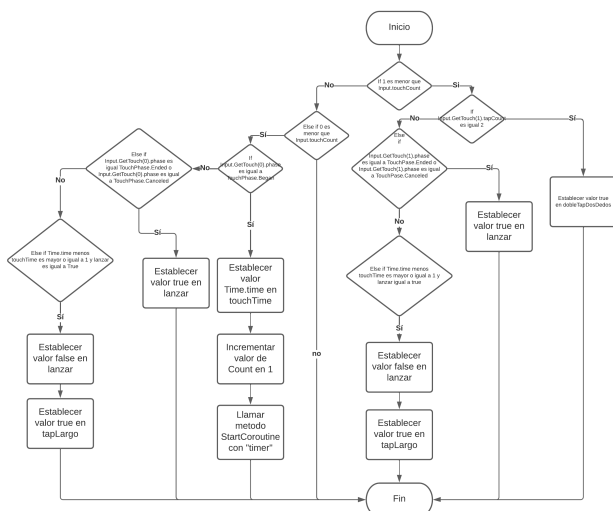


Fig. 4: Clase Touch – Controlador

### Artefactos de software

Dentro del proceso de desarrollo de software, se elaboraron varios artefactos de software de gran relevancia para el producto final y para el presente trabajo. Dichos artefactos pueden ser consultados en el repositorio de Bitbucket<sup>2</sup>. Uno de los artefactos más relevantes es el controlador **Swipe** que permite el manejo de la aplicación mediante gestos; buscando así facilitar el uso a personas con discapacidad visual. El controlador Swipe se divide en tres algoritmos principales:

- **Entrada por pantalla**, es algoritmo encargado de identificar todo contacto con pantalla que tenga el usuario, identificando con cuantos dedos a presionado la pantalla, la posición de cada uno de ellos, si existe algún movimiento de los dedos y activar el algoritmo de cálculo de distancia.
- Luego de identificar la acción de entrada por pantalla por parte del usuario y si dicha acción involucra un movimiento sobre la pantalla el algoritmo **Calcular distancia** obtiene el valor de la distancia recorrida por el o los dedos del usuario luego de un Frame. Dicha distancia es calculada de la resta entre la posición final (x,y) y posición inicial (x,y) dentro de la pantalla.
- El algoritmo **Zona Muerta** utiliza la información recopilada por el algoritmo Calcular distancia para identificar hacia donde se realizó el movimiento del usuario.

### Software

La figura 5 representa el software que se obtuvo luego de realizar el proceso de desarrollo, dando como resultado una aplicación adaptada a las necesidades de las personas con discapacidad visual, esta aplicación se maneja mediante gestos y tiene retroalimentación audible.

<sup>2</sup><https://bitbucket.org/jase156/braille/src/master/>

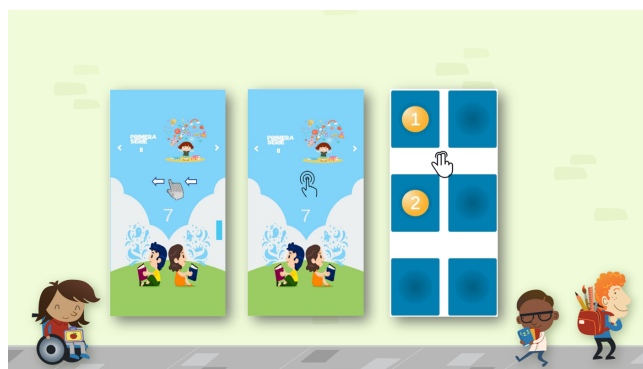


Fig. 5: Vistas de la aplicación

La aplicación Escribir con Puntos se encuentra alojada en el repositorio de control de versiones Bitbucket:

- **Repositorio:** <https://acortar.link/uqitII>
- **Aplocación móvil:** <https://acortar.link/RmiVbw>

### Evaluar la interfaz en ambientes de prueba reales o simulados para comprobar su efectividad en la enseñanza

Finalmente, para evaluar la interfaz en ambientes de pruebas reales o simulados, se tomó en consideración la última actividad de la metodología XP con Scrum, orientada a las pruebas y calidad de la aplicación, para esto se usó el trabajo de Silva Yamila Rosario (2012) en donde se detallan el conjunto de pruebas que se debe realizar a una aplicación móvil para el aseguramiento de calidad, de las cuales se ejecutaron pruebas Funcionales, de Aceptación y Adaptación.

### Pruebas funcionales

Estas pruebas fueron realizadas para asegurar que las funciones de la aplicación cumplan con las especificaciones comerciales y los requerimientos que darán solución a la necesidad del cliente. Para obtener la población que participó en estas pruebas fue necesario establecer desde qué edad se puede hacer uso de la aplicación, basándose en la "Teoría del Desarrollo Cognitivo de Piaget" descritas en Linares A (2008) la cual manifiesta que, desde los dos hasta los siete años los niños demuestran habilidades para emplear símbolos, gestos, palabras, ayudándole al niño a expresar sus ideas por medio de sus dibujos con lo relacionado al mundo, permitiéndole, a partir de los siete años de edad conocer su orientación espacial y temporal, siendo estos un requerimiento mínimo para el aprendizaje del Braille. En base a lo antes mencionado, se realizaron las pruebas con estudiantes de la Universidad Nacional de Loja, del quinto ciclo de la Carrera de Educación Básica CEB y séptimo ciclo de la Carrera de Psicorehabilitación y Educación Especial CPEE, donde se evidencia la necesidad del aprendizaje del Sistema Braille.

Para comprobar la efectividad de la aplicación "Escribir con puntos" se realizó un Pre - Test y un Post - Test de conocimientos de 13 preguntas cada uno, junto a la Mg. Sc. Ana Cristina Arciniega Carrión las cuales ayudaron a demostrar el avance en el conocimiento del Braille.

En primera instancia se aplicó el Pre - Test a 22 estudiantes de la CEB y 7 estudiantes de la CPEE dando como resultado

un 20.98 % de conocimiento de la lectura Braille. Posterior a esto, se entregó la aplicación a cada uno de los participantes para que la ocupen por un plazo de 15 días, luego del transcurso de este tiempo se aplicó el Post – Test a los mismos estudiantes, teniendo como resultado que los 29 estudiantes presentaban un 53.16 % de conocimiento de la lectura Braille posterior al uso de la aplicación. Demostrándose así, que luego del uso de la aplicación los participantes en la prueba mejoraron su conocimiento.

### *Pruebas de aceptación*

Las pruebas de aceptación fueron realizadas por la Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez especialista en la enseñanza del sistema Braille y usuario participante en la construcción de la aplicación, la misma que verificó el funcionamiento y cumplimiento de los requerimientos; este proceso de verificación se realizó a través de las pantallas de aceptación que fueron generadas en cada uno de los Sprints y con la aceptación de los criterios de aceptación de cada una de las 29 historias de usuario.

Se realizó un cuestionario de 6 preguntas denominado Pruebas de Aceptación para los participantes de las pruebas funcionales. Estas pruebas dieron como resultado que “Escribir con puntos”, a criterio de los participantes, ayuda en el proceso de enseñanza aprendizaje del sistema Braille basándose en las respuestas positivas que se obtuvieron a la hora de realizar estas pruebas. De igual forma, se debe señalar que un 52.9% de participantes informó que tuvo problemas con el uso de la aplicación luego de 15 días de uso de la misma; se pudo identificar que la mayoría de problemas están relacionados al proceso de adaptación para el manejo de la aplicación, esto en vista que “Escribir con puntos” sigue los lineamientos de una persona con discapacidad visual y las personas que no presentamos este tipo de discapacidad no estamos adaptados a el uso de aplicaciones de este tipo.

### *Pruebas de adaptación*

Para las pruebas de adaptación se hizo uso de la Herramienta Test Lab, perteneciente a Firebase de Google. Esta herramienta permite al usuario realizar tres tipos de pruebas, que son las Pruebas Robo, Prueba de Instrumentación y Bucle de Juego.

Las Pruebas Robo analizan la estructura de la interfaz de usuario (UI) de la app, explorando y simulando actividades de un usuario automáticamente, permitiendo así usar esta prueba para la identificación de errores de funcionamiento en la UI Almeida (2018).

Para realizar este test accedemos a la opción TestLab que se encuentra dentro del apartado Calidad. Dentro de TestLab seleccionamos las pruebas tipo Robo y la Herramienta nos pedirá subir un archivo .apk o .aab así como la secuencia de comandos Robo que se ha creado. Para esto subimos el archivo escribirconpuntos.aab que se generaron al lanzar la aplicación así como el archivo UnityPlayerActivity\_roboscript.json que es el archivo contenedor de la secuencia de comandos Robo de “Escribir con puntos”.

Para escoger los dispositivos que se usaron en las pruebas se basó en las tendencias de dispositivos móviles Android presentadas por IDC, donde Samsung, Huawei y Xiaomi son

las marcas que tiene más presencia en el mercado mundial, es por ello, que para realizar las pruebas se escogieron 10 dispositivos pertenecientes a dichas marcas. Al finalizar la ejecución de las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados:

- El uso de la CPU en todos los dispositivos no supera el 40 % de CPU, Identificándose como picos altos del consumo de CPU la función de comunicación con audio hacia el usuario.
- Con respecto a la memoria gráfica, las escenas de escribir con puntos no supera los 62 fotogramas por segundo, evidenciándose así que la aplicación puede ser ejecutada por dispositivos móviles que no cuenten con procesador gráfico, si bien es cierto tendrán un leve retraso en la carga de alguna escena, esto no interferirá en el correcto funcionamiento de la misma.
- La aplicación “Escribir con Puntos” consume un máximo de 150 000 KB lo que equivale a 0.16GB, es decir cualquier dispositivo con una capacidad de memoria de 1 Gb no presentará ningún inconveniente a la hora de ejecutar la aplicación.
- El mayor flujo de información en todos los dispositivos sin importar modelo, marca o versión de API, se lleva a cabo dentro de los primeros segundos de funcionamiento del aplicativo, para ser más exactos desde el instante en que arranca la app hasta el momento que carga el menú principal.

## DISCUSIÓN

La primera fase de investigación permitió conocer el impacto de las TIC en el aprendizaje del Braille, ya que, dentro de los trabajos obtenidos por la RSL, se identifica que las personas con discapacidad visual sufren dependencia para acceder a información escrita, provocándoles desmotivación en el aprendizaje del Braille, por lo cual el presente trabajo, buscó proveer de autosuficiencia para mejorar el aprendizaje haciendo uso de las TIC, ya que sin estas acceder a información escrita demanda de la ayuda de un tercero.

Así mismo, la mayoría de TIC aplicadas a la enseñanza del Braille es hardware y pocos han sido los esfuerzos de crear software, por ello, se desarrolló un software que permite tanto a personas con discapacidad visual como a personas sin ningún tipo de discapacidad aprender Braille de manera autónoma, considerando que, las herramientas tecnológicas basadas en software presentan beneficios frente a las basadas en hardware, como el bajo costo y alta adaptabilidad.

En la segunda fase se realizó la selección de herramientas para desarrollar la aplicación denominada “Escribir con puntos”, así como el diseño y desarrollo de la misma, cabe señalarla que, dentro de los trabajos relacionados no desarrollan software y el único que lo realiza no hace uso de una metodología de desarrollo, es por ello que, fue necesario realizar una investigación para determinar la más adecuada, donde la metodología de programación XP con SCRUM fue la mejor opción entre SCRUMBAN, MOBILE-D y SCRUM, debido a la interacción más cercana con el usuario (persona con discapacidad visual) dando como resultado un software hecho a



la medida y que permita a personas con discapacidad visual interactuar con la aplicación sin dificultad.

De igual forma, como aporte técnico y tecnológico del proyecto se elaboró varios controladores que permiten que el aplicativo sea manejado mediante gestos y tenga retroalimentación audible; pudiendo ser estos controladores reutilizados en otros proyectos que requieran estas funciones. Toda la codificación del producto fue realizada con el lenguaje de programación C# y el Framework Unity, considerando que previo a un análisis se determinó que Unity se adaptaba de mejor manera a las dependencias técnicas del software y que los trabajos relacionados no aportaron otra alternativa.

En la tercera y última fase de la investigación se realizaron pruebas Funcionales, de Aceptación y de Adaptación, con el propósito de probar la efectividad de enseñanza del sistema Braille en personas con y sin discapacidad visual por medio de la aplicación móvil, tomando los porcentajes obtenidos en el Pre - Test y Post - Test así como las respuestas positivas de los participantes a la hora de realizar estas pruebas. Finalmente, se debe señalar que los otros trabajos también realizan pruebas para validar el funcionamiento de la TIC implementada, sin embargo, el presente trabajo se apoya en los conocimientos de una especialista en Psicorehabilitación y Educación Especial brindando un aporte significativo en la ejecución de pruebas.

## CONCLUSIONES

Los documentos recopilados en la RSL denotan la importancia del uso de las TIC aplicadas al Braille, ya que estas motivan y por ende mejoran los resultados del aprendizaje, dejando claro que las herramientas tecnológicas aplicadas a la enseñanza del Braille se consideran un complemento o apoyo al proceso de enseñanza y no como remplazo del Braille impreso

Las TIC aplicadas al Braille que basan su arquitectura en software presentan beneficios, como el bajo costo y alta adaptabilidad, frente a las arquitecturas basadas en hardware.

Un software para la enseñanza a personas con discapacidad visual, proporciona independencia en el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que, no dependen de un tercero para la elaboración de material tiflológico que les permita avanzar con la adquisición de nuevos conocimientos.

El desarrollo de una aplicación móvil para personas con discapacidad visual varía mucho en comparación con otro tipo de aplicaciones, en torno a la funcionalidad y al desarrollo de la misma, necesitando para esto, una completa interacción con un usuario que presente este tipo de discapacidad, es aquí donde, se hizo uso de la metodología Xp con Scrum que permitió optimizar al máximo los recursos, tiempo y la disponibilidad de la experta, permitiendo así comprender las necesidades exactas de este tipo de usuario para plasmarlas en una aplicación completamente funcional y de fácil uso.

La aplicación “Escribir con puntos” enseña las etapas iniciales de la Lectura Braille, ya que luego del uso de la aplicación, de un 20.98 % de conocimiento inicial de este sistema, se alcanzó 53.16% de conocimiento en los 29 estudiantes que participaron en las pruebas funcionales.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Tiflológica Ecuatoriana Punto 7, la misma que apoyo para el desarrollo del presente estudio.

A la Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez, experta en el Sistema Braille, quién brindó todos los conocimientos necesarios para el desarrollo y culminación del presente trabajo.

A la Lic. Ana Cristina Arciniega Carrión, como experta en Psicorehabilitación y Educación Familiar, ya que gracias a su asesoría se llevó a cabo la ejecución de las pruebas necesarias para la validación de la aplicación.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: JSE; metodología: JSE y WCHZ; análisis formal: JSE; investigación: JSE; recursos: JSE; curación de datos: JSE; redacción — preparación del borrador: JSE y MEL; original: JSE; redacción — revisión y edición: JSE, WCHZ y MEL; visualización: WCHZ; supervisión: WCHZ; administración de proyecto: WCHZ; adquisición de financiamiento para la investigación: JSE. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Javier Sarango-Espinoza: JSE

Wilman Chamba-Zaragocín: WCHZ

Mariana Espinoza-León: MEL

## FINANCIAMIENTO

El financiamiento del presente estudio, es de procedencia propia.

## REFERENCIAS

- Ahumada, V. (2017). Corporalidad y performance. personas de ceguera adquirida. , 5, 17-35.
- Aispuro, E., Suárez, J., Aguilar, J., y Ruíz, M. (2014). Desarrollo de un prototipo de impresora braille de bajo coste como apoyo a la discapacidad visual. , 76, 79-88.
- Almeida, A. S. L. (2018). Modelamiento con objetos 3d de los recursos lacustres de la provincia de imbabura que permita asociarlos mediante marcas para la visualización en las herramientas de realidad aumentada a través de un aplicativo móvil. Descargado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8749>
- Cevallos, P. S., Romero, V. H., Paola, N. S., y Sandoval, E. V. (2018). Utilización de software en la enseñanza del idioma inglés básico a personas con discapacidad visual. , IX, 1-8.
- Costa, C., Mattos, C., y Cuce, M. (2007). Estrategia pico para la construcción de la pregunta de investigación y la búsqueda de evidencias. , 15, 1-4.
- Duarte, C. A. (2014). *Módulo electrónico de enseñanza del sistema braille para niños en la federación de ciegos ecuatorianos sede quito*. Descargado de <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/8726>
- Espinosa, A. T., Sagredo, J. C., Reyes, M. M., y García, M. L. (2012). Automatización de la codificación del patrón modelo vista controlador (mvc) en proyectos orientados a la web. *CIENCIA ergo-sum*, 19, 239-250.

- Ferreya, J. A., Méndez, A., y Rodrigo, M. A. (2009, 8). El uso de las tic en la educación especial. descripción de un sistema informático para niños discapacitados visuales en etapa preescolar. Descargado de <http://repositoriocdpd.net:8080/handle/123456789/351>
- Linares A, R. (2008). Desarrollo Cognitivo: Las Teorías de Piaget y de Vygotsky. *Master en Paidopsiquiatría. Bienio 07-08, I*, 29.
- Martínez, I., y Polo, D. (2004). *Guía didáctica para la lectoescritura braille*.
- Núñez, N. A. P., y Arteaga, C. A. P. (2015). Desarrollo de sistemas de información, basado en xp y scrum, para mejorar los procesos de captura, edición y publicación de canales de televisión, radio emisoras y medios impresos en la empresa kybalio group s.a.c. , *151*, 10-17. doi: 10.1145/3132847.3132886
- Ochaita, E., y Espinosa, M. A. (2011, 1). Desarrollo y educación de los niños ciegos y deficientes visuales: Areas prioritarias de intervención. *Psykhē*, *4*. Descargado de <http://redae.uc.cl/index.php/psykhe/article/view/20261> doi: 10.7764/PSYKHE.4.2.80
- Pantoja, E. B. (2004). El patrón de diseño modelo-vista-controlador (mvc) y su implementación en java swing. *Acta Nova*, *2*, 493-507.
- Pedersen, P. N. (2006). *Scrum y xp desde las trincheras* (Vol. 5). doi: 10.1017/S1474745605002673
- Rosario, Y. S. D. (2012). Conjunto de pruebas para el aseguramiento de la calidad de las aplicaciones para dispositivos móviles desarrolladas en el centro de desarrollo de la facultad regional granma. , 1-16.
- Sotolongo, Y. J. (2012). *Sistema informático para el control de los resultados académicos de los estudiantes de preuniversitario en el municipio baracoa*. .
- Std, I. (2008). Especificación de Requisitos según el estándar de IEEE 830. Descargado de <https://www.fdi.ucm.es/profesor/gmendez/docs/is0809/ieee830.pdf>
- Vallés, A. (2005). Comprensión lectora y procesos psicológicos. *Liberabit*, *11*, 49-61.
- Velásquez, J. D. (2015a). Una guía corta para escribir revisiones sistemáticas de literatura parte 1. *DYNA*, *81*, 9-10. Descargado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/46758> doi: 10.15446/dyna.v81n187.46758
- Velásquez, J. D. (2015b, 2). Una guía corta para escribir revisiones sistemáticas de literatura parte 3. *DYNA*, *82*, 9-12. Descargado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/48931> doi: 10.15446/dyna.v82n189.48931
- Velásquez, J. D. (2015c, 5). Una guía corta para escribir revisiones sistemáticas de literatura. parte 4. *DYNA*, *82*, 9-12. Descargado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/49511> doi: 10.15446/dyna.v82n190.49511