

BOSQUES

Volumen 14. No 2 2024

Latitud Cero

ISSNe 2528-7818

R e v i s t a I n d e x a d a

DOI: <https://doi.org/10.54753/blc.v14i2>

Diversidad florística del complejo montañoso Mojanda, Andes Norte de Ecuador

Flora de la Reserva Tapichalaca, Palanda



UNL | Universidad
Nacional
de Loja

latindex
catálogo 2.0

REDIB | Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico

 Dialnet

 REBIUN

AUTORIDADES

Nikolay Aguirre Ph. D

Rector

Universidad Nacional de Loja

Elvia Zhapa Ph. D

Vicerrectora

Universidad Nacional de Loja

COMITÉ EDITORIAL

Zhofre Aguirre Ph.D.

Director General

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Vinicio Alvarado Jaramillo Mg.Sc.

Editor Responsable

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

Johanna Muñoz Mg.Sc.

Editor de Sección

*Facultad Agropecuaria y de
Recursos Naturales Renovables*

**Editorial: Universidad
Nacional de Loja**

PAGINA ELECTRONICA

<http://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/index>

CONSEJO EDITORIAL

PhD Jan Barkmann Georg-August
Universitat Gottingen, Alemania

PhD Haline Heidinger Abadía
Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

PhD. Alberto Julca Otiniano
Universidad Nacional Agraria La Molina - Perú

PhD Byron Maza Rojas
Universidad Regional Amazónica- IKIAM, Ecuador

PhD Ali Saleh
Instituto de Texas-TIAER, Tarleton State University

PhD. Tania Delgado Cueva
Universidad Nacional de Loja

PhD. Patricio Castro Quezada
Universidad de Cuenca

PhD. Mario Añazco Romero
Universidad Técnica del Norte

PhDc. Alan García Bermúdez
Universidad Técnica de Manabí

PhDc. Geraldo Cuadrado Barreto
Universidad Técnica de Cotopaxi

MSc. José Alberto Oaillacar Silva
Universidad de Los Lagos, Chile

MSc. Rodrigo Contento
CRIFOR

MSc. Oswaldo Jadán Maza
Universidad de Cuenca

Dr. José Sánchez Fonseca
Universidad Guantánamo, Cuba

MSc. Jaime Santín Calva
Universidad Nacional de Loja

MSc. Byron Palacios Herrera
Universidad Nacional de Loja

MSc. Juan Maita Chamba
Universidad Nacional de Loja

MSc. Víctor Eras Guamán
Universidad Nacional de Loja

La importancia del Día del Árbol y la Biodiversidad

El planeta tierra soporta una crisis ambiental global producto de la sobre explotación de los recursos naturales. Es fundamental llamar la atención de la sociedad sobre las amenazas a la biodiversidad y al bienestar humano. Como una actividad de motivación y valoración desde hace décadas, este día se celebra internacionalmente en mayo y junio, con actividades conmemorativas como charlas, foros, reforestaciones y educación ambiental, organizadas por universidades, instituciones públicas y privadas.

Según investigadores de la Universidad Nacional de Loja, la celebración del Día del Árbol comenzó en 1952 en la Facultad de Ciencias de esta universidad, en la región Sur del Ecuador. En la actualidad, en Ecuador se conmemora el 22 de mayo como día central de la semana de la Biodiversidad a nivel nacional. La Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja ha liderado esta celebración por más de 45 años, promoviendo la conservación de la biodiversidad y concienciando a la sociedad lojana y ecuatoriana sobre su importancia.

Es importante destacar que los seres humanos dependen de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos para sobrevivir y vivir en armonía con la naturaleza, asegurando la sostenibilidad de los recursos. Además de la conservación de los bosques, se destaca la necesidad de promover a los bosques urbanos como medida de mitigación del cambio climático; éstos no solo regulan la temperatura y purifican el aire, sino que también proporcionan oxígeno, capturan CO₂ y promueven hábitats para la fauna local y migratoria.

Es esencial que estas acciones no sean solo momentáneas, sino que se perpetúen generacionalmente para que las actuales y futuras generaciones adquieran sensibilidad y conciencia ambiental. Esto contribuirá a una mejor calidad de vida y a la coexistencia armoniosa entre la naturaleza y los seres humanos.

Leonardo González Niveló

ÍNDICE

Conectividad de bosques de <i>Abies hickelli</i> distribuidos en pueblos mancomunados de la Sierra Norte de Oaxaca Mario Ernesto Suárez, Marcos Belén Martínez, Irene Baustista Juárez, María Luna Kraultez Wenceslao Santiago García	1
Estimación del potencial melífero en seis apiarios del bosque seco tropical del recinto Quimis, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador Alfredo Jimenez, Laleska Vera, María Cedeño, Ignacio Estévez	15
Efecto del gradiente altitudinal sobre las fajas de enriquecimiento en el Rodal 1, San Eusebio, Mérida, Venezuela Ronald Rangel, Pedro Salcedo, Oriana Méndez, Iraima Dugarte, Raquel Valencia, Jorge Camacho, Gregory Camacho	27
Estrategias en sistemas agroforestales aplicadas al café Briceño Johanna, Torres Viviana	40
Correspondencia entre el análisis químico y la evaluación biológica de la fertilidad del suelo Vásquez Edison Ramiro, Vera-Sánchez Iliana, Vásquez-Rodríguez Génesis	51
Influencia del riego por surcos y goteo en la producción de maíz híbrido DASS 3383 Lauro Conde, Leonor Rivera, Paola Gálvez, Ramiro Vásquez	65
Dinámica de crecimiento de <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose al sur de Ecuador Victoria Moncada Betancourt, Darwin Pucha Cofrep	73
Diversidad florística del complejo montañoso Mojanda, Andes Norte de Ecuador Plantas comunes del páramo y bosque montano Francisco Tobar, Mayra Caiza, Álvaro Pérez	82
SECCIÓN TRABAJOS DE CAMPO	
Flora del arbustal siempreverde y herbazal de páramo en la Reserva Tapichalaca de la Fundación Jocotoco, Valladolid, Zamora Chinchipe, Ecuador Gabriela Pinta Pineda, Nelson Jaramillo Díaz, Franco Mendoza, Jennifer Martínez González-Quevedo, Zhofre Aguirre Mendoza, Juan Sebastián Moreno Silva, Elizabeth Santiago Ayala & Danilo Minga Ochoa	125

INDEX

Connectivity of <i>Abies hickelli</i> forests distributed in pueblos mancomunados of the Sierra Norte of Oaxaca	1
Mario Ernesto Suárez, Marcos Belén Martínez, Irene Baustista Juárez, María Luna Kraultez, Wenceslao Santiago García	
Estimation of honey potential in six apiaries of the tropical dry forest of the Quimis enclosure, Jipijapa canton, Manabí, Ecuador	15
Alfredo Jimenez, Laleska Vera, María Cedeño, Ignacio Estévez	
Effect of the altitudinal gradient in the enrichment strips within Stand 1, San Eusebio, Mérida, Venezuela.	27
Ronal Rangel, Pedro Salcedo, Oriana Méndez, Iraima Dugarte, Raquel Valencia, Jorge Camacho, Gregory Camacho	
Agroforestry strategies applied to coffee	40
Briceño Johanna, Torres Viviana	
Correspondence between chemical analysis and biological evaluation of soil fertility	51
Vásquez Edison Ramiro, Vera-Sánchez Iliana, Vásquez-Rodríguez Génesis	
Influence of furrow and drip irrigation on the production of hybrid corn DASS 3383	65
Lauro Conde, Leonor Rivera, Paola Gálvez, Ramiro Vásquez	
Growth dynamics of <i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose in southern Ecuador	73
Victoria Moncada Betancourt, Darwin Pucha Cofrep	
Floristic diversity of the Mojanda mountain complex, Northern Andes of Ecuador	82
Common plants of the páramo and montane forest	
Francisco Tobar, Mayra Caiza, Álvaro Pérez	
FIELD WORK SECTION	
Flora of the evergreen shrub and paramo grassland in the Tapichalaca Reserve of the Jocotoco Foundation, Valladolid, Zamora Chinchipe, Ecuador	125
Gabriela Pinta Pineda, Nelson Jaramillo Díaz, Franco Mendoza, Jennifer Martínez González-Quevedo, Zhofre Aguirre Mendoza, Juan Sebastián Moreno Silva, Elizabeth Santiago Ayala & Danilo Minga Ochoa	

Conectividad de bosques de *Abies hickelii* distribuidos en pueblos mancomunados de la Sierra Norte de Oaxaca

Connectivity of *Abies hickelii* forests distributed in pueblos mancomunados of the Sierra Norte of Oaxaca

Mario Ernesto Suárez-Mota¹ 
Belén Martínez Marcos¹ 
Irene Baustista Juárez² 
María Delfina Luna Krauldez¹ 
Wenceslao Santiago García¹ 

1. Universidad de la Sierra Juárez. Av. Universidad S/N. Barrio la Asunción, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. 68725.

2. Posgrado en Botánica, Colegio de Posgraduados, Montecillos. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 56264.

*Autor para correspondencia: bln.mtz.mar@gmail.com

[https://doi.org/ 10.54753/blc.v14i2.2178](https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2178)

Recibido: 01/03/2024

Aprobado: 15/06/2024

RESUMEN

Los bosques de *Abies hickelii* en México tienen una distribución disyunta y dispersa debido a que necesitan de condiciones específicas para su distribución. Esta especie se encuentra en la lista de especies en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010) y en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. En Pueblos Mancomunados de la Sierra Norte de Oaxaca, se encuentran bosques conservados de *A. hickelii* que se han puesto en riesgo a causa de las actividades antropogénicas y el cambio climático. Debido a que no cuenta con protección oficial, éstos pueden presentar grados significativos de vulnerabilidad, ante ello, es necesario proponer iniciativas que aseguren la preservación de los bosques. El objetivo del presente trabajo fue delimitar un corredor biológico mediante uso de Sistemas de Información Geográfica que ayudan a conectar áreas en las que se encuentran las condiciones para el desarrollo de *A. hickelii* y especies acompañantes, para ello, se estimó el área de distribución potencial mediante Maxent y después se utilizó la extensión “corridor designer” de *ArcMap*. Se obtuvo un corredor biológico incluyendo especies características de la región con una longitud de 20 km y una superficie total de 6 595,73 hectáreas que se conectó con bosques de Santa Catarina Ixtepeji y Santiago Laxopa. La importancia del área delimitada radica en la conservación de *A. hickelii* así como de otras especies que son clave para la provisión de bienes y servicios ambientales.

Palabras clave: Pueblos Mancomunados, Corredor biológico, Ixtlán, Sierra Juárez.



ABSTRACT

The forests of *Abies hickelii* in Mexico have a disjunct and dispersed distribution due to the fact that they need specific conditions for their distribution. This species is on the list of endangered species (NOM-059-SEMARNAT-2010) and on the red list of threatened species of the International Union for Conservation of Nature. In Pueblos Mancomunados of the Sierra Norte of Oaxaca, there are preserved forests of *A. hickelii* that have been put at risk due to anthropogenic activities and climate change. Due to the fact that they do not have official protection, they can present significant degrees of vulnerability, in view of this, it is necessary to propose initiatives that ensure the preservation of forests. The objective of the present work was to delimit a biological corridor through the use of Geographic Information Systems that help to connect areas in which the conditions for the development of *A. hickelii* and accompanying species are found, for this, the potential distribution area was estimated using Maxent and then the “corridor designer” extension of ArcMap was used. A biological corridor was obtained, including species characteristic of the region, with a length of 20 km and a total area of 6,595 hectares, which was connected with forests of Santa Catarina, Ixtepeji and Santiago Laxopa. The importance of the delimited area lies in the conservation of *A. hickelii* as well as other species that are key to the provision of environmental goods and services

Keywords: Pueblos Mancomunados, Biological corridor, Ixtlán, Sierra Juárez.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Abies* (oyamel, abetos o pinabetes) en México, tienen una distribución disyunta y dispersa debido a que necesitan de condiciones específicas para su distribución en alturas que van desde 1 200 a 3 600 m s.n.m. en climas templados húmedos y semifríos, generalmente se encuentran en pendientes que varían de entre 17 y 70 % (Ávila et al., 1994; Granados-Sánchez et al., 2007). Actualmente, las áreas más extensas de *Abies* se presentan en las serranías, del eje Neovolcánico y estados como Guerrero, Chiapas, Oaxaca y Veracruz (Fonseca, 2016; Jaramillo-Correa y Martínez-Méndez, 2014). En el estado de Oaxaca, se registran 889 hectáreas de superficie cerrada de *Abies*, en las montañas centrales en la Sierra Norte de Oaxaca se pueden encontrar dos de las ocho especies de oyamel que se describen para México (*A. guatemalensis* y *A. hickelii*) que denotan el interés por su distribución (Eguiarte-Frutos y Furnier, 1997; Ávila-Bello y López-Mata, 2001; Granados-Sánchez et al., 2007).

Abies hickelii es una especie endémica de México, se encuentra incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especie en peligro de extinción y en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Ávila et al., 1994; SEMARNAT, 2010; IUCN, 2023). Las partes más altas de los bosques templados, están constituidas por coníferas, principalmente por *Pinus* y *Abies*, este grupo brinda beneficios económicos, ecosistémicos y sociales a comunidades indígenas (Villers et al., 1998; Sánchez et al., 2003; Monárrez-González et al., 2018). En la Sierra Norte de Oaxaca, se encuentran aún bosques bien conservados de *Abies hickelii*, principalmente en la región de Pueblos Mancomunados, conformado por ocho comunidades que tienen alta diversidad cultural y biológica (Galindo, 2010; Álvarez-Icaza, 2013; Suárez-Mota et al., 2018).

Los procesos de fragmentación, plagas y enfermedades, provocan que *A. hickelii* sea una de las especies más afectadas, lo que pone en riesgo a especies de fauna que habitan en estos bosques como el venado cola blanca *Odocoileus virginianus*, lince *Lynx rufus*, flor mariposa *Tigridia orthantha*, cacomixtle *Bassariscus astutus* y coatí *Nasua narica*, por mencionar algunas, debido a esto se hace necesaria la implementación de estrategias de conservación y modelación de corredores biológicos, pues estos

permiten la interconexión entre los distintos fragmentos haciendo más fácil los desplazamientos de los organismos entre áreas separadas (Gutiérrez y Trejo, 2014).

La Sierra Norte de Oaxaca se reconoce por su biodiversidad y alto grado de endemismo, así como su aprovechamiento forestal. Por lo cual, un corredor biológico en esta zona beneficiará y contribuirá a la conservación de especies de flora y fauna que se encuentran en la NOM-059 SEMARNAT-2010, presentes en Pueblos Mancomunados y sus colindancias (Merino, 2008; Pérez-Gil, 2009; Zamora-Martínez et al., 2014; Gasca, 2014). Este trabajo se plantea con el objetivo de delimitar un corredor biológico en el territorio de Pueblos Mancomunados de la Sierra Norte de Oaxaca, haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica para identificar las zonas que favorecen la conectividad entre sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad distribuida en bosques de oyamel.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El territorio de Pueblos Mancomunados (PM) perteneciente a la Sierra Norte de Oaxaca, se encuentra integrada por tres municipios que pertenecen al distrito de Ixtlán: San Miguel Amatlán, Santa Catarina Lachatao y Santa María Yavesia, con sus respectivas agencias municipales y de policía (Tabla 1). En su conjunto, las comunidades tienen un territorio de 24 932,78 hectáreas. Las colindancias son: al norte con el municipio de Capulálpam de Méndez, al sur con San Pedro Cajonos; al este con terrenos municipales de Santiago Laxopa y Santiago Xiacuí y al Oeste con Santa Catarina Ixtepeji y San Juan Chicomezúchitl (Figura 1).

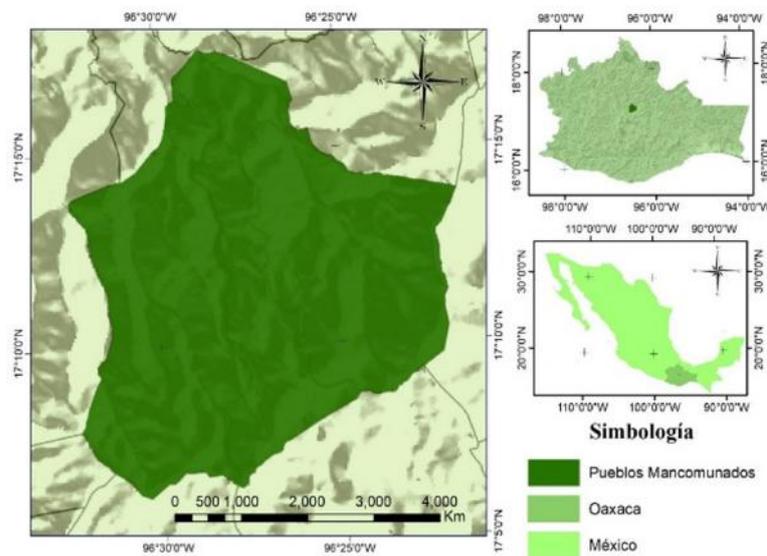


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de pueblos Mancomunados en la Sierra Norte, Oaxaca.

Selección de especies

Los criterios de selección de la fueron: a) que la especie se encontrará dentro del territorio de Pueblos Mancomunados ya que el principal objetivo fue trabajar con este conjunto agrario; b) se consideró que el hábitat de la especie estuviera amenazada en cuanto a su distribución y reproducción; c) la especie tuviera una importancia ecológica, social y económica en las comunidades; d) la especie se encontrara en la NOM-059 SEMARNAT-2010 o en las lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para

la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Así, fue seleccionada *Abies hickelii* como especie principal por estar amenazada; además, de que su distribución es disyunta creando parches a lo largo de la Sierra Norte siendo así necesario definir la conectividad de sus poblaciones.

Tabla 1. Comunidades que integran Pueblos Mancomunados

Municipio	Agencias municipales	Agencias de policía municipal
San Miguel Amatlán (Yaguetzi*)	San Antonio Cuajimuloyas (<i>Yaa cuetzi</i> *)	San Isidro Llano Grande (<i>Letzy xheni</i> *)
Santa Catarina Lachatao (Tzaatoo*)	Santa Martha Latuvi (<i>Laa Tevi</i> *)	Benito Juárez (<i>Yaatyana</i> *) La neveria (<i>Letzy belli</i> *)
Santa María Yavesia (Sho raa'*)	ninguno	ninguno

*Nombre de las comunidades en zapoteco.

Los datos de *Abies hickelii*, que se utilizaron fueron recabados de la base de datos disponibles en la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad REMIB (CONABIO, 2015), el portal de datos abiertos de la Universidad Nacional Autónoma de México (<http://www.conabio.gob.mx/remib>, <https://datosabiertos.unam.mx/>) y literatura disponible (Eguiarte-Frutos y Furnier, 1997; Martínez-Méndez et al., 2016). Adicionalmente, se obtuvieron datos en salidas de campo durante los meses de noviembre de 2018 a noviembre de 2023, realizando registros de la especie usando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS –Garmin eTrex 20x®).



Figura 2. A. *Tigridia orthantha*, B. *Odocoileus virginianus*, C. *Lynx rufus* y D. *Nasua narica*, fue tomada a un ejemplar que se acercó al domicilio de un locatario.

Se seleccionaron otras cinco especies distribuidas en el territorio de Pueblos Mancomunados que tienen una importancia cultural, económica, alimenticia y ecológica (Estrada-Portillo et al., 2018). Se obtuvieron datos de la Comisión Nacional de Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2019) y de registros en campo de presencia de las especies de fauna: flor de mariposa *Tigridia orthantha*; venado cola blanca *Odocoileus virginianus*, gato montes *Lynx rufus* coati o tejón *Nasua narica* y cacomixtle *Bassariscus astutus*, las cuales se utilizaron para evaluar la conectividad del corredor biológico (Figura 2).

Descripción de las condiciones de hábitat y distribución de las especies

Se investigaron seis especies en Pueblos Mancomunados, cuatro de fauna y dos de flora se consideraron las características importantes para conocer el tipo de hábitat de cada especie (Tabla 2) considerando sus hábitos alimenticios, conductas de apareamiento, peso, tamaño entre otros para, poder identificar las zonas idóneas en donde se puedan encontrar dichas especies de acuerdo a lo reportado en trabajos previos, con estos datos se pudo delimitar el corredor biológico (Espejo y López-Ferrari, 1998; Delfin-Alonso et al., 2009; Medellín y Bárcenas, 2010; Valencia-Herverth y Valencia-Herverth, 2012; Espinoza-García et al., 2014; Cisneros-Moreno y Martínez-Coronel, 2019; IUCN, 2023).

Tabla 2. Descripción de las condiciones de hábitat y distribución de las especies analizadas.

Nombre científico	<i>Lynx rufus</i>	<i>Odocoileus virginianus</i>	<i>Bassariscus astutus</i>	<i>Nausa narica</i>
Orden	Carnívora	Artiodactyla	Carnívora	Carnívora
Familia	Felidae	Cervidae	Procyonidae	Procyonidae
Tamaño y peso	Es de mediano tamaño, pesa de 5 a 12 Kg.	Tamaño (8,50 a 2,1 m) y 18 a 215 Kg.	Tamaño mediano. Pesa entre 0,7 y 1,5 Kg.	Pesa de 5 a 5,5 Kg y miden hasta 1.2 m.
Hábitat	Zonas montañosas templadas, zonas áridas y pantanos subtropicales.	Bosques templados, desiertos, bosque tropical caducifolio y matorral.	Matorrales xerófilos, bosque tropical y bosques templados.	Bosques templados y tropicales, ocasionalmente en desiertos y sabanas.
Distribución	Desde la frontera con los Estados Unidos hasta el estado de Oaxaca.	Norteamérica Toda la región, con excepción de la Península de Baja California.	Desde el sur de los Estados Unidos hasta el sur de México.	Desde el sur de Estados Unidos hasta Colombia.
Ámbito altitudinal	Desde el nivel del mar hasta los 3 600 m s.n.m.	De 0 hasta los 2 600 m s.n.m.	Desde el nivel del mar hasta 3200 m s.n.m.	Desde el nivel del mar hasta 3 500 m s.n.m.
Estado de conservación	Está considerado por la IUCN como preocupación menor.	Considerado por la IUCN como preocupación menor.	No se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	No se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
FLORA				
Nombre común	Oyamel, pinabete, abeto		Flor de mariposa	
Nombre científico	<i>Abies hickelii</i>		<i>Tigridia orthantha</i>	
Orden	Coniferales		Asparagales	
Familia	Pinaceae		Iridaceae	
Tamaño	Árboles de 10-25 m de altura (ocasionalmente hasta 40).		Hierbas de 30-80 cm de largo y de 0,8-3,4 cm de ancho	
Hábitat	Bosques templados en climas templados húmedos, climas semifríos.		Bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino y vegetación secundaria.	
Distribución	En Veracruz, Chiapas y en la Sierra Norte de Oaxaca.		Desde Chihuahua hasta Chiapas.	
Ámbito altitudinal	Desde 1 200 a 3 600 m s.n.m.		Desde 1 140-2 300 m s.n.m.	
Estado de conservación	En la NOM 059 SEMARNAT se encuentra en peligro de extinción.		A nivel internacional, está considerado por la IUCN como preocupación menor.	

Descripción botánica de *Abies hickelii*

Árboles perennifolios de 30 a 40 m de altura, diámetro de 0,40 a 1,50 m, copa cónica con ramas horizontales; corteza generalmente lisa y con bolsas de resina en los árboles jóvenes y gruesa con placas escamosas de color grisáceo en los adultos (Figura 3); las ramas secundarias opuestas, cicatrices foliares notorias, yemas terminales en verticilos de tres, resinosas, ligeramente ovoides, de 4 a 5 mm de longitud y de 3 a 4 mm de ancho. Hojas más o menos espiraladas, de color verde olivo cuando se secan, lineares, de 12 a 30 mm de longitud, 1 a 2 mm de ancho. Megastróbilos femeninos subsésiles, más largos que anchos-cilíndricos, de 5,5-10 cm de longitud, 2-4,5 cm de ancho (Espejo y López-Ferrari, 1998).



Figura 3. a) Ejemplar de *Abies hickelii*, b) corteza de árbol adulto y c) corteza de árbol joven.

Análisis de datos espaciales

Para estimar el área de distribución potencial de las especies seleccionadas, se utilizó el software *Maxent* versión 3.4.1 (Phillips et al., 2006). Se emplearon registros de todas las especies; además, se ingresó una carpeta de 19 variables bioclimáticas en formato ráster (Cuervo-Robayo et al., 2013). En *Maxent* todas las configuraciones se dejaron en sus valores predeterminados para evitar el sesgo en la elaboración de los modelos por la selección de los puntos de entrenamiento y los puntos de evaluación, se realizaron 100 réplicas utilizando la opción para aleatorizar la selección de los datos. Se utilizó el 25 % de los registros para el entrenamiento del programa y el restante como datos para la evaluación. Los parámetros utilizados para obtener dichos modelos fueron multiplicador de regularización (regularization multiplier)=1, número máximo de puntos de fondo (maximum number of background points)=10 000, límite de convergencia (convergence limit)=0,00001 y número máximo de repeticiones (maximum iterations)=500 (Phillips et al., 2006; Contreras-Medina et al., 2010).

Conectividad

Para delimitar el corredor biológico en Pueblos Mancomunados se utilizó la herramienta de *CorridorDesigner Toolboxes* (<http://corridordesign.org/downloads>) una extensión de *ArcGis*, empleada para diseñar corredores biológicos basados en las características de ecosistemas y datos biológicos de las especies (Jeness et al., 2011). Para realizar se consideraron tres factores: a) se delimitaron las capas ambientales al área de estudio en formato tipo ráster, b) se creó un ráster topográfico con ayuda de la herramienta “*create position topography*” en el que se clasificaron cuatro categorías, las

cuales identificaron las condiciones del terreno del área de estudio y c) se asignaron los números del 1 al 4 que corresponden de la siguiente manera: 1) fondo de cañón, 2) pendiente plana y suave, 3) pendiente pronunciada y 4) cresta.

Para obtener un archivo ráster de distancia de caminos se usó un mapa de vías de carreteras en el cual se utilizó la herramienta *Euclidean distance*, se crearon partiendo del centro de las carreteras, en esta área se encuentra la carretera federal 190 que conecta Tlacolula con San Isidro Llano Grande y dos caminos de terracería que las comunidades ocupan cotidianamente, de la misma manera se creó el ráster distancia de las comunidades, se crearon tomando como referencia el centro del polígono, se consideran las poblaciones proporcionadas por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La vegetación se agrupó en 15 tipos considerando las características de las mismas (Jenness et al., 2011).

Posteriormente se creó la modelación de hábitat en el cual, se reclasificaron archivos de texto de las cinco especies en la que se consideran sus características de hábitat. Se crearon seis carpetas que pertenecen a las seis especies que se consideran en el estudio, cada carpeta contiene la información del hábitat de las especies considerando las variables: vegetación, distancia de caminos, distancia a las comunidades, rangos altitudinales y topografía. Además, un archivo general en el que se ponderó de 0 a 100 % la importancia de estas variables y por último una ponderación de la importancia de las variables, se creó el modelo de idoneidad de hábitat con herramienta "*HSM 1 – Create habitat suitability model*" con las variables y valores asignados se generó un mapa de idoneidad en formato ráster con un puntaje para cada pixel en cinco categorías de idoneidad: hábitat evitado valor cero en calidad de hábitat (2–34 %), fuertemente evitado (35–50 %), ocasionalmente usado (51–63 %), subóptimo (64–77 %) y óptimo (78–100 %) (Jenness et al., 2011).

■ RESULTADOS

De las bases de datos consultadas en el estado de Oaxaca se encontraron 86 registros de *A. hickelii*, 84 de *T. orthantha*, 87 de *B. astutus*, 53 de *L. rufus*, 113 de *N. narica*, y 184 registros de *O. virginianus*. Sin embargo, no existen suficientes registros para Pueblos Mancomunados. Por tal motivo, se obtuvieron registros de las especies mediante recorridos de campo. Así, se obtuvieron un total de 54 registros de todas las especies en el área de estudio, de los cuales 21 son de *A. hickelii*, siete de *O. virginianus*, cuatro de *L. rufus*, cinco de *T. orthantha*, cinco de *N. nausa* y tres de *B. astutus* la mayor parte de las especies son conocidas en la zona.

Modelos de predicción de presencia de las especies

Mediante el uso de MaxEnt se obtuvieron modelos de distribución de cada una de las especies considerando los registros de presencia y las variables ambientales. Los resultados de la aplicación de la técnica Receiver Operating Characteristic (ROC) indicaron que los seis modelos son adecuados, ya que el valor del cálculo del área bajo la curva (AUC) para los datos de entrenamiento se encuentran para *A. hickelii*, *B. astutus*, *L. rufus*, *T. orthantha* y *O. virginianus* en un $AUC > 0,800$ que de acuerdo a Phillips et al. (2008) es muy buena, en cuanto a *N. narica* muestra un $AUC = 0,750$ lo que indica que el modelo es aceptable. Al validar la significancia estadística de predicción mediante la prueba binomial de omisión para todas las corridas utilizando los 11 test binomiales, todos ellos son significativos $p < 0,01$, por lo cual se acepta el modelo empleado (Phillips et al., 2006). Los resultados se clasificaron en cinco categorías en las cuales se hace referencia al porcentaje de probabilidad que las especies se encuentren presente en Pueblos Mancomunados, estos datos se consideraron para crear los archivos en formato texto de las especies para la creación del corredor biológico (Figura 4).

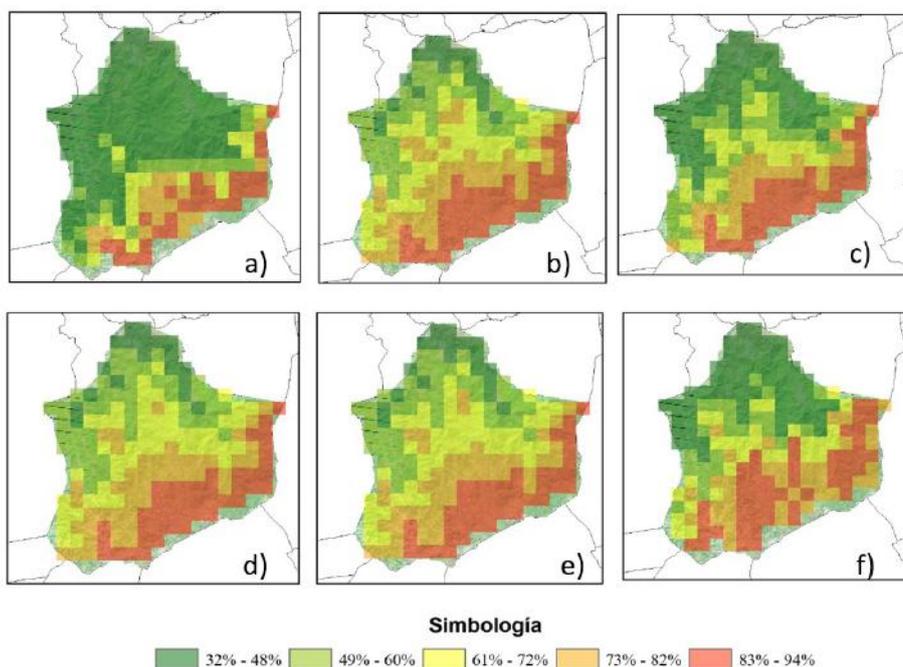


Figura 4. Áreas idóneas para la distribución de las especies considerando su valor de probabilidad. a) *L. rufus*; b) *O. virginianus*; c) *T. orthantha*; d) *N. narica*; e) *B. astutus*; f) *A. hickelii*.

Delimitación del corredor biológico Conectividad (Corridor designer)

La herramienta *Create corridor model* utiliza el mapa de idoneidad creado por *HSM 1* y los bosques de Ixtepeji y Laxopa, fueron áreas que se unieron con el corredor biológico.

Así, se obtuvo un primer mapa de aptitud con un valor máximo de 90 m, es decir, los pixeles cuyo valor se identifiquen con 90 son las zonas de máxima aptitud para *A. hickelii*, por tanto, el corredor se creó a partir de la aptitud de hábitat, siendo el valor mínimo para su distribución 80 m. El resultado final dió una serie de corredores que van desde el 1 al 100 %, los cuales refieren a la anchura del corredor. Los corredores de menor porcentaje, al ser los más estrechos representan el área mínima donde se puede encontrar *A. hickelii* pero que tienen menos contacto con las zonas de perturbación, las áreas más amplias surgen con la posibilidad de que *A. hickelii* se pueda establecer con circunstancias que sean favorables así como la disminución de la perturbación (Figura 5).

El corredor resultado debe su importancia a las variables utilizadas. El objetivo de este corredor fue encontrar una conexión entre las poblaciones de *Abies hickelii* que se encuentran en el territorio de Pueblos Mancomunados, por lo que el valor de importancia más alto fue el de altitud ya que esta especie se encuentra en rangos altitudinales arriba de 1 200 m s.n.m. según la literatura, pero se consideró de 2 000 a 2 500 como altitud favorable, ya que en recorridos de campo este rango altitudinal es en donde se encontraron poblaciones de *A. hickelii* significativos. Se evitó en lo posible las áreas más intervenidas por el ser humano como lo son: carreteras, centros poblados, áreas agrícolas. El segundo valor más alto en la ponderación fue la vegetación ya que en la cartografía de uso de suelo y vegetación el área se encuentra un parche de bosque de *Abies* por lo que fue fundamental integrarlo en el análisis, también se consideraron importantes las zonas agrícolas, distancias de caminos y vías carreteras, y por último se consideró el factor topográfico al que se asignó un valor bajo debido a que la morfología en Pueblos Mancomunados como en la Sierra Norte es muy accidentada.

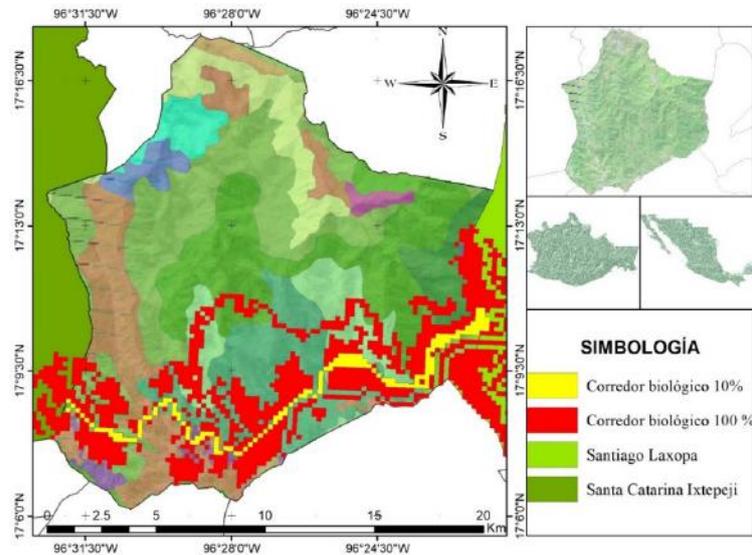


Figura 5. Modelos de Corridor designer se muestra en color amarillo el 10 % del área utilizada por el corredor biológico y en color rojo el 100 % del área ocupada en el que se une el bloque 1 (Santa Catarina Ixtepeji) y bloque 2 (Santiago Laxopa).

El corredor biológico se representa en color rojo (Figura 6) se puede observar que no es lineal, debido a los valores que se le asignaron al programa (corridor designer), este corredor abarca principalmente las comunidades de La Neveria, Benito Juárez, San Antonio Cuajimoloyas, San Isidro Llano Grande y Santa María Yavesia, las cuales se encuentran en la parte más alta del territorio de Pueblos Mancomunados con una longitud de 20 km y una superficie total de 6 595,73 hectáreas.

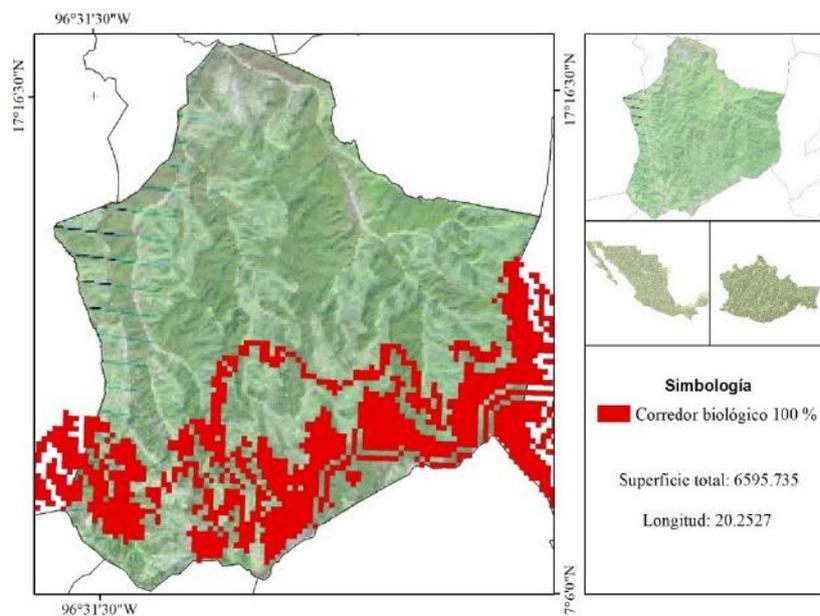


Figura 6. Corredor biológico con 100 % del área tiene una superficie total de 6 595 hectáreas y una longitud de 20 kilómetros.



DISCUSIÓN

Modelos de predicción de presencia de las especies

Saber las condiciones actuales en las que se distribuyen las especies, proporciona datos útiles a la hora de realizar la modelación potencial de especies ya que se identifican áreas espaciales que contienen características similares para llevar a cabo su ciclo de vida de manera óptima. Los modelos se dirigen principalmente a especies que tienen distribución restringida, endémicas o que requieren planificación para restauración o conservación (Suárez-Mota et al., 2018; Manzanilla-Quiñones et al., 2019). En este trabajo, se plantea la conservación de bosques de *Abies* en Pueblos Mancomunados de la Sierra Norte de Oaxaca a raíz de las actividades antropogénicas y el cambio climático, por ello, en los últimos años han aumentado los estudios de especies bajo distintos escenarios climáticos. Tal es el caso de Sáenz-Romero et al. (2012) quienes modelaron la distribución de *Abies religiosa* en México dado que estos bosques son el refugio para la mariposa monarca y por ello su conservación es fundamental.

En diferentes trabajos realizados para predicción en la distribución potencial de especies se considera a Maxent una herramienta eficiente (Contreras-Medina et al., 2010; Martínez-Mendez et al., 2016; Suárez-Mota et al., 2018; González-Cubas et al., 2020), tomando en cuenta sus características, se utilizó este software que tiene la ventaja de predecir áreas de presencia para especies de las cuales se cuentan con pocos registros (al menos 5), ya que para las especies seleccionadas (*A. hickelii*, *T. orthantha*, *B. astutus*, *L. rufus*, *N. narica*, y *O. virginianus*) existía poca información en el área de estudio. Los resultados de distribución y tipos de vegetación de *A. hickelii* coincidieron con otros estudios como los de Villers et al. (1998), Ávila-Bello y López-Mata (2001), Martínez-Méndez et al. (2016).

La mejor manera de comprobar la fiabilidad del modelo es por el conocimiento empírico, es decir, llevar a cabo un inventario en las zonas propuestas para saber si los valores predichos y reales son similares (Hortal y Lobo, 2002). La verificación se hizo a través de observaciones de los registros de las especies analizadas y su concordancia con los modelos de distribución potencial, sobreponiendo también los datos con los sitios de restauración prioritaria propuestos por la CONABIO (2016). Además se compararon los sitios predichos con datos publicados por Suárez-Mota et al. (2018) quienes evaluaron la distribución potencial de especies endémicas registradas en la región de estudio, así se pudo lograr una amplia verificación de los sitios donde *A. hickelii* se encuentra presente y se observó que su evolución y adaptación será fundamental para su conservación.

Delimitación del corredor biológico

Las observaciones de los registros de las especies analizadas y su concordancia con los modelos de distribución potencial, sobreponiendo los datos con los sitios de restauración prioritaria propuestos por la CONABIO (2016). Es importante mencionar que con información obtenida mediante conversaciones con los guías de campo se puede inferir que la fragmentación actual del hábitat es por el tipo de aprovechamiento de las comunidades y los programas de gobierno que se implementan, en la actualidad de “sembrando vida” que es un programa que fomenta el trabajo en campo principalmente en el área donde se considera el corredor biológico, se tiene un registro de 312 personas con un total de 780 ha inscritas en el programa, la extracción de productos forestales maderables y no maderables para su venta, el cambio climático también son factores importantes en la fragmentación y distribución de *A. hickelii* por lo tanto es importante generar estrategias de conservación en Pueblos Mancomunados.

Se identificaron las comunidades de Pueblos Mancomunados que tienen áreas destinadas a conservación (Autoridades comunales, comunicación personal). La ubicación de estas áreas es estratégica por encontrarse en los veneros y yacimientos de agua para el consumo de las poblaciones, la capacidad de filtración y retención de agua de los abetos es muy alta, las comunidades que tienen estas áreas de conservación en zonas de *Abies* son: Benito Juárez, San Isidro Llano Grande con dos áreas una se

encuentra en su toma de agua potable y otra cerca de su cascada “El Pinobete”, Santa Martha Latuvi tiene su área en “El Manantial”, La nevería tiene a protección áreas cerca de la población, San Antonio Cuajimoloyas tiene bajo protección el área denominada “el pinobetal”, San Miguel Amatlán tiene su toma de agua en el paraje “Las Vigas”. Santa María Yavesia tiene su área destinada a protección en la parte alta de la cuenca en el paraje “La Puerta” donde se tiene una población grande de *A. hickelii*.

La importancia de implementar el corredor biológico en Pueblos Mancomunados como estrategia de conservación de *A. hickelii* y otras especies es de importancia para: incrementar el área de distribución a largo plazo lo cual ayudara a otras especies a utilizarlo como hábitat principal; las comunidades puedan ordenar sus actividades de acuerdo a las necesidades de conservación del área; se podrán planificar sus extensiones de las zonas urbanas y posibles áreas agrícolas; el uso consciente de la materia prima y la implementación de estrategias para mejorar la calidad del ambiente así como de los habitantes; y, puede mejorarse el tejido social entre las ocho comunidades ya que plantearan acuerdos para el cuidado y respeto de las áreas designadas a la conservación y posteriormente se podrá implementar como un atractivo ecoturístico en las comunidades, la importancia que se puede ofrecer como un atractivo siempre cuidando su hábitat y su protección con esto se podrá concientizar a las demás comunidades a implementar estrategias para el cuidado de estos oyameles así como muchas otras especies. Estos datos refuerzan lo propuesto por Suárez-Mota et al. (2023) quienes mencionan que en el área donde se propone el corredor biológico se ha podido observar que las especies arbóreas dominantes corresponden a *Pinus devoniana*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. ocote*, *Quercus castanea*, *Quercus crassifolia* y *Quercus glaucooides*. El estrato arbustivo hasta la fecha lo dominan individuos de *Arbutus xalapensis*, *Baccharis salicifolia* y *Dodonaea viscosa* entre otras. Estas especies y muchas otras, por sus adaptaciones a distintos ambientes, también cumplen un papel destacado en la estructura, composición y funcionamiento de las comunidades y ecosistemas que se encuentran dentro del corredor mesoamericano propuesto por la CONABIO (2019).

CONCLUSIONES

El hábitat de *Abies hickelii* esta en proceso de fragmentación y degradación así como amenazado por actividades antropogénicas y el cambio climático lo cual pone en peligro su desarrollo como especie, ante esta situación se debe proporcionar mayor atención a su conservación, esto no solo ayudara a esta especie si no a muchas otras que habitan en la zona.

El corredor biológico propuesto para Pueblos Mancomunados tiene las características que ayudan a *A. hickelii* en su distribución ya que se aleja de zonas extremadamente perturbadas y se encuentra en áreas favorables ambientalmente para su desarrollo.

Es importante mencionar que en el estatuto comunal (reglamento constituido internamente) de la comunidad agraria que integran los Pueblos Mancomunados en su capítulo II de la aceptación y separación de comuneros en su artículo 9 menciona como completa prohibición “la caza, matar o destruir especies animales o vegetales en peligro de extinción o en estatus según las normas establecidas por las diversas instancias reguladoras (SEMARNAT, SEDAFA, PROFEPA) lo que ayuda a regularizar la zona donde *A. hickelii* se encuentra.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

B.M.M. e I.B.J. contribuyeron en la curación de datos, la investigación, y el software; además, realizaron el trabajo de campo y sistemas de información geográfica. M.E.S.M. se encargó del análisis formal, la curación de datos, la investigación, y la escritura del borrador original del manuscrito. M.D.L.K. y W.S.G. participaron en la conceptualización, la metodología, la supervisión, la revisión, la redacción, y las correcciones del artículo.



BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Icaza, P. (2013). Corredor biológico mesoamericano en México. *Biodiversitas*, 110, 1–13.
- Ávila, C. H., Aguirre, J. R., y García, E. (1994). Variación estructural del bosque de Oyamel (*Abies hickelii* (Flous & Gausson) en relación con factores ambientales en el pico de orizaba, México. *Investigación Agraria Sistema de Recursos Forestales*, 3(1), 6-17. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=3447927>.
- Ávila-Bello, H.C., y López-Mata, L. (2001). Distribución y análisis estructural de *Abies hickelii* (Flous & Gausson) en México. *Interciencia*, 26 (6), 244-251. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33905704>.
- Cisneros-Moreno, C., y Martínez-Coronel, M. (2019). Alimentación de cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en un ambiente urbano y uno agrícola en los Valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 9, 31-43. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2019.1.1.274>.
- CONABIO. (2015) REMIB Red mundial de información sobre biodiversidad. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx>.
- CONABIO 2016. Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad escala: 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/sap_gw.html
- CONABIO. (2019) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Corredor Biológico Mesoamericano. México. Comisión Nacional del Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cbmm/cbmm.html>.
- Contreras-Medina, R., Luna-Vega I., y Ríos-Muñoz, C.A. (2010). Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: modelos ecológicos de nicho, efectos el cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural*, 83, 421-433. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2010000300009>.
- Cuervo-Robayo, A. P., Téllez-Valdés, O., Gómez, M., Venegas-Barrera, C., Manjarrez, J., y Martínez-Meyer, E. (2013). An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*, 34(7), 2427-2437. <https://doi.org/10.1002/joc.3848>.
- Delfín-Alonso, A. C., Gallina, S., y López-Gonzalez, A. C. (2009). Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science*, 2 (2), 215-228. <https://doi.org/10.1177/194008290900200208>.
- Eguiarte-Frúns, L. E., y Furnier, G. R. (1997). Niveles y patrones de variación genética del género *Abies* en México. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto B138. México, D. F.
- Espejo S. A., y López-Ferrari, A. R. (1998). Iridaceae. Flora de Veracruz 105: 1-58.
- Espinoza-García, R. C., Martínez-Calderas, M. J., Palacio-Núñez, J., y Hernández-SainMartín, D. A. (2014). Distribución potencial del coatí (*Nausa narica*) en el Noreste de México: implicaciones para su conservación. *Therya*, 5, 331-345. <https://doi.org/10.12933/therya-14-195>.
- Estrada-Portillo, D. S., Rosas-Rosas, O. C., Parra-Inzunza, F., Guerrero-Rodríguez, J. D., y Tarango-Arámbula, L. A. (2018). Valor de uso, importancia cultural y percepciones sobre mamíferos silvestres medianos y grandes en la mixteca poblana. *Acta Zoológica Mexicana*, 34, 1-34. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412131>.

Suaréz-Mota, M., Martínez, B., Bautista, I., Luna, M., Santiago-García, W. (2024). Conectividad de bosques de *Abies hickelii* distribuidos en pueblos mancomunados de la Sierra Norte de Oaxaca. *Bosques Latitud Cero*, 14(2): 1-14. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2178>

- Fonseca, R. M. (2016). Los Abies u Oyamales. *Revista Ciencias*, 120-121, 112-115. <https://www.revistacienciasunam.com/pt/202-revistas/revista-ciencias-120-121/2018-los-abies-u-oyamales.html>.
- Galindo, C. (2010). Corredor biológico de la Sierra Norte. En: Carabias, J., Sarukhán, J., de la Maza, J. Galindo, C. (Coords). *Patrimonio natural de México. cien casos de éxito*. México, Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Gasca, Z. J. (2014). Gobernanza y gestión comunitaria de recursos naturales en la Sierra Norte de Oaxaca. *Región y Sociedad*, 26(60), 89-120. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10231796004>.
- González-Cubas, R., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., y Foroughbakhch-Pournavab, R. (2020). Distribución potencial de *Abies vejarii* (Pinaceae) y su relación con factores ambientales, topográficos y antropogénicos en el noreste de México. *Acta Botánica Mexican. a*, (127), 1-14. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1607>.
- Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G. F., y Hernández-García, M. A. (2007). Ecología y Silvicultura en Bosques Templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13, 67-83. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62913110>.
- Guitérrez, E., y Trejo I. (2014). Efecto del Cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 179-188. <https://doi.org/10.7550/rmb.37737>.
- IUCN. (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. <https://www.iucnredlist.org>. Consultado 30 de noviembre 2023.
- Jaramillo-Correa, J. P., y Martínez-Méndez, N. (2014). Modelación de la distribución geográfica de las especies del género *Abies* presentes en México. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto JM015. México D.F.
- Jenness, J., Majka, D., y Beier, P. (2011). Corridor designer evaluation tools. Environmental Research, Development and Education for the New Economy (ERDENE). Northern Arizona University. Flagstaff, AZ.
- Manzanilla-Quiñones, U., Delgado-Valerio, P., Hernández-Ramos, J., Molina-Sánchez, A., García-Magaña, J. J., y Rocha-Granados, M. D. (2019). Similaridad del nicho ecológico de *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus* (Pinaceae) en México: implicaciones para la selección de áreas productoras de semillas y de conservación. *Acta Botanica Mexicana*, 126, e1398. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1398>.
- Martínez-Méndez, N., Aguirre-Planter, E., Eugiarte, E. L., y Jaramillo-Correa, P. J. (2016). Modelado de nicho ecológico de las especies del género *Abies* (Pinaceae) en México: algunas implicaciones taxonómicas y para la conservación. *Botanical Sciences*, 94(1), 5- 24. <https://doi.org/10.17129/botsci.508>.
- Medellín R. A., y Bárcenas, H. V. (2010). Estimación de la densidad y dieta del lince (*Lynx rufus*) en seis localidades de México. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyectos ES003 y ES009. México, D. F.
- Merino, L. (2008). Conservación comunitaria en la cuenca alta del Papaloapan, Sierra Norte de Oaxaca. *Nueva Antropología*, 21(68), 37-49. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15906803>.
- Monárrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A., y González-Elizondo, M. D. (2018). Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>.



- Pérez-Gil, Y. V. (2009). *Territorialidad y manejo de recursos de uso común en la Sierra Norte de Oaxaca: el caso de Pueblos Mancomunados* (tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Phillips, S., Anderson, R., y Schapire, E. R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>.
- Sánchez, O., Vega, E., Peters, E., y Monroy-Vilchis, O. (2003). Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México D.F.
- SEMARNAT (2010). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Suárez-Mota, M. E., Villaseñor, J. L., y Ramírez-Aguirre, M. B. (2018). Sitios prioritarios para la conservación de la riqueza florística y el endemismo de la Sierra Norte de Oaxaca. *Acta Botánica Mexicana*, 124, 1-28. <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1296>.
- Suárez-Mota, M. E., Bautista-Juárez, I., Juárez-Muñoz, Á. M., Villaseñor, J. L. 2023. Campus universitarios como unidades de restauración ecológica: el caso de la Universidad de la Sierra Juárez, Oaxaca, México. *Ecosistemas* 32(2): 2517. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2517>
- Valencia-Herverth, R., y Valencia-Herverth, J. (2012). Presencia del gato montés (*Lynx rufus*) en selvas tropicales del estado de Hidalgo, México. *Therya*, 3(1), 81-85. <https://doi.org/10.12933/therya-12-58>.
- Villers, R. L., Garcia del Valle, L., y López, B. J. (1998). Evaluación de los bosques templados en México: una aplicación en el parque nacional Nevado de Toluca. *Boletín de Investigaciones Geográficas*, 36, 7-19. <https://doi.org/10.14350/rig.59058>.
- Zamora-Martínez, C. M., González, H. A., Islas, G. F., Córtes, B. N., y López, V. I. (2014). Distribución geográfica de 13 especies de hongos silvestres comestibles en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5 (21), 76-93. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i21.359>.

Estimación del potencial melífero en seis apiarios del bosque seco tropical del recinto Quimis, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador

Estimation of honey potential in six apiaries of the tropical dry forest of the Quimis enclosure, Jipijapa canton, Manabí, Ecuador

Alfredo Jimenez^{1*} 
Laleshka Vera² 
María Cedeño² 
Ignacio Estévez¹ 

1. Docente Investigador de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

2. Magister en Manejo Forestal Sostenible, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

* Autor para correspondencia: alfredo.jimenez@unesum.edu.ec

<https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2227>

Recibido: 25/04/2024

Aprobado: 29/06/2024

RESUMEN

La estimación del potencial melífero de seis apiarios en el recinto Quimis, es importante para comprender la importancia de conservar hábitats específicos y fomentar la apicultura sostenible. Esta investigación se realizó para determinar la diversidad de especies con potencial melífero. Se establecieron seis transectos de 50 x 4 m distribuidos en el bosque seco tropical, donde a través de un inventario se diagnosticó la diversidad florística existente en la zona; se elaboró un calendario floral basado en un análisis mensual (durante un año), de las especies que proporcionan néctar y polen. Se muestrearon 314 individuos pertenecientes a 20 especies vegetales, distribuidas en 20 géneros de 13 familias. Los meses de mayor floración resultaron, junio, julio y agosto; *Prosopis pallida*, floreció durante siete meses en un año. Por su parte, *Ceiba trischistandra*, *Iochroma arborescens*, *Convolvulus arvensis*, *Xenostegia mediana*, *Delonix regia*, *Eriotheca ruizii*, *Leucaena leucocephala*, *Vallesia glabra*, *Pithecellobium excelsum*, *Capparicordis crotonoides* y *Colicodendron scabridum*, destacaron por producir néctar y polen. La producción de miel está influenciada por la disponibilidad de néctar proveniente de individuos de *Cordia lutea* y *Cynophalla sclerophylla*. *Apis mellifera* (abeja), demostró una clara inclinación hacia flores de especies del bosque seco tropical, la cuales fueron mencionadas anteriormente, lo que concluye la importancia de preservar hábitats específicos para garantizar la supervivencia de estas plantas y, en consecuencia, las abejas.

Palabras clave: Apicultura, calendario floral, especies melíferas, hábitats.



ABSTRACT

Estimating the honey potential of six apiaries in the Quimis enclosure is essential to understand the importance of conserving specific habitats and promoting sustainable beekeeping. This research was carried out to determine the diversity of species with honey potential. Six transects of 50 x 4 m were established distributed in the tropical dry forest, where through an inventory the existing floristic diversity in the area was diagnosed; A floral calendar was developed based on a monthly analysis (for one year) of the species that provide nectar and pollen. 314 individuals belonging to 20 plant species, distributed in 13 families and 20 genera, were sampled. The months of greatest flowering were June, July and August; *Prosopis pallida*, flowered for seven months in one year. For its part, *Ceiba trischistandra*, *Iochroma arborescens*, *Convolvulus arvensis*, Honey production is influenced by the availability of nectar from individuals of *Cordia lutea* and *Cynophalla sclerophylla*. *Apis mellifera* (bee), demonstrated a clear inclination towards flowers of tropical dry forest species, which were mentioned above, which concludes the importance of preserving specific habitats to guarantee the survival of these plants and, consequently, the bees.

Keywords: Beekeeping, floral calendar, honey-producing species, habitats.

INTRODUCCIÓN

La apicultura enfrenta múltiples desafíos debido a la degradación de los ecosistemas, causada principalmente por actividades humanas tales como guerras, deforestación, urbanización, desplazamiento de poblaciones hacia áreas naturales, cultivos intensivos, introducción de especies invasoras, contaminación y fragmentación de hábitats (Verde, 2014). Por su parte, Chamorro (2016), subraya la importancia de los árboles y arbustos en bosques naturales como fuentes esenciales de néctar, polen y resinas para las abejas, categorizando la miel como un Producto Forestal No Maderable. Valdés y Rodríguez (2017) destacan la relevancia de la miel derivada de especies melíferas para el desarrollo forestal, económico y social.

El potencial melífero puede definirse como la capacidad de las plantas de producir néctar y polen, aspecto que está influenciado por la diversidad vegetal y las condiciones climáticas. La FAO (2020) enfatiza que la miel, como principal producto de los apiarios, posee propiedades únicas y beneficiosas. En la provincia de Manabí, la apicultura es una actividad socioeconómicamente vital, especialmente en el recinto Quimis del cantón Jipijapa, donde se practica de forma artesanal (Vivanco et al., 2020). Sin embargo, Cevallos et al. (2023) reportan una disminución de los polinizadores, incluyendo la especie *Apis mellifera*, debido a factores como el síndrome de desplazamiento de colmenas (SDC), uso de pesticidas, cambio climático, deforestación y la competencia por recursos nectaríferos debido a la introducción de especies invasoras.

Esta investigación se realizó en el marco de las actividades del proyecto: Inventario de los recursos biológicos de interés para el desarrollo local en El Anegado, Manabí y es resultado de un proyecto de titulación con componentes de investigación de la Maestría en Manejo Forestal Sostenible del Instituto de Posgrado de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, con la finalidad de abordar brechas de conocimiento sobre el potencial melífero del bosque seco tropical del recinto Quimis. En este sentido se determinó la diversidad florística mediante el cálculo de índices de diversidad en el bosque seco tropical del recinto Quimis y, se actualizó un calendario foral de las especies melíferas en seis apiarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se desarrolló en el recinto Quimis del cantón Jipijapa, que está ubicado al sur de la provincia de Manabí y posee una población de 800 habitantes, dentro de la ecorregión del bosque seco tropical del valle Sancán (Figura 1).

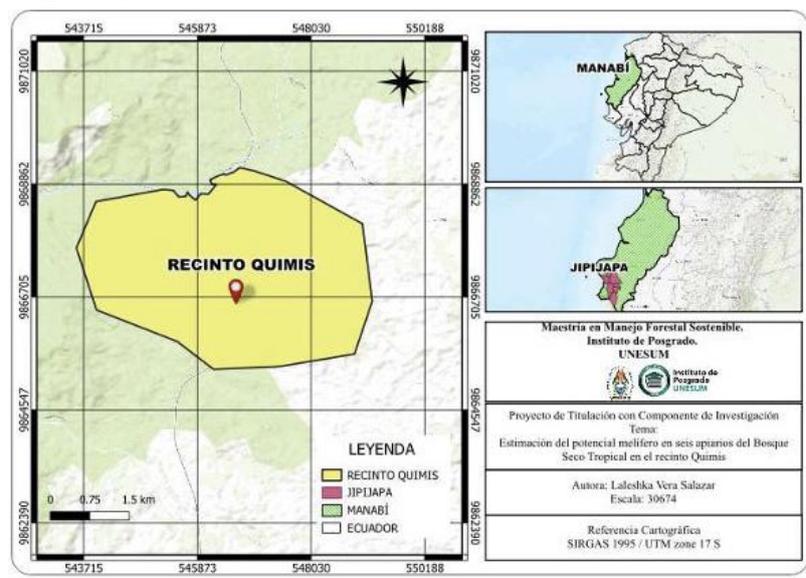


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio, recinto Quimis, Manabí.

Determinación de la diversidad florística mediante el cálculo de índices de diversidad del bosque seco tropical de Quimis

El área seleccionada para determinar la diversidad de especies con potencial melífero, pertenece a 38 familias vinculadas a la asociación ASOPROAPIMIEL, de las cuales solo seis tienen alrededor de 20 colmenas. Se establecieron seis transectos de 50 x 4 m, siguiendo las metodologías establecidas por Mostacedo y Fredericksen (2000); Alvarado (2017); Jiménez et al. (2019); Vega y Saab (2020); Calizaya et al. (2021). En donde, se identificaron 314 individuos distribuidos en los seis apiarios establecidos en el recinto Quimis, con un total de 20 especies, 20 géneros y 13 familias.

Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (Ecuación 1), Simpson (Ecuación 2) y el índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) (Ecuación 3), recomendado por Arias et al. (2021); Jiménez et al. (2021a); Luna et al. (2022); Pardo y Cabrera (2023); Tietz et al. (2023).

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i * \ln p_i \quad [1]$$

Índice de Shannon-Wiener: S= número de especies (riqueza de especies), p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i), \ln = Logaritmo natural, n_i = Número de individuos de la especie i

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad [2]$$

Índice de Simpson: p = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

$$IVI = Ar + Fr + Dr \quad [3]$$

Índice de Valor de Importancia Ecológica: Fr = frecuencia relativa, Ar = abundancia relativa, Dr = dominancia relativa.



De acuerdo con Domínguez et al. (2023), estos índices son útiles para medir la vegetación, permiten hacer comparaciones, mediante datos cuantificables, conocer el estado del ecosistema y abordar su seguimiento para su conservación.

A tenor con lo antes expuesto Luna et al. (2022), plantearon que, los índices que se evalúan con más frecuencia en la biodiversidad, son la riqueza o número de especies y la proporción de la distribución de especies, estas mediciones permiten describir las comunidades ecológicas en términos de dominancia o equidad, como otro componente de la biodiversidad.

Actualización del calendario floral de las especies melíferas del Bosque Seco Tropical de Quimis

Para la actualización del calendario floral se siguió la secuencia establecida por Jiménez et al. (2021b), quienes elaboraron un calendario basado en la época de floración y los recursos florales proporcionados a lo largo de un año en el área de Quimis. Este calendario previamente creado sirvió como punto de referencia para la actualización de datos en el contexto de la presente investigación. Durante este proceso, se consideraron los criterios de Silva y Restrepo (2012) quienes llevaron a cabo diversas actividades relacionadas con la temática, a saber:

Selección de especies melíferas: se llevaron a cabo recorridos previos alrededor de los apiarios, cubriendo una superficie de aproximadamente 125 m².

Se identificaron los árboles y arbustos de interés melífero.

Seguimiento de floración: se diseñó una matriz de registro de datos para las visitas mensuales y para la lista de las especies señaladas. El recorrido para avistamiento se realizó una vez al mes. Se registraron las especies que se encontraban en período de floración, también se apuntó la fecha de visita.

Elaboración del calendario: la información que se obtuvo en el proceso de seguimiento fue resumida en una tabla, consiguiendo como resultado el calendario floral apícola.

Para conocer el potencial apícola en el recinto Quimis se utilizó la metodología descrita por Chamorro (2016); Gualpa et al. (2020a); Gualpa et al. (2022). Así mismo, para comprender mejor los recursos florales, se adaptaron los métodos descritos por Tejeda Rico et al. (2020), que incluyen la observación directa de las abejas en sus actividades y la recolección de muestras de polen de las plantas visitadas.

Para entender el papel que desempeña la flora en la actividad apícola, se siguieron los criterios establecidos por Anacona Chicangana et al. (2023). Estos autores subrayan la necesidad de identificar las especies vegetales más visitadas por las abejas y determinar la disponibilidad temporal de los recursos florales y extraflorales para las colmenas. Se procedió a la identificación y al inventario de las plantas presentes en el área de estudio. La taxonomía y nomenclatura de las especies citadas en el área de estudio fueron verificadas en las obras de Ministerio del Ambiente (MAE, 2013); Aguirre et al. (2014); Chimarro et al. (2023); Jaramillo et al. (2018). Los nombres comunes fueron proporcionados por los guías locales como describe Jiménez et al. (2021a) y el estado de amenaza de dichas especies, se comprobó en la Lista Roja de la flora del Ecuador de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023).

RESULTADOS

Diversidad florística mediante el cálculo de índices diversidad en el bosque seco tropical del recinto Quimis

En total se identificaron 20 especies, 20 géneros y 13 familias según se indica en la Tabla 1, con un total de 314 individuos en el área de influencia de los seis apiarios del recinto Quimis.

Tabla 1. Especies arbóreas identificadas en el bosque seco tropical del recinto Quimis.

Nº	Nombre Científico	Nombre común	Familia
1	<i>Bonellia sprucei</i>	Barbasco	Primulaceae
2	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bototillo	Bixaceae
3	<i>Ceiba trischistandra</i>	Ceibo	Malvaceae
4	<i>Trema micrantha</i>	Cerezo	Cannabaceae
5	<i>Acnistus arborescens</i>	Cojojo	Solanaceae
6	<i>Sarcomphalus thyrsoiflorus</i>	Ebano	Rhamnaceae
7	<i>Delonix regia</i>	Acacia	Fabaceae
8	<i>Eriotheca ruizii</i>	Jaile	Malvaceae
9	<i>Coccoloba ruiziana</i>	Lincuango	Polygonaceae
10	<i>Mimosa acantholoba</i>	Litayo	Fabaceae
11	<i>Handroanthus billbergii</i>	Madero negro	Bignoniaceae
12	<i>Cordia lutea</i>	Moyuyo	Boraginaceae
13	<i>Bursera graveolens</i>	Palo santo	Burseraceae
14	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Fabaceae
15	<i>Guapira floribunda</i>	Pego pego	Nyctaginaceae
16	<i>Erythrina velutina</i>	Pepito colorado	Fabaceae
17	<i>Jatropha curcas</i>	Piñón	Euphorbiaceae
18	<i>Cynophalla sclerophylla</i>	Sebastián hoja fina	Capparaceae
19	<i>Geoffroea spinosa</i>	Seca	Fabaceae
20	<i>Colicodendron scabridum</i>	Zapote de perro	Capparaceae

Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE)

En la Tabla 2 se muestran las 10 especies más importantes desde el punto de vista ecológico, destacan; *Ceiba trischistandra*, *Geoffroea spinosa*, *Bonellia sprucei*, *Coccoloba ruiziana* y *Guapira floribunda*, que presentaron los mayores valores del IVIE, determinado por la dominancia relativa y la abundancia relativa, respectivamente.

Tabla 2. Resultados del índice de valor de importancia ecológica en el bosque seco tropical del recinto Quimis.

Nº	Nombre Científico	Aa	Ar (%)	Fa	Fr (%)	Da	Dr (%)	IVIE
1	<i>Ceiba trischistandra</i>	18	5,73	4	5,33	4,29	71,70	82,76
2	<i>Geoffroea spinosa</i>	42	13,37	5	6,67	0,22	3,75	23,79
3	<i>Bonellia sprucei</i>	43	13,69	6	8,00	0,10	1,68	23,37
4	<i>Coccoloba ruiziana</i>	34	10,82	6	8,00	0,10	1,71	20,54
5	<i>Guapira floribunda</i>	19	6,05	6	8,00	0,37	6,24	20,29
6	<i>Cynophalla sclerophylla</i>	26	8,28	6	8,00	0,10	1,66	17,94
7	<i>Acnistus arborescens</i>	28	8,91	6	8,00	0,04	0,66	17,57
8	<i>Colicodendron scabridum</i>	25	7,96	6	8,00	0,06	1,06	17,02
9	<i>Cordia lutea</i>	16	5,10	5	6,67	0,02	0,40	12,16
10	<i>Bursera graveolens</i>	11	3,50	4	5,33	0,19	3,12	11,95

Nota: N°=Número de especies; Aa=Abundancia absoluta; Ar=Abundancia relativa; Fa=Frecuencia absoluta; Fr; Frecuencia relativa; Da=Dominancia absoluta; Dr=Dominancia relativa; IVIE=Indicie de valor de importancia ecológica.



Índice de Shannon-Wiener

Se observó una alta diversidad, tal como lo indica el índice de Shannon-Wiener, con un valor de $H=3,809$. Además, la especie sobresaliente en la zona es *Bonellia sprucei*; y *Leucaena leucocephala* y *Erythrina velutina* exhiben una abundancia baja y una dominancia reducida en la zona de estudio.

Índice de Simpson

Los valores resultantes del cálculo del índice de Simpson muestran una dominancia (λ) = 0,085 y Simpson ($1-\lambda$) = 0,915 que corresponden a los resultados derivados de las especies predominantes, a saber, *Bonellia sprucei*, *Geoffroea spinosa* y *Coccoloba ruiziana*.

Actualización del calendario floral de especies melíferas de los apiarios en estudio

En la Tabla 3, se presenta el calendario floral que registra la temporada de floración en cada mes del año, comenzando en enero y concluyendo en diciembre. Sobresale *Prosopis pallida*, conocida comúnmente como algarrobo, que florece durante siete meses al año en el bosque seco tropical del recinto Quimis. En relación con este calendario, se ha realizado un análisis mensual para determinar qué especies tienen potencial melífero, es decir, néctar y polen; destacan *Prosopis pallida*, *Bonellia sprucei*, *Caesalpinia paipai*, *Ceiba trischistandra*, *Trema micrantha*, *Acnistus arborescens*, *Convolvulus arvensis*, *Xenostegia medium*, *Delonix regia*, *Eriotheca ruizii*, *Leucaena leucocephala*, *Cordia lutea*, *Vallesia glabra*, *Pithecellobium excelsum*, *Cappariacordis crotonoides*, *Cynophalla sclerophylla*, *Colicodendron scabridum*, *Erythrina velutina*, *Erythrina velutina*, *Muntingia calabura*, *Cojoba arborea*, *Croton rivinifolius*, *Sarcomphalus thyrsoiflorus*, *Bursera graveolens* y *Mimosa acantholoba*. Estas especies florecen durante los meses de junio, julio y agosto. Estas plantas, ampliamente distribuidas en los bosques secos tropicales, tienen el potencial de dar origen a mieles con características tanto monoflorales como multiflorales.

Tabla 3. Calendario y recursos florales de las especies melíferas del bosque seco en el recinto Quimis.

Nombre Científico	Calendario Floral												
	Potencial melífero	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Prosopis pallida</i>	N/P	X	X				X	X		X		X	X
<i>Bonellia sprucei</i>	P						X	X	X				
<i>Caesalpinia paipai</i>	P						X						
<i>Ceiba trischistandra</i>	N/P					X	X	X					
<i>Trema micrantha</i>	P				X								
<i>Croton rivinifolius</i>	N/P					X	X						
<i>Acnistus arborescens</i>	N/P									X	X		
<i>Cojoba arborea</i>	P									X	X		
<i>Convolvulus arvensis</i>	N/P					X	X	X	X				
<i>Ipomoea purpurea</i>						X	X						
<i>Xenostegia medium</i>	N/P					X	X	X	X		X		X
<i>Delonix regia</i>	N/P				X							X	X
<i>Eriotheca ruizii</i>	N/P						X	X	X				
<i>Leucaena leucocephala</i>	N/P						X	X					

Nombre Científico	Potencial melífero	Calendario Floral											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Coccoloba ruiziana</i>			X										
<i>Cordia lutea</i>	N							X		X	X		
<i>Muntingia calabura</i>	P				X	X	X						
<i>Bursera graveolens</i>	P	X											
<i>Guapira floribunda</i>									X	X			
<i>Erythrina velutina</i>	N/P								X	X	X		
<i>Vallesia glabra</i>	N/P								X				X
<i>Jatropha curcas</i>			X										
<i>Pithecellobium excelsum</i>	N/P							X	X				
<i>Capparicordis crotonoides</i>	N/P							X	X	X	X		
<i>Cynophalla sclerophylla</i>	N								X				
<i>Geoffroea spinosa</i>		X	X	X									X
<i>Vachellia macracantha</i>							X	X					
<i>Mimosa acantholoba</i>	N/P				X	X				X			
<i>Colicodendron scabridum</i>	N/P						X	X	X				

Nota: N=néctar, P=polen, N/P=néctar y polen, X=presenta floración.

DISCUSIÓN

Diversidad florística mediante el cálculo de índices de diversidad en el bosque seco tropical del recinto Quimis

Los valores de la diversidad de especies obtenidos del inventario en el bosque seco tropical del recinto Quimis, difieren de los obtenidos por Arias et al. (2021), quienes reportaron 750 individuos, 28 especies y 10 familias. Estos resultados como se mencionó en Jiménez et al. (2021a), son diferentes a los obtenidos por Aguilar et al. (2019), quienes reportaron 89 especies, 39 familias, y 2394 individuos; así mismo, coinciden con lo reportado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2013).

Dentro de la composición florística del área de estudio, resaltaron *Ceiba trischistandra* y *Geoffroea spinosa* como las de mayor valor de importancia ecológica, como se muestra en la Tabla 2, estas especies exhibieron valores significativamente más altos en comparación con las demás especies registradas; todo lo cual concuerda con los hallazgos de Luna et al. (2022), quienes también identificaron a *Handroanthus chrysanthus*, *Ceiba trischistandra* y *Cochlospermum vitifolium* como especies de gran relevancia ecológica.

Por otra parte, cabe agregar que el índice de Shannon-Wiener en el recinto Quimis refleja una diversidad alta de 3,809, diferente a los resultados en la investigación de Pardo y Cabrera (2023), encontrándose dentro de diversidad normal de 2,149. En este mismo sentido el índice de Simpson registro un valor de $(1-\lambda) = 0,915$, por lo tanto, es de diversidad alta, lo que coincide con la investigación de Jiménez et al. (2021a) que obtuvieron un valor de Simpson $(1-\lambda) = 0,93$ que resulta en una diversidad alta.



Calendario floral de especies melíferas de los apiarios en el recinto Quimis

El calendario floral (Tabla 3) es una herramienta fundamental para la apicultura en el recinto Quimis, ya que proporciona información detallada sobre la flora y sus épocas de floración. Esto es importante para los apicultores, pues permite planificar de manera efectiva sus actividades y maximizar la producción de miel. Anacona et al. (2023) subrayan la importancia de elaborar un calendario floral, ya que este informa sobre los periodos de mayor y menor disponibilidad de recursos, alineándose con los hallazgos de esta investigación. González et al. (2021) también destacan que el seguimiento del calendario floral a largo plazo permite detectar alteraciones en los ciclos de floración debido a factores como el cambio climático, las intervenciones humanas y las características fisiológicas de las especies, enfatizando la necesidad de ajustar las prácticas apícolas a estas variaciones. Miranda y Pérez (2022) refuerzan esta perspectiva, señalando que un calendario apícola es crucial para la planificación y adaptación de la producción apícola a condiciones cambiantes.

Identificar y registrar las plantas que producen néctar y polen es vital para la gestión de los apiarios en el recinto Quimis. Se documentaron 24 especies visitadas por abejas, lo cual es consistente con los hallazgos de Jiménez et al. (2021a), que registraron 18 especies. Estas observaciones coinciden con el estudio de Guallpa et al. (2020b), quienes identificaron 38 especies con potencial melífero. Las plantas más comunes, como *Ceiba trichistandra* y *Prosopis pallida*, son las más utilizadas por los apicultores, pero las abejas también exploran otras especies del bosque, lo que sugiere una diversidad significativa en los recursos florales disponibles. May y Rodríguez (2012) enfatizan la importancia de conocer las plantas melíferas y sus épocas de floración para la conservación y restauración de los ecosistemas, permitiendo así una gestión adecuada de los apiarios frente a las perturbaciones climáticas y de hábitat.

La creación de un calendario floral no solo beneficia la apicultura sino también a la agricultura y silvicultura. Silva y Restrepo (2012) aseguran que estos calendarios son herramientas para la planificación de la apicultura, proporcionando información detallada sobre las especies de interés apícola, los periodos de floración y los recursos disponibles como néctar y polen. En el ámbito forestal, un calendario floral ayuda a planificar actividades de reforestación y restauración de ecosistemas, ofreciendo información sobre las épocas de floración y los recursos que cada planta proporciona. Este enfoque es respaldado por los estudios de Ocoljlić et al. (2023), quienes destacaron la importancia de los patrones fenológicos de floración en el diseño del paisaje, y por los hallazgos de Tesfaye y Mekonnen (2023), que subrayan la necesidad de un calendario floral para la gestión sostenible de los recursos apícolas.

CONCLUSIONES

Esta investigación destacó la estrecha relación entre la diversidad de plantas, la ecología del ecosistema y la actividad apícola en el área de Quimis, resaltando la importancia de adoptar prácticas de manejo sostenible y promover la educación para la conservación de la biodiversidad y el fortalecimiento de la apicultura local.

Se encontró una notable diversidad de plantas en el área investigada, con la presencia de 314 individuos pertenecientes a 20 especies y 13 familias. Especies como *Ceiba trischistandra* y *Geoffroea spinosa* resaltaron por su elevado valor de importancia ecológica, lo que sugiere su papel fundamental en el ecosistema local al proveer recursos o hábitats para otras especies. Los índices de diversidad, como el Índice de Shannon-Wiener ($H=3,809$) y el Índice de Simpson ($1-\lambda = 0,915$), revelaron una alta diversidad, característica de un ecosistema robusto y saludable.

Jimenez-González, A., Vera, L., Cedeño, M., Estévez, I. (2024). Estimación del potencial melífero en seis apiarios del bosque seco tropical del recinto Quimis, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 14(2): 15-26. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2227>

La actividad apícola en Quimis está estrechamente ligada a la diversidad de plantas en la región, las cuales presentan periodos de floración, destacándose los meses de junio, julio y agosto, proporcionando recursos de néctar y polen para las abejas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al instituto de posgrado de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, al claustro y coordinación de la maestría en Manejo Forestal Sostenible, por la oportunidad y facilidades brindadas para la realización de esta investigación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

A, J.: Conceptualización, Metodología, Supervisión; L. V.: Investigación, Escritura – Borrador original; M. C.: Investigación, Escritura – Borrador original; I, E.: Curación de datos, Validación, Visualización.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Mendoza, Z., Buri Sivisaca, D., Geadá López, G., & Betancourt Figueras, Y. (2014). *Composición florística, estructura y endemismo en una parcela permanente de bosque seco en Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10306>
- Aguilar Cabrera, Á. B., Aker Narváez, C., & Flores Pacheco, S. A. (2019). Caracterización florística de las especies de aprovechamiento apícola en el complejo volcánico “Pilas el Hoyo”. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, [en línea] 5(9), 1164-1197. <https://camjol.info/index.php/RIBCC/article/view/7952>
- Alvarado, V. (2017). Análisis de correspondencia en la diversidad florística de agroecosistemas cafetaleros en la selva central del Perú. *Bosques Latitud Cero*, [en línea] 7(2), 8-21. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/318>
- Anacona Chicangana, A., Vidal Pame, D., & Bados Campos, H. (2023). *Guía para la identificación de la oferta floral apícola en apiarios del Macizo Colombiano, Departamento del Cauca*. Centro Agropecuario Regional Cauca: Servicio Nacional de Aprendizaje. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7971/Guia_para_la_identificacion_de_la_oferta_floral_apicola.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias Rojas, J., Lombo Ortiz, D., Caballero López, A., Rivera Rojas, M., & Burbano Erazo, E. (2021). Caracterización y diversidad de árboles dispersos en pasturas de un paisaje de bosque seco tropical en el Caribe Colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, [en línea] 33(7), 12. <http://www.lrrd.org/lrrd33/7/3393jaria.html>
- Calizaya Melo, Y., Aguilar, M., & López Tejada, E. (2021). Abejas Altoandinas (Hymenoptera: Apoidea) en Arequipa, Perú. *Acta Biológica Colombiana*, [en línea] 26(3), 295-302. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n3.86011>
- Cevallos Erazo, A. G., Baquero Tapia, M. F., Guamán Rivera, S. A., & Masaquiza Moposita, D. A. (2023). La meliponicultura: una alternativa de conservación y aprovechamiento sostenible de abejas nativas en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Científica Tesla*, [en línea] 3(1), 157. <https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/tesla/article/view/157>
- Chamorro, F. (2016). La Apicultura como Alternativa de Uso No Maderable de los bosques Andinos con Roble en la Cordillera Oriental de Colombia. En G. Nates-Parra (Ed.), *Iniciativa Colombiana de Polinizadores - Abejas* (pp. 261-273). Universidad Nacional de Colombia. <https://www.researchgate.net/publication/317798993>



- Chimarro Cumbal, J. C., Cué García, J. L., Arcos Unigarro, C. R., & Paredes Rodríguez, H. O. (2023). Diversidad florística y estructura del bosque seco en el norte del Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, [en línea] 11(2). <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/651>
- Christopher, E. B. (2020). The study of floral activities and flowering calendar of some selected plant taxa in Akoko environment, Ondo State, Nigeria. *GSC Advanced Research and Reviews*, [en línea] 4(1), 059-068. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2020.4.1.0090>
- Domínguez, L., Jiménez Pineda, D., & Tovar Rúa, D. (2023). Caracterización de la fauna silvestre y la flora arbórea del Municipio de San Benito Abad-Sucre, como estrategia que contribuya a su conservación a través de procesos de Investigación Formativa en la Institución Educativa María Inmaculada. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, [en línea] 7(2), 4420-4435. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5660
- González, S., Miranda, K., Palmera, K., Carbonó, E., & Sepúlveda Cano, P. (2021). Flora con potencial apícola asociada a plantaciones orgánicas de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en el departamento del Magdalena. *Revista Palmas*, [en línea] 40(4), 13-28. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12906>
- Guallpa Calva, M. Á., Guilcapi Pacheco, E. D., & Espinoza Espinoza, A. E. (2020a). Estimación de la flora melífera para la productividad apícola de la estación experimental Tunshi en el sector de Licto, Riobamba. *Revista Dominio de la Ciencia*, [en línea] 6(2), 181-202. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1162>
- Guallpa Calva, M., Espinoza Espinoza, A., Caranqui Aldaz, J., & Guilcapi Pacheco, E. (2020b). Potencial melífero de dos apiarios ubicados en los cantones Cevallos y Riobamba, Zona 3 interandina, Ecuador. *Conciencia Digital*, [en línea] 3(4.1), 46-61. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i4.1.1469>
- Guallpa Calva, M. Á., Caranqui Aldaz, J. M., Espinoza Espinoza, A. E., & Espinoza, V. M. (2022). Aprovechamiento de flora apícola en dos colmenares localizados en los cantones La Concordia y Mocache, Ecuador. *Alfa Publicaciones*, [en línea] 4(1), 28-45. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.129>
- Jaramillo Díaz, N., Aguirre Mendoza, Z., & Yaguana Puglla, C. (2018). Componente florístico del bosque seco, sector Bramaderos, parroquia Guachanama, cantón Paltas, suroccidente de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, [en línea] 25(1), 87-104. <https://journal.upao.edu.pe/index.php/Arnaldoa/article/view/847>
- Jiménez González, A., Macías Egas, Á., Ramos Rodríguez, M., Tapia Zúñiga, M., & Rosete Blandariz, S. (2019). Indicadores de sostenibilidad con énfasis en el estado de conservación del bosque seco tropical. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, [en línea] 14(2), 197-211. <http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v7n2/2310-3469-cfp-7-02-197.pdf>
- Jiménez González, A., Cedeño Loor, M., Vera Salazar, L., & Rosete Blandariz, S. (2021a). Caracterización de las especies melíferas en el bosque seco tropical orientada a su conservación. *Revista Cubana Ciencias Forestales*, [en línea] 9(3), 377-394. https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/download/701/html_1?inline=1
- Jiménez González, A., Cantos Cevallos, C. G., Cedeño Loor, M. J., & Vera Salazar, L. M. (2021b). Caracterización de la producción apícola en un sistema cooperativo asociado al bosque seco tropical. *Revista Científica Multidisciplinaria*, [en línea] 5(3), 47-60. <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/558/333>

Jimenez-González, A., Vera, L., Cedeño, M., Estévez, I. (2024). Estimación del potencial melífero en seis apiarios del bosque seco tropical del recinto Quimis, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 14(2): 15-26. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2227>

- Luna Florin, A., Sánchez Asanza, A., Maza Maza, J., & Castillo Figueroa, J. (2022). Índices de diversidad florísticas forestal en la Reserva Ecológica Arenilla. *Revista Científica Agroecosistemas*, [en línea] 10(1), 96-103. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/523>
- May, T., & Rodríguez, S. (2012). Plantas de interés apícola en el paisaje: observaciones de campo y la percepción de apicultores en República Dominicana. *Revista Geográfica de América Central*, [en línea] 1(48), 133-162. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/4002>
- Miranda Leyva, M., & Pérez Cano, O. (2022). Caracterización de la flora apícola del apiario Macuto # 1 en diferentes áreas en el municipio de Puerto Padre. *Revista Digital de Medio Ambiente "Ojeando la agenda"*, [en línea] 15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8408075>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* (R. Galeas, J. E. Guevara, B. Medina-Torres, M. Á. Chinchero, & X. Herrera, Eds.). Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Mostacedo, B., & Fredericksen Todd, S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz de la Sierra: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Nang'oni, M. W., Rebecca, K., Dubois, T., Guantai, M. M., Omuse, E. R., Lattorff, H. M. G., & Kasina, M. (2023). Pollinator diversity and floral calendar of forage resources for pumpkin, Machakos County, Kenya. *African Journal of Pure and Applied Sciences*, 4(2), 39-49. <https://doi.org/10.37284/ajpas.4.2.177>
- Ocokoljić, M., Petrov, D., Galečić, N., Skočajić, D., Košanin, O., & Simović, I. (2023). Phenological flowering patterns of woody plants in the function of landscape design: Case study Belgrade. *Land*, [en línea] 12(3), 706. <https://doi.org/10.3390/land12030706>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). La miel es un alimento con propiedades nutritivas y organolépticas únicas. [en línea] <https://openknowledge.fao.org/items/3be337d2-ed8d-4e15-9326-cf477e8d6672>
- Pardo Reyes, P., & Cabrera Verdezoto, R. (2023). Diversidad arbórea y arbustiva del bosque seco tropical colonche – Santa Elena. *Pentaciencias Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria*, [en línea] 5(3), 42-54. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/518/690>
- Silva, L. M., & Restrepo, S. (2012). Compendio de calendarios florales apícolas de Cauca, Huila Bolívar [en línea] <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31385/197.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tejeda Rico, G., González, S., Miranda, K., Palmera, K., Carbonó, E., & Sepúlveda Cano, P. (2020). Flora con potencial apícola asociada a plantaciones orgánicas de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en el departamento del Magdalena. *Revista Palmas*, [en línea] 40(4), 13-28. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12906>
- Tietz, A., Romana Pedott, A., & Mouga, D. (2023). Caracterização de flora de restinga arbustivo-arbórea no sul de Santa Catarina, Brasil. *Acta Biológica Catarinense*, [en línea] 10(2), 36-55. <https://periodicos.univille.br/ABC/article/view/2056>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN). (2023). IUCN Red List of Threatened Species. [en línea] <https://www.iucnredlist.org/search?query=Erythrina%20velutina&searchType=species>



- Valdés Roblejo, Y., & Rodríguez Sosa, J. (2017). Proyecto de reforestación participativa para el fortalecimiento de la producción de miel, en el consejo popular Palma del Perro, en el Municipio Guisa, Provincia de Granma. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, [en línea] 1(3), 284-299. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/433>
- Vega, R. R., & Saab, H. P. (2020). Diversidad florística del bosque seco tropical en las subregiones bajo y medio Sinú, Córdoba, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 167-179. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68n1/0034-7744-rbt-68-01-167.pdf>
- Verde, M. M. (2014). Apicultura y seguridad alimentaria. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, [en línea] 48, 25-31. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193030122008.pdf>
- Vivanco, I. M., Rosillo, W. V., Choca, A. F., & Menoscal, W. J. (2020). Estrategias para el fomento de la producción de miel de abeja en las zonas rurales de la provincia del Guayas, Ecuador. *Revista Espacios*, 41(50), 351-369. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n50/a20v41n50p25.pdf>

Efecto del gradiente altitudinal sobre las fajas de enriquecimiento en el Rodal 1, San Eusebio, Mérida, Venezuela.

Effect of the altitudinal gradient in the enrichment strips within Stand 1, San Eusebio, Mérida, Venezuela.

Ronal Rangel¹ 
Pedro Salcedo²
Oriana Méndez³
Iraima Dugarte³
Raquel Valencia³
Jorge Camacho³
Gregory Camacho³

1. Magister en Manejo de Bosques, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
2. Docente investigador de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
3. Ingeniería Forestal, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

Autor para correspondencia: rangelronald794@gmail.com

<https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2165>

Recibido: 20/02/2024

Aprobado: 30/04/2024

RESUMEN

Las fajas de enriquecimiento como sistema silvicultural, busca el aumento de especies arbóreas con alto interés comercial sobre la estructura de un bosque. El objetivo de la presente investigación, fue analizar la influencia de la altitud sobre las características dasométricas en la especie *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N.Page, establecida en fajas de enriquecimiento dentro del rodal número 1 en el bosque húmedo montano bajo, San Eusebio, Mérida, Venezuela. Para ello, se evaluaron tres fajas por bloque, dando un total de nueve fajas y 450 árboles evaluados (50 por cada faja), bajo un diseño de muestreo jerárquico o en anidados (bloques/fajas/árboles), los bloques dispuestos a diferentes altitudes desde 2 200 (bloque 1), 2 275 (bloque 2) y 2 350 (bloque 3) m s.n.m. Se evaluaron 3 parcelas de regeneración natural (20 m² c/u) dentro de cada bloque, para un total de 9 parcelas y un área de 180 m². La masa forestal presentó un área basal de 4,56 m², volumen de madera de 60,41 m³ y una altura promedio de 13,4 m. Se concluyó que, a medida que se incrementa la altitud se ve favorecida la altura, el volumen y el área basal. Por tanto, la altitud es una variable topográfica que ejerce gran influencia sobre las características de una especie y debe ser considerada para futuros estudios.

Palabras clave: altitud, área basal, Bosque Húmedo Montano Bajo, muestreo jerárquico, *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N.Page.



ABSTRACT

Enrichment strips as a Silvicultural system seek the increase of tree species with high commercial interest on the structure of a forest. The objective of the present research was to analyze the influence of altitude on the dasometric characteristics in the specie *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N.Page, established in the enrichment strips within stand number 1, lower montane humid forest, San Eusebio, Mérida, Venezuela. For this, three strips per block were evaluated, giving a total of 9 strips and 450 trees evaluated (50 for each strip), under a hierarchical or nested sampling design (block/strips/trees), the blocks arranged at different altitudes from 2 200 (block 1), 2 275 (block 2) and 2 350 (block 3) m.a.s.l. Three natural regeneration plots (20 m² each) were evaluated within each block, for a total of 9 plots and an area of 180 (m²). The forest mass had a basal area of 4,56 m², wood volume of 60,41 m³ and an average height of 13,4 m. It was concluded that, as altitude increases, height, volume and basal area are favored. Therefore, altitude is a topographic variable that must be considered for future studies and that exerts a great influence on the characteristics of a specie.

Keywords: altitude, basal area, lower montane humid forest, hierarchical sampling, *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N.Page

INTRODUCCIÓN

Los bosques nublados, son ecosistemas montañosos biodiversos caracterizados por neblinas persistentes, árboles frondosos, bromelias, líquenes, musgos, orquídeas, sus árboles poseen raíces superficiales, más cortas. También conocidos como bosques de duendes, húmedos montanos, nubosos, representan el 1 % de la superficie mundial forestal, distribuidos en Centroamérica (Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, México), América del Sur (Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela, Bolivia, Argentina), África (Congo, Madagascar, Santo tome, Annobón, Príncipe), Asia (China, Indonesia, Indochina), alcanzan rangos altitudinales entre 500 m s.n.m. (Islas del Pacífico) hasta 4.000 m s.n.m (Andes de América del Sur) (Sánchez, 2019; Evans, 2020; Huamán, 2020).

En Venezuela, estos bosques se distribuyen en un rango entre 600 m s.n.m (montañas aisladas) a 3 000 m s.n.m (Andes), son siempreverdes con alta vegetación, estructuras complejas, ricas en especies, su dosel supera los 20 m de altura, densos, variabilidad topográfica y altitudinal, también son conocidos como (selvas nubladas, de neblina, ombrófilos montanos siempre verdes, bosques siempre verdes montano altos, bosques húmedos altos, selvas subtropicales) (Ataroff y García, 2013; Quevedo et al., 2016). También presentan una diversidad de servicios ecosistémicos: secuestro de carbono, recreación, materia prima, provisión y regulación de agua en las cuencas hidrográficas (Cabrera et al., 2019; Cueva et al., 2019; Rebolledo & Lores, 2021).

Las fajas de enriquecimiento como sistema silvicultural favorecen a las especies de interés que presentan dificultades de regeneración natural o que han sido aprovechadas comercialmente, de allí que, se busca un aumento en el número de individuos. Por lo general, se establecen fajas de manera manual o mecánica, de un ancho y longitud variable en función del área (bosque) a ser establecidas, a su vez, este sistema ofrece protección (lateral) sobre las plántulas en desarrollo que son generadas por la vegetación remanente entre fajas (Pino et al., 2021). En Venezuela son pocas las referencias de estudio que se tienen sobre este tema, además de que se han realizado en ecosistemas diferentes así: Lozada et al. (2003), bosques de la Guayana, Pino et al. (2021), en bosque seco tropical “El Caimital”.

De allí que, sea importante la evaluación de estos sistemas en el área de estudio, lo que permitirá realizar un diagnóstico a nivel de supervivencia, de las condiciones y características que ha venido

desarrollando la especie *Retrophyllum rospigliosii*, 53 años luego de haber sido establecido estas fajas, lo que permitirá obtener tasas de crecimiento en cm/año, volumen, altura, área basal, al igual que condiciones de la vegetación presente entre fajas. Por ello, la presente investigación tiene los objetivos de: identificar la regeneración natural presente en los diferentes bloques según la gradiente altitudinal desde 2 200 a 2 350 m de altitud, dentro del bosque húmedo montano bajo; y, comparar las variables dasométricas evaluadas en las fajas de enriquecimiento conforme la altitud.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en El Bosque Universitario “San Eusebio” (BUSE), estado Mérida-Venezuela, coordenadas (8°37'00" N - 71°21'00" W, Figura 1), entre 2 200 y 2 600 m s.n.m., situado en el Rodal 1, con 47,9 ha (Ramírez-Angulo et al., 2002; Ramos y Plonczak, 2007; Valcarcel, 2015; Quevedo et al., 2016). Presenta relieves con pendientes y oscilaciones fuertes entre 10-60 % (Márquez, 1990; Ramírez-Angulo et al., 2002), clima bosque húmedo montano bajo (bh-MB, Holdridge, 1978), precipitación entre 1400-1560 mm, temperatura media anual de 14,9 °C (Ramírez-Angulo et al., 2002; Quevedo et al., 2016).

Los suelos principalmente Inceptisoles, moderadamente profundos, contenido de materia orgánica (5,5 % C), buen drenaje, pH 4,2 - 5, con capacidades de intercambio catiónico de (12-18 meq/100 g de suelo), fluctuando entre franco-arcillosos hasta arcillosos (Ramos y Plonczak, 2007).

La vegetación constituye un bosque alto con alturas de hasta 30 m (Ewel y Madriz, 1976). Según Quevedo et al. (2016), las familias arbóreas de mayor importancia son: Lauraceae, Melastomataceae, Guttiferae, Euphorbiaceae, Myrtaceae y Podocarpaceae, y las especies sobresalientes: *Alchornea grandiflora*, *Nectandra*, *Ocotea* y *Persea spp.*, *Sapium stylare* y *Decussocarpus rospigliosii* (Veillon, 1985). Con densidades de 1 076 individuos/ha con un diámetro a la altura de pecho (DAP \geq 10 cm, Ramírez-Angulo et al., 2002).



Figura 1. Ubicación Relativa Nacional, Regional y Local, Bosque Universitario, San Eusebio, Mérida - Venezuela.

Diseño y levantamiento de las parcelas

El ensayo fue realizado en el Rodal N° 1, dentro del BUSE. El mismo consta de tres bloques a diferentes niveles altitudinales (B1=2 200, B2=2 275, B3=2 350 m s.n.m.), con diez fajas de enriquecimiento de *Retrophyllum rospigliosii*/ bloque, con 50 árboles por faja, para un total de 1 500 árboles (500 por



bloque). Se evaluaron tres fajas/bloque, 150 árboles/bloque (50 por cada faja), con una intensidad de muestreo del 10 %, bajo un diseño de muestreo jerárquico (Bloques/Fajas/árboles). En cada bloque, las fajas tienen 100 metros de longitud con una orientación Este-Oeste, se disponen de forma paralela con un distanciamiento de 10 m. El distanciamiento entre plantas es de 2 m (500 plantas ha⁻¹).

Inventario florístico y estructural

Para el inventario fueron consideradas las siguientes variables: sobrevivencia (planta viva, muerta-ausente); diámetro a la altura de pecho (DAP) a 1,30 m; alturas (total, fuste y copa) con un Hipsómetro Suunto; calidad de fuste (CF); coordenadas con un GPS (Garmin etrex 20); tres fotografías hemisféricas (FH, Nafarrete, 2017) equidistantes a 10 metros, para un total de 30 fotos (Rangel et al., 2022); g) una parcela de 20 m² (2 x 10 m) por faja para la RN (identificación de todas las especies espermatofitas). Para la validación de las FH, se obtuvo sistemáticamente 10 puntos de muestreo/faja/bloque (B1, B2, B3) y tres fotografías por puntos de muestreo (Rangel et al., 2022).

Análisis de los datos

Con las variables obtenidas en cada bloque/faja/árbol, se realizaron análisis de sobrevivencia y mortalidad porcentual, mínimo, máximo, media y desviación estándar; análisis de varianza (ANOVA) y Tukey al 5 % y elaboraron gráficos de caja.

El procesamiento de las FH consistió: base de datos; edición con el programa GIMP (v 2.8); estimaciones de estructura del dosel y luz mediante el Gap Light Analyzer 2.0 (GLA, Nobis & Hunziker, 2005) e índice de área foliar (IAF) (Rangel et al., 2022).

Con los datos obtenidos para la regeneración natural (RN) se realizó: una matriz de abundancia y dominancia relativa (clúster con la distancia Bray-Curtis y el método "Ward.D2"); el análisis de similitud (ANOSIM) con Bray-Curtis (1 000 aleatorizaciones); especies indicadoras por grupo y combinaciones de grupos; escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS) usando la distancia Bray-Curtis a través del programa *R* (v. 4.3.1, "Vegan"); curvas de rarefacción (David & Álvarez, 2018); índice de diversidad Shannon-Wiener (H' , Magurran, 1988; Pino et al., 2021) y Simpson (Pino et al., 2021); los números de Hill (q_0 , q_1 , q_2) (Chao et al., 2014; Chao et al., 2016).

Para identificar taxonómicamente la especie se colectaron muestras botánicas secadas que fueron identificadas en el Laboratorio de Dendrología, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (FCFA), Universidad de Los Andes (ULA, Mérida-Venezuela) y se tomó como referencia bibliográfica (Ramírez-Angulo et al., 2002; Ramos y Plonczak, 2007; Valcarcel, 2015; WF, 2023).

RESULTADOS

Se evaluaron un total de 318 árboles, distribuidos (B1 = 89, B2 = 115 y B3 = 114 individuos, con rangos en DAP (2,2 – 40,76 cm), altura total (2 – 32 m). En la Tabla 1, se puede observar la sobrevivencia de la especie plantada en el año 1971 para los diferentes bloques (B1, B2, B3 con 53 años de edad), el rango porcentual estuvo entre 59,33-76,66 % (con diferencia significativa), siendo el menor valor presentado por el B1, con una sobrevivencia de (59,33 %) y la mortalidad de (40,67 %), mientras B2 y B3 que están a mayor altura tiene porcentajes similares de sobrevivencia mayores o iguales al 76 %. Se observa que, los individuos crecen con valores inferiores a 1 cm/año, lo que equivale a un turno de 150 años para ser aprovechable. Los mayores valores encontrados: a) para el DAP (cm/año) fue para el B1 0,27; b) altura m/año, B3 con 0,27. Por un lado, a pesar de que el bloque tuvo mayor incremento en el DAP, este a su vez fue el de menor valor para el crecimiento en altura/año. Por otro lado, el B3 con mayor crecimiento en altura, reflejo el segundo lugar para el DAP (0,20 cm/año).

Tabla 1. Crecimiento anual diamétrico, altura, sobrevivencia y mortalidad porcentual obtenidas para los diferentes bloques evaluados en las fajas de enriquecimiento (*Retrophyllum rospigliosii*) establecidos en el rodal 1, San Eusebio, Mérida, Venezuela.

Bloque	Plantadas	Edad (años)	Diámetro (cm/año)	Altura (m/año)	Sobrevivencia %	Mortalidad %
1	150	53	0,27	0,24	59,33	40,67
2	150	53	0,18	0,25	76,66	23,34
3	150	53	0,20	0,27	76	24

Se observa en la Tabla 2 que, en los tres bloques establecidos, las variables dasométricas analizadas han alcanzado los mayores valores dentro del B1, a pesar de que es allí donde existe un menor porcentaje de supervivencia con 89 individuos (59,33 %), lo que pudo favorecer al crecimiento de los árboles por la menor intensidad de competencia.

Tabla 2. Crecimiento en diámetro, altura y volumen obtenidos para los diferentes bloques evaluados en las fajas de enriquecimiento (*Retrophyllum rospigliosii*) establecidos en el rodal 1, San Eusebio, Mérida, Venezuela.

Bloque	Variable	N	Min.	Máx.	Media	DE
1	DAP (cm)	89	4	41	14,79	7,719
1	AT	89	4	32	12,57	5,229
1	AB	89	0,0009	0,1305	0,0217	0,0226
1	Vol.	89	0,0029	1,6085	0,2264	0,2843
2	DAP (cm)	115	2	27	9,59	5,731
2	AT	115	2	30	12,88	7,322
2	AB	115	0,0003	0,0562	0,0097	0,011
2	Vol.	115	0,0003	0,8661	0,1339	0,2036
3	DAP (cm)	114	3	37	10,71	7,337
3	AT	114	3	32	14,49	7,730
3	AB	114	0,0006	0,1053	0,0131	0,0199
3	Vol.	114	0,0012	2,2722	0,2175	0,4307

En la Figura 2a, se puede observar que el rango promedio en altura estuvo entre los 12-16 m, siendo mayor para el B3 (zona alta), seguido del B1 (zona baja) y B2 (zona media), desfavorecida por su pendiente, sin embargo, fueron registrados (5 individuos, 4,34 %) con 30 m de altura, representando así el mayor porcentaje de individuos en alcanzar esta altura, lo que no está muy lejos de las máximas alturas alcanzadas en B3 (2 individuos, 1,75 %) y B1 con (1 individuo, 1,12%) respectivamente. Para la Figura 2b, el volumen estuvo entre 4-10 m³, alcanzando a llegar a su máxima expresión en B3 (zona alta) con hasta 16,9 m³, lo que se ve favorecido porque su crecimiento en altura es mayor. Siendo menor para B2 (zona media), con 3,5 a 7,7 m³ (menor crecimiento en altura y área basal). En la Figura 2c, se observa mayor desarrollo en el área basal para los individuos encontrados en B1 (zona baja), favorecida por las menores pendientes y el menor número de individuos (89) evaluados, con 0,3-1,0 m², siendo el menor valor encontrado para el B2 (zona media) con 0,26-0,55 m². Para el IAF, los promedios similares, siendo para B1 (zona baja) con 1,51-3,06; B2 (zona media), con 2,12-2,34; con un par de casos atípicos con valores de 2,84 y 2,92 respectivamente.

Para la RN, se contabilizaron 579 individuos distribuidos en (brinzales = 493, latizales = 58 y fustales = 28 individuos), pertenecientes a 38 especies, 35 géneros y 22 familias (Tabla 3). Las familias representativas: Euphorbiaceae (5 especies), Lauraceae (5 especies), Malvaceae (3 especies), Myrtaceae (3 especies) y Rubiaceae (3 especies), las especies con mayor abundancia (mayores a 50 individuos) fueron: *Weinmannia balbisiana* var. *moritzii* (Engl.) Cuatrec. (107 individuos), *Eschweilera* sp. (82 individuos), *Hieronyma oblonga* var. *obtusata* Müll.Arg. (81 individuos) y *Styrax andinus* Steyerm. con 65 individuos.

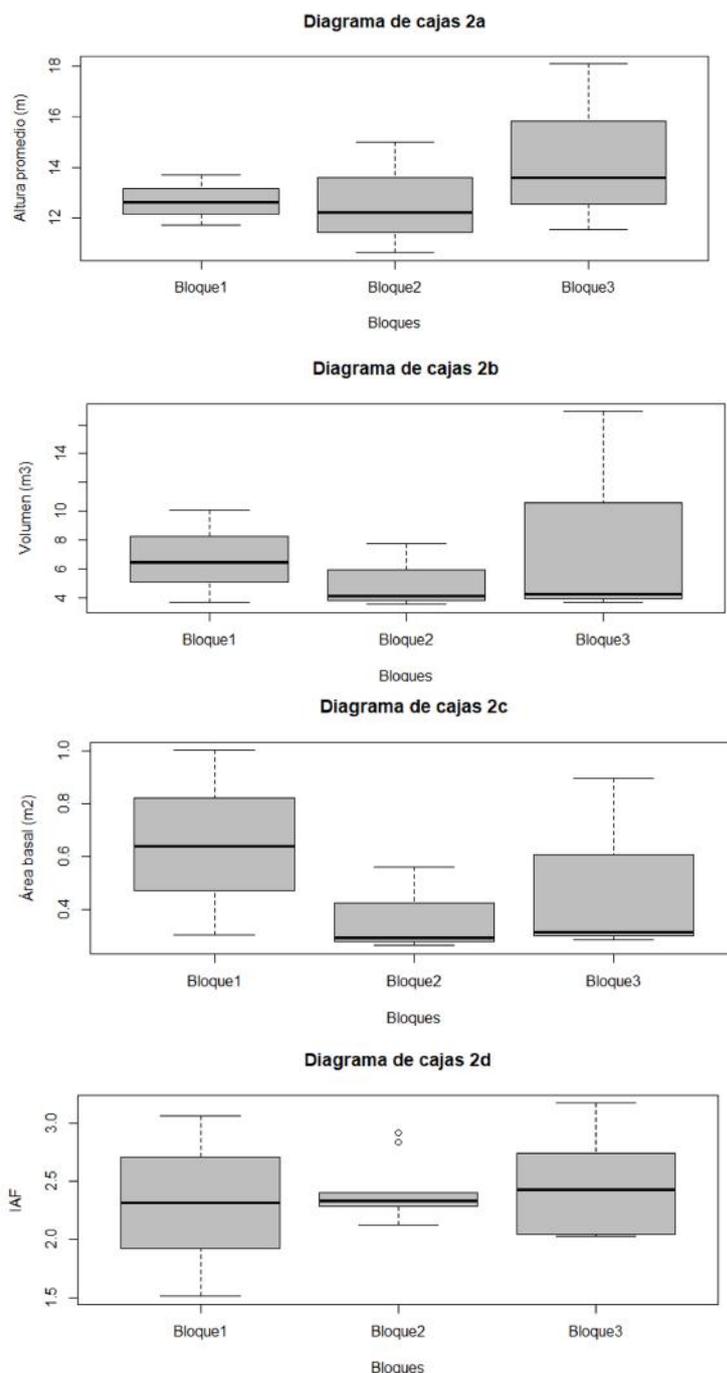


Figura 2. Diagrama de cajas: a) altura promedio (m), b) volumen (m³), c) área basal (m²), d) índice de área foliar, obtenidos para los diferentes bloques evaluados en las fajas de enriquecimiento (*Retrophyllum rospigliosii*) establecidos en el rodal 1, San Eusebio, Mérida, Venezuela.

Tabla 3. Listado de especies encontradas en el levantamiento de la regeneración natural en fajas de enriquecimiento, rodal 1, San Eusebio, Mérida – Venezuela.

Nombre Vulgar	Especie	Familia
Algodón	<i>Alchornea grandiflora</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae
Cacaíto	<i>Laplacea semiserrata</i> Cambess.	Theaceae
Café	<i>Ceroxylon klopstockia</i> Mart.	Arecaceae
Canalete	<i>Eugenia triquetra</i> O.Berg	Myrtaceae
Canelo	<i>Hieronyma oblonga</i> var. <i>obtusata</i> Müll.Arg.	Phyllanthaceae
Carne asada	<i>Sapium stylare</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae
Cedrillo	<i>Guettarda steyermarkii</i> f. <i>latior</i> Standl. & Steyerm.	Rubiaceae
Cobalongo	<i>Billia columbiana</i> Planch. & Linden ex Triana & Planch.	Sapindaceae
Corazón	<i>Geonoma</i> spp.	Arecaceae
Cucharo	<i>Allophylus excelsus</i> Radlk.	Sapindaceae
Granizo	<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	Malvaceae
Helecho	<i>Dendropanax fendleri</i> Seem.	Araliaceae
Helecho palmita	<i>Graffenrieda latifolia</i> (Naudin) Triana	Melastomataceae
Laurel amarillo	<i>Aniba cicatricosa</i> C.K.Allen	Lauraceae
Laurel baboso	<i>Ocotea calophylla</i> Mez	Lauraceae
Laurel blanco	<i>Podocarpus montanus</i> Colenso	Podocarpaceae
Laurel mapurite	<i>Aiouea densiflora</i> var. <i>vivipara</i> Nees	Lauraceae
Mano de león	<i>Ormosia tovarensis</i> Pittier	Fabaceae
Manteco	<i>Gen</i> sp.	Asteraceae
Manteco hoja ancha	<i>Ardisia</i> sp.	Primulaseae
Marfil	<i>Tetrorchidium</i> sp.	Euphorbiaceae
Mortiño blanco	<i>Graffenrieda latifolia</i> (Naudin) Triana	Melastomataceae
Mortiño colorado	<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	Melastomataceae
Mortiño negro	<i>Cephaelis</i> sp.	Rubiaceae
Muji	<i>Mollia sphaerocarpa</i> var. <i>acrocarpa</i> Baehni	Malvaceae
Palma	<i>Eschweilera</i> sp.	Lecythidaceae
Palma de cera	<i>Cinchona pubescens</i> Endl.	Rubiaceae
Platanillo	<i>Myrcianthes karsteniana</i> (Klotzsch ex O.Berg) McVaugh	Myrtaceae
Quino blanco	<i>Citharexylum subflavescens</i> S.F.Blake	Verbenaceae
Sai sai	<i>Weinmannia microphylla</i> Kunth	Cunoniaceae
Surure	<i>Myrcia acuminata</i> (Kunth) DC.	Myrtaceae
Tambor	<i>Weinmannia balbisiana</i> var. <i>moritzii</i> (Engl.) Cuatrec.	Cunoniaceae
Tampaco 1	<i>Clusia minor</i> L.	Clusiaceae
Tampaco 2	<i>Clusia multiflora</i> Kunth	Clusiaceae
Tetajire	<i>Eschweiler</i> sp.	Lecythidaceae
Totumillo	<i>Citronella</i> sp.	Cardiopteridaceae
Tuno	<i>Telipogon tachirensis</i> Szlach., Kolan. & Lipinska	Orchidaceae
Uvito	<i>Styrax andinus</i> Steyerm.	Styracaceae

RN, en el análisis clúster, se puede observar la formación de 4 grupos (Figura 3A), con valores de distancia (grupo 1 con B1F1 = 0,9; grupo 2 con B3F2 = 0,7; grupo 3 con B1F3 + B2F1 + B2F2 + B2F3 = 0,1 – 0,58; grupo 4 con B3F1 + B1F2 + B3F3 = 0,57). Las especies indicadoras por grupos con p -value < 0,05; estaban representadas por *Hieronyma oblonga* y *Dendropanax fendleri* (grupo 4); por *Weinmannia balbisiana* (grupo 3). Por otro lado, para las combinaciones de grupos las especies indicadoras resultaron ser *Dendropanax fendleri* (grupos 2 + 4); *Telipogon tachirensis* y *Eschweilera* sp. (grupos 3 + 4).

En el análisis de similitud (ANOSIM), se obtuvo un valor de $R = 0,46$ y $P = 0,02$. Para el análisis de ordenación (NMDS, Figura 3B), se observó una similitud entre el B2 (zona media) y B3 (zona alta), caso contrario del B1 (zona baja) que difiere completamente (composición florística). El valor de estrés dentro del NMDS fue de 9,60 %, lo que corresponde a una varianza explicada de 90,40 % (adecuado para la interpretación por bloques/altitudes).

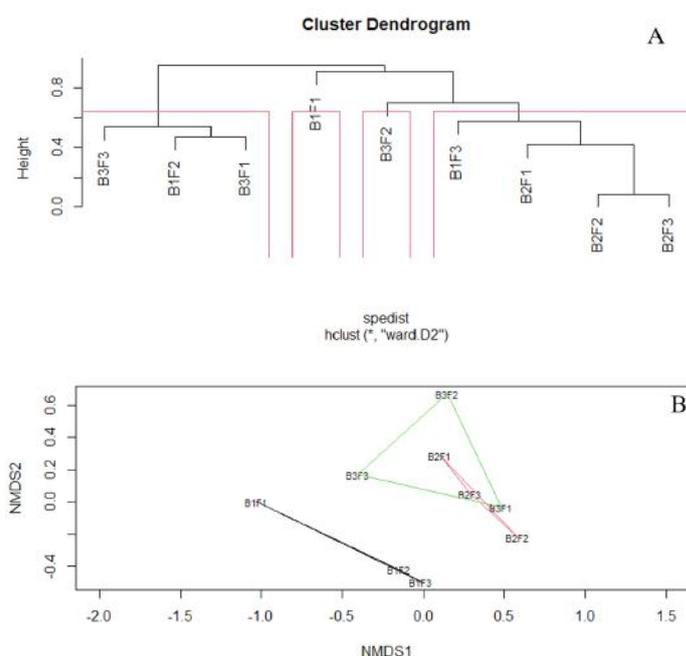


Figura 3. a) Dendrograma (método Ward.D2 y distancia Bray Curtis), b) escalonamiento multidimensional no métrico NMDS, de agrupamiento para las parcelas según el valor de cobertura de las especies y la altitud en los bloques/zonas: B1 (baja), B2 (media) y B3 (alta), San Eusebio, Mérida, Venezuela.

El B1 (zona baja), con una densidad de 228 individuos (brinzales = 189, latizales = 26, fustales = 13), representados por 26 especies, 26 géneros y 17 familias. Las familias Euphorbiaceae y Rubiaceae con más 3 especies cada una, *Styrax andinus*, con 50 individuos. Para el B2 (zona media), con una densidad de 205 individuos (brinzales = 201, fustales = 4) sin la presencia de latizales, representados por 22 especies, 22 géneros y 15 familias. Las familias Lauraceae y Euphorbiaceae con 3 especies c/u. La especie más representativa es *Eschweilera* sp., con 52 individuos. Mientras que para el B3 (zona alta), con una densidad de 146 individuos (la de menor densidad en las tres zonas) distribuidos en (brinzales = 103, latizales = 32, fustales = 11), representados por 26 especies, 26 géneros y 17 familias. Las familias Lauraceae y Myrtaceae con 3 especies c/u. La especie más representativa *Hieronyma oblonga*, con 30 individuos. *Hieronyma oblonga*, *Aiouea densiflora*, *Eschweilera* sp. y *Weinmannia balbisiana*, se consideran generalistas por presentar individuos en las tres zonas.

Al obtener las curvas de rarefacción (números de Hill, Figura 4), la riqueza de especies ($q=0$) dentro de los bloques evaluados fue mayor para B3 (27 especies), seguida de B1 (26 especies) y B2 con 23 especies (Figura 4). Las curvas se solapan solamente para q_0 (4A) y q_2 (4C) en las gráficas, lo que evidencia que no existen diferencias significativas en la diversidad de especies, siendo el caso contrario para q_1 (4B) donde se evidencia una diferencia significativa.

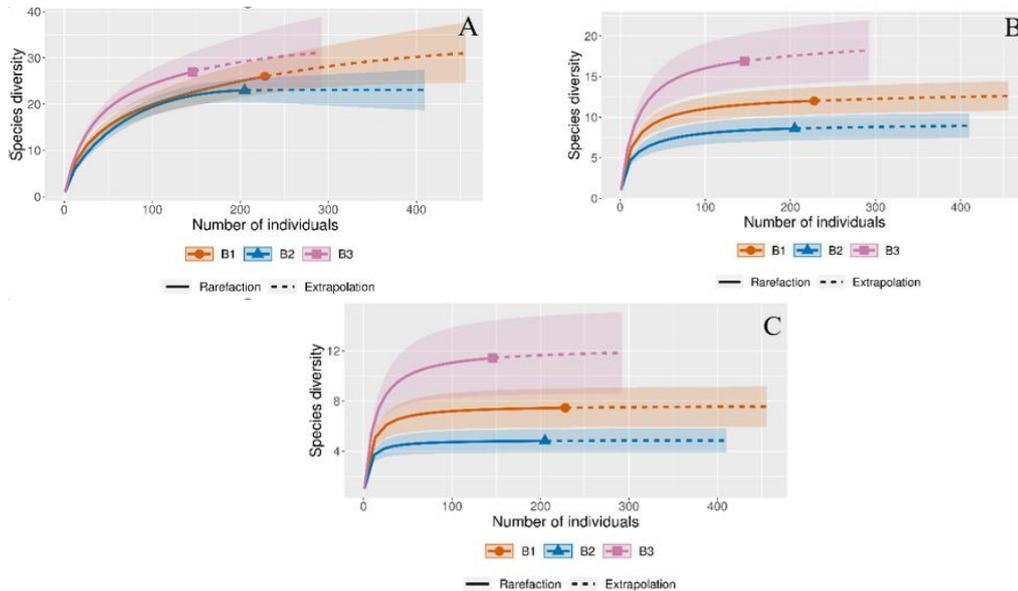


Figura 4. Curvas de Rarefacción Basado en los Números de Hill de Orden. A) corresponde al número de Hill q_0 , B) corresponde al número de Hill q_1 y C) corresponde al número de Hill q_2 , por bloques/altitud: zona baja (B1), zona media (B2) y zona alta (B3) obtenido del levantamiento de la regeneración natural en fajas de enriquecimiento, rodal 1, San Eusebio, Mérida – Venezuela.

En la Tabla 4, se observa que la diversidad de especies q_0 fue mayor para el B3 con 27, seguida del B1 con 26 y el B2 con 23. De igual forma, los índices de diversidad Shannon y Simpson demostraron mayores valores dentro del B3 con 16,91 y 11,42 respectivamente, reflejando una alta diversidad, aun así, los valores obtenidos para B1 y B2 también son valores representativos para la zona de estudio.

Tabla 4. Índices de diversidad y cálculos de rarefacción y extrapolación obtenidos para los diferentes bloques en el levantamiento de la regeneración natural en fajas de enriquecimiento, rodal 1, San Eusebio, Mérida – Venezuela.

Bloque	Índice de diversidad	Rarefacción				Extrapolación		
		Obs.	Est.	LS	LI	Est.	LS	LI
B1	Riqueza de especies (q_0)	26,00	26,00	22,23	29,77	26,03	22,25	29,82
	Diversidad de Shannon (q_1)	12,02	12,02	10,35	13,68	12,02	10,36	13,68
	Diversidad de Simpson (q_2)	7,45	7,45	5,90	9,01	7,45	5,90	9,01



Bloque	Índice de diversidad	Rarefacción				Extrapolación		
		Obs.	Est.	LS	LI	Est.	LS	LI
B2	Riqueza de especies (q0)	23,00	23,00	20,52	25,48	23,00	20,52	25,49
	Diversidad de Shannon (q1)	8,61	8,61	7,15	10,07	8,61	7,15	10,08
	Diversidad de Simpson (q2)	4,82	4,82	3,88	5,75	4,82	3,88	5,76
B3	Riqueza de especies (q0)	27,00	27,00	22,81	31,19	27,05	22,84	31,26
	Diversidad de Shannon (q1)	16,91	16,91	13,58	20,24	16,92	13,59	20,26
	Diversidad de Simpson (q2)	11,42	11,42	8,42	14,42	11,43	8,43	14,43

Nota: B1: bloque 1; B2: bloque 2; B3: bloque 3; q=0: riqueza de especies; q=1: diversidad de Shannon (la exponencial de la entropía de Shannon); q=2: diversidad de Simpson (la inversa de la concentración de Simpson). Obs.: Observada; Est.: Estimada; LS: límite superior; LI: límite inferior.

DISCUSIÓN

Dentro de las investigaciones realizadas para la especie (Ramírez et al., 2021), encontraron valores en bosque naturales de 0,1-0,8 cm DAP, con tasas de crecimiento entre 1,0-1,2 cm/año y altura entre 0,53-0,64 m/año. En el presente estudio pionero en el país, los valores están por debajo de estos promedios con 0,18-0,27 cm/año de DAP, altura (m/año) entre 0,24-0,27; lo que se debe a la influencia de los cambios altitudinales dentro del área de estudio (lentos y desfavorables para la especie).

Para el área basal no se encontraron reportes con estas estimaciones, siendo en el presente estudio los valores encontrados de media entre 0,0097-0,0217 m². Siendo el caso contrario para el volumen, en donde Ramírez et al. (2021), reportaron valores de 10,5 (m³ ha⁻¹ año⁻¹). Bonilla & Alarcón (2015), con 15,39 (m³ ha⁻¹ año⁻¹). Ambas investigaciones se encuentran superiores a los valores encontrados durante esta investigación que no llegan a 1 (m³ ha⁻¹ año⁻¹).

Los resultados de la presente investigación indica que la altitud tiene influencia significativa sobre el crecimiento de la especie en la zona, esto corrobora lo mencionado por Cabrera et al. (2019) y Cueva et al. (2019), quienes argumentan que en los bosques montañosos andinos el gradiente altitudinal, es el primer elemento a considerar para la jerarquización dentro de las evaluaciones realizadas a las diferentes especies evaluados en torno a sus características y valores de crecimiento (DAP, altura, volumen y área basal), así como también los rasgos distintivos a nivel florístico y estructural. Adicionalmente dentro de la presente investigación, los valores de supervivencia son inversamente proporcionales a los valores promedios en crecimiento de DAP, siendo para B1 (59,33 %) y el mayor en DAP (0,27 cm/año), seguido, de B2 con (76 %), DAP (0,20 cm/año); y B3 (76,66 %), DAP (0,18 cm/año); lo que es reflejo de la competencia entre fajas y de la influencia del gradiente altitudinal.

Existe similitud en los valores encontrados para el IAF que van desde 1,51-2,92, estos valores están por debajo de los reportados por Quevedo et al. (2016), quienes observaron valores promedios con una muestra de 120 unidades (puntos de muestreo) en bosque natural (no perturbado), 5,2 (período seco) y 5,6 (período de lluvia), lo que es una diferencia significativa estando ambos estudios dentro del mismo bosque.

Para la RN, se encontró una riqueza florística de 38 especies, 35 géneros y 22 familias, dentro de las cuales Euphorbiaceae, Lauraceae, Malvaceae, Myrtaceae y Rubiaceae resultaron ser las familias más importantes, a nivel de especies, *Weinmannia balbisiiana*, *Eschweilera* sp., *Hieronyma oblonga*, y *Styrax andinus* se encontraron en mayor número de individuos dentro del bosque. Existen diferencias a nivel florístico, entre los valores encontrados por Gutiérrez & Rodríguez (2019), quienes evaluaron la RN en parcelas de 100 m² (10 x 10 m) del bosque montano en el Parque Nacional Turquino, donde encontraron 51 especies, agrupadas en 44 géneros y 29 familias. Las familias más importantes resultaron ser Melastomataceae, Lauraceae (común en ambos trabajos) y Piperaceae. Dentro de las especies se encontraron *Prunus occidentalis*, *Guarea guidonia*, *Dendropanax arboreus*, *Ocotea leucoxydon* y *Cupania americana*. Cabe destacar que esta diferencia en la riqueza esta dada en cierta proporción por el tamaño de las parcelas evaluadas.

Los resultados obtenidos para las curvas de rarefacción son menores a los encontrados por Ramírez & Lozano (2024), quienes evaluaron la regeneración natural del bosque piemontano con intervenciones de manejo forestal en el sur de Ecuador, encontrando a su vez 125 especies, 88 géneros y 41 familias, en zonas intervenidas del bosque luego de 5 y 10 años respectivamente.

Martino & Oblitas (2024), evaluaron la influencia de la altitud sobre las variables (DAP, altura y volumen) para la especie *Retrophyllum rospigliosii* en bosques nublados del departamento de Cajamarca, en un rango de edad de 2-15 años, encontrando los siguientes valores: a) DAP (1,5 a 2,8 cm), b) altura (0,8 a 1,5 m/año), c) volumen (0,001 a 0,0165 m³/ha/año), expresando que existe una correlación positiva entre las variables y la altitud. Todos estos valores están por encima de los encontrados en la presente investigación con los bloques establecidos de 53 años, siendo para DAP (0,18 a 0,27 cm/año), altura (0,23 a 0,27 m/año) y volumen (0,002 a 0,004 m³/ha/año), lo que se debe a la influencia de la altitud de la especie, su capacidad y flexibilidad de adaptación para el área estudiada, aun así, estos valores no se pueden considerar óptimos para este tipo de proyectos, se deben mantener futuras investigaciones y probar nuevos ensayos para continuar con el seguimiento de las variables seleccionadas dentro del proyecto.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se puede observar las diferencias significativas entre los parámetros evaluados (DAP, altura, volumen y área basal) dentro de los bloques, que están siendo influenciados por el gradiente altitudinal. A pesar de la edad (53 años) del ensayo sus tasas de crecimiento son bajas, lo que amerita la realización de nuevas investigaciones para este sistema silvicultural, así como también, ensayos con la misma especie probando otras técnicas de manejo, lo que permitirá obtener una visión más clara sobre las necesidades y requisitos para que esta especie alcance su máximo potencial.

Es primordial realizar una caracterización del área donde están ubicados los diferentes bloques, para poder estudiar si existen otros elementos (pH, tipo de suelo, pendiente) que pueden estar influenciando el crecimiento de la especie, como lo es el caso del gradiente altitudinal analizado en la presente investigación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

RR contribuyó en la administración del proyecto y la investigación; PS, MO, DI, VR, CJ y CB participaron en la curación de datos y el análisis formal.



BIBLIOGRAFÍA

- Ataroff, M., & García, C. (2013). Selvas y bosques nublados de Venezuela. En E. Medina, O. Hubber, J. Nassar, & P. (. Navarro, *Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela. Ediciones IVIC (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas)* (págs. 125-155.). Caracas: Ediciones IVIC (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas). <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/39193/ataroff2013.pdf?sequence=1>
- Bonilla, J., & Alarcón, J. (2015). Turnos técnico y económico de tala para arboles de Romerillo Blanco en Ecuador. *Ecología Aplicada*, 14(2), 127-137. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200005&lng=es.
- Cabrera, O., Benítez, Á., Cumbicus, N., Naranjo, C., Ramón, P., Tinitana, F., & Escudero, A. (2019). Geomorphology and altitude effects on the diversity and structure of the vanishing montane forest of southern Ecuador. *Diversity*, 11, 2-15. doi:<https://doi.org/10.3390/d11030032>
- Chao, A., Gotelli, N., Hsieh, T., Sander, E, Ma, K., . . . Ellison, A. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45-67. doi:10.1890/13-0133.1
- Chao, A., Ma, K., & Hsieh, T. (2016). *iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation)*. Obtenido de Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity.: http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/.
- Cueva, E., Lozano, D., & Yaguana, C. (2019). Efecto del gradiente altitudinal sobre la composición florística, estructura y biomasa arbórea del bosque seco andino, Loja, Ecuador. *Bosque*, 40(3), 365-378. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002019000300365>
- David, H., & Álvarez, E. (2018). Riqueza total de especies de plantas vasculares en un bosque andino de la cordillera central de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(1), 227-236. doi:<https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i1.27548>
- Evans, M. (2020). *Bosques nublados: franjas estrechas de biodiversidad llenas de bruma, niebla y misterio*. <https://thinklandscape.globallandscapesforum.org/es/48623/bosques-nublados-franjas-estrechas-de-biodiversidad-llenas-de-bruma-niebla-y-misterio/>
- Ewel, J., & Madriz, A. (1976). *Zonas de vida de Venezuela. Segunda Edición*. Caracas: MAC-FONAIAP.
- Gutiérrez, E., & Rodríguez, J. (2019). Regeneración natural del bosque montano en el parque Nacional Turquino. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 140-148. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Huaman, E. (2020). *Valoración económica de captura de carbono en bosques nublados*. [Trabajo de grado, Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1403/TB-Jaime%20E-Ext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lozada, J., Moreno, J., & Suescun, R. (2003). Plantaciones en Fajas de Enriquecimiento. Experiencias en 4 unidades de manejo forestal de la Guayana venezolana. *Interciencia*, 28(10), 568-575. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003001000004&lng=es&tlng=en
- Magurran, A. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princenton University Press. doi:<https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Martino, L., & Oblitas, J. (2024). *Influencia de la altitud y tipo de suelo sobre el crecimiento de *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page en macizos de diferentes edades en el cacerío San Pedro, Distrito San José Alto, Jaén*. Repositorio Institucional unj. Jaén: Universidad Nacional de Jaén. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/637/1/T_Martino%20Santur%20y%20Oblitas%20Troyes_IFA_2024.pdf

Rangel-Vásquez, R., Salcedo, P., Méndez, O., Dugarte, I., Valencia, R., Camacho, J., Camacho, S. (2024). Efecto del gradiente altitudinal sobre las fajas de enriquecimiento en el Rodal 1, San Eusebio, Mérida, Venezuela. *Bosques Latitud Cero*, 14(2): 27 - 39. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2165>

- Nafarrete, A. (2017). *Estimación directa e indirecta del índice de área foliar (IAF) y su modelación con lidar en un bosque tropical seco de yucatán*. Yucatán: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. <https://cicy.repositorioinstitucional.mx>
- Nobis, M., & Hunziker, U. (2005). Automatic thresholding for hemispherical canopy-photographs based on edge detection. *Agricultural and Forest Meteorology*, 128(3-4), 243-250. doi:10.1016/j.agrformet.2004.10.002
- Pino, M., Rojas, Y., Salcedo, P., Rangel, R., & Gómez, A. (2021). Dinámica sucesional del bosque luego de establecer fajas de enriquecimiento, El Caimital, Barinas -Venezuela. *Investigaciones Geográficas*, 61, 99-115. doi:<https://doi.org/10.5354/0719-5370.2021.61075>
- Quevedo, A., Schwarzkopf, T., García, C., & Mauricio, J. (2016). Ambiente de luz del sotobosque de una selva nublada andina: estructura del dosel y estacionalidad climática. *Revista de Biología Tropical*., 64(4), 1-9. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44947539026>
- Ramírez, H., Torres, A., & Serrano, J. (2002). Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque nublado de la Cordillera de Los Andes, Venezuela. *ECOTROPICOS*, 15(2), 177-184. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/230845981>
- Ramírez, J., Marín, A., Urrego, J., Castaño, Á., & Ospina, R. (2021). Efecto de la fertilización en el crecimiento de *Retrophyllum rospigliosii* de la zona andina colombiana. *Madera y bosques*, 27(3), e2732315. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732315>
- Ramírez, T., & Lozano, D. (2024). Diversidad florística y estructura de la regeneración natural del bosque piemontano con intervención de manejo forestal en el sur de Ecuador. *Bosque Latitud Cero*, 14(1), 105-122. doi:<https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2034>
- Ramos, M., & Plonczak, M. (2007). Dinámica Sucesional del Componente Arbóreo Luego de un Estudio Destructivo de Biomasa en el Bosque Universitario San Eusebio, Mérida-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 51(1), 35-46. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/2007_ramos_plonczak.pdf
- Rangel, R., López, J., Gómez, A., Perdomo, L., Pino, M., Rojas, Y., . . . Salcedo, P. (2022). Efecto de dos sistemas silviculturales sobre variables de estructura del dosel y de luz dentro del bosque universitario El Caimital, Barinas – Venezuela. *Recursos Rurais*, 18, 45-57. doi:<https://doi.org/10.15304/rr.id8523>
- Rebolledo, D., & Lores, D. (2021). Evaluación espaciotemporal de la cobertura vegetal del Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 25-58. doi: <http://dx.doi.org/10.21138/GF.742>
- Sánchez, J. (2019). *Ecología verde*. Obtenido de Bosques de niebla: qué son y características.: <https://www.ecologiaverde.com/bosques-de-niebla-que-son-y-caracteristicas-1859.html>
- Valcarcel, R. (2015). *Clasificación y mapeo de sitios en la estación experimental San Eusebio basada en criterios físicos-hidrológicos del suelo. (Trabajo de grado Magister Scientiae)*. Mérida: Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. <https://www.researchgate.net/publication/265426994>
- Veillon, J. (1985). El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los patrones del medio ambiente. *Revista Forestal Venezolana*, 29, 5-120.

Estrategias en sistemas agroforestales aplicadas al café

Agroforestry strategies applied to coffee

Briceño Johanna^{1*}
Torres Viviana^{2*}

1. Docente-Investigador de la carrera de Agronegocios, Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

2. Universidad Nacional de Loja, Ecuador

* Autor para correspondencia: jbriceno@utpl.edu.ec

<https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2219>

RECIBIDO: 17/04/2024

APROBADO: 28/06/2024

RESUMEN

Los sistemas agroforestales (SAF) que integran el cultivo de café, reconocidos como SAF café o café bajo sombra, proporcionan una amplia gama de servicios ecosistémicos, los cuales no solo mejoran las condiciones socioeconómicas de las familias involucradas en la producción de café, sino que también contribuyen al enriquecimiento de la calidad ambiental en las comunidades donde se implementan. El propósito de la presente investigación consistió en identificar estrategias dentro de los sistemas agroforestales que fortalezcan el desarrollo integral de la producción cafetalera en la parroquia San Pedro de Vilcabamba. Para lo cual se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliométrica centrada en las estrategias agroforestales aplicadas a la producción de café, que permitieron realizar un diagnóstico completo de las diversas estrategias empleadas en la producción de café y en base a una encuesta aplicada a expertos en el área para seleccionar aquellas que mejor se adapten a la parroquia de estudio. Los principales resultados muestran un aumento en el número de investigaciones respecto a las estrategias agroforestales en la producción de café en la base de datos Scopus y Radaly, especialmente en Latinoamérica. Además, se identificaron dos tipos de SAF aplicados al café: tradicionales y comerciales; no obstante, se determinó que la elección de estrategias SAF para la parroquia San Pedro de Vilcabamba debe basarse en un diseño agronómico que dependerá de diversos factores que deben ser evaluados en función de las condiciones específicas de la región, los objetivos del productor y las características del entorno.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, café, estrategias agroforestales.

ABSTRACT

Agroforestry systems (AFS) that integrate coffee cultivation, recognized as AFS coffee or shade-grown coffee, provide a wide range of ecosystem services, which not only improve the socioeconomic conditions of the families involved in coffee production, but also contribute to the enrichment of environmental quality in the communities where they are implemented. In this context, the main purpose of this research was to identify strategies within the agroforestry systems that strengthen the integral development of coffee production in the parish of San Pedro de Vilcabamba. To achieve this objective, an exhaustive bibliometric review was carried out focused on agroforestry strategies applied to coffee production, using scientific databases to later carry out a complete diagnosis of the diverse strategies used in coffee production and based on a survey applied to experts in the area to select those that best adapt to the study parish. The main results show an increase in research on agroforestry strategies in coffee production in the Scopus and Radalyc databases, especially in Latin America. In addition, two types of AFS applied to coffee were identified: traditional and commercial; whereas, the choice of AFS strategies for the San Pedro de Vilcabamba parish should be based on an agroforestry design that will depend on various factors that must be evaluated according to the specific conditions of the region, the objectives of the producer and the characteristics of the environment.

Keywords: Agroforestry systems, coffee, strategies.

INTRODUCCIÓN

La producción de café ha adquirido una relevancia significativa a nivel global (Getachew et al., 2023). En el caso específico de Latinoamérica se considera como una de las regiones clave para la producción de café ya que representa el 60% del suministro mundial; sin embargo, en las últimas dos décadas se ha evidenciado cambios en los paisajes debido a la rápida intensificación de la producción (Harvey et al., 2021) sumándose a otros procesos antropogénicos que afectan la diversidad biológica y la integridad de los ecosistemas (Villanueva González et al., 2023). Debido a esto, actualmente se han adoptado nuevos enfoques de conservación y desarrollo que consideran explícitamente la interacción entre áreas agrícolas y forestales, en lugar de centrarse únicamente en áreas protegidas y bosques (Scamilla-Prado, 2018). Además, que estos nuevos paradigmas garantizan la sostenibilidad y preservación de la diversidad y equilibrio ecológico en estas áreas de cultivo (Niguse et al., 2022).

En el Ecuador la producción de café también constituye una de las actividades productivas de relevancia, pues es una actividad familiar que demanda mano de obra y genera empleo rural, principalmente en la región sur debido principalmente a la calidad del producto (Venegas Sánchez et al., 2018). Específicamente la provincia de Loja cuenta con condiciones ideales debido a los diferentes pisos altitudinales, variabilidad climática, diversidad de suelos que se ven reflejadas en su calidad, lo cual ha permitido que según las estadísticas del concurso de mayor trayectoria denominada la “Taza dorada”, la provincia de Loja haya sido acreedora de 11 de las 17 ediciones del mejor café en Ecuador (Vásquez, 2022).

Durante el periodo 2012 - 2021, se han producido un total de 64.313 toneladas de café, en 40 700 hectáreas de superficie con un rendimiento de 0,17 t/ha en promedio, con picos de altos y bajos en los ciclos productivos. En el caso de Loja, el rendimiento es menor, llegando a registrar 0,07 toneladas/hectárea en el año 2015 (Ministerio de Agricultura, 2023). A esta realidad local, se suma la escasa tecnificación y manejo agronómico; a la par, el sistema productivo asociado al café cuenta con productores con características de baja asociatividad y con grandes problemas de comercialización (Fernández-Guarnizo et al., 2023; Venegas et al., 2018). Por ello, es fundamental revitalizar la producción mediante sistemas agroforestales sostenibles que se consideran una práctica de adaptación

basada en ecosistemas capaces de proveer múltiples servicios ecosistémicos y a su vez que fomenten la diversificación de la agricultura (Villarreyña et al., 2020). De esta forma se pueda generar mayor valor agregado en las comunidades que buscan desarrollar estrategias para mejorar su producto y a la vez causar un menor impacto ambiental (Orellana, 2022).

Cabe mencionar que un enfoque que ha experimentado un notable impacto en la evolución de la caficultura convencional hacia una más respetuosa con el entorno son los sistemas agroforestales en donde, se promueve la ampliación de la sombra tradicional mediante la incorporación de especies de árboles de rápido crecimiento y valor comercial, las cuales además ofrecen una variedad de servicios adicionales (Ruiz García et al., 2020), por ello esta investigación busca contribuir al análisis de estrategias agroforestales que puedan ser aplicadas en la parroquia San Pedro de Vilcabamba donde se encuentra una de las asociaciones con mayor producción de café (Mazo et al., 2016).

Con estos antecedentes, la presente investigación busca determinar las estrategias agroforestales implementadas en la producción de café a través de una exhaustiva revisión bibliométrica, que permitió realizar un diagnóstico completo de las diversas estrategias empleadas en la producción de café. Posteriormente, con base en una encuesta aplicada a expertos en estrategias agroforestales se pudo seleccionar aquellas que mejor se adapten a la parroquia de, con el fin de establecer acciones para el fortalecimiento y mejoras en los sistemas de producción cafetalera con la implementación de alternativas tecnológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Ecuador, es un país ubicado en la región noroeste de América del Sur, está dividido políticamente por 24 provincias, cada provincia tiene su propia administración local y está subdividida en cantones y parroquias, en el caso de la provincia de Loja, ubicada al sur del Ecuador está dividida en dieciséis cantones, cuatro parroquias urbanas y trece parroquias rurales (IGM, 2010). San Pedro de Vilcabamba es una parroquia rural de la ciudad de Loja, la cual está limitada al norte con la parroquia Yangana y Malacatos, al sur con la parroquia Tumianuma, al este con la provincia de Zamora Chinchipe y al oeste con la parroquia de Malacatos.

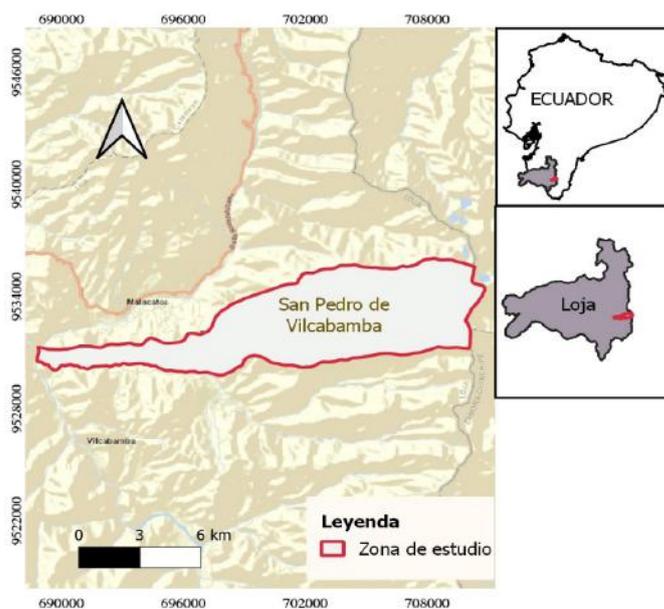


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la parroquia San Pedro de Vilcabamba.

La investigación es mixta de carácter cualitativo y cuantitativo en base a un análisis bibliométrico que consta de cuatro procesos cronológicamente bien definidos y una encuesta a expertos a través de un muestreo por conveniencia.

Análisis bibliométrico

Para la cual se realizará una adaptación del enfoque propuesto por Kitchenham & Charters (2007) y Achimugu et al., (2014), fundamentado en las siguientes etapas:

- Formulación de preguntas de investigación: la cual fue ¿Cuál es el estado de la investigación sobre las estrategias agroforestales en la producción de café según una revisión bibliométrica?
- Estrategia de búsqueda: para realizar la revisión bibliográfica se recurrió a artículos científicos en revistas bases de datos Scopus y Redalyc
- Proceso de búsqueda: Estará basado en función a ecuaciones, el uso de filtros y la incorporación de criterios de inclusión y exclusión (Tabla 1):

Tabla 1. Criterios de Refinamiento: Ecuaciones, criterios de inclusión y exclusión

Base de datos	Ecuación	Filtros	Criterios de inclusión	Criterios de Exclusión
Scopus	<i>(title-abs-key (strategies and in and agroforestry and systems) and title-abs-key (coffee and production) or title-abs-key (good and production and practices) or title-abs-key (good and manufacturing and practices)) and pubyear > 2018 and pubyear < 2023 and (exclude (subjarea, "ener")) and (exclude (doctype, "cp") or exclude (doctype, "re") or exclude (doctype, "ch"))</i>	Year: 2018-2022 Subject área: Agricultural and Biological Sciences, Environmental Science, Earth and Planetary Sciences, Social Sciences, Economics (Excluded Energy). Document type: Article	Sistemas agroforestales con café, Agroforestería con café, Agrobosques cafetaleros producción de café, Especies forestales o cultivadas asociadas a la producción de café	Agrosilvicultura cafetalera, Filogenia, producción, Cacao y otros productos sin asociación de café
Redalyc	<i>("Estrategias" AND "agroforestales" AND "producción de café")</i>		Arábica (<i>Coffea arabica</i>)	

d) Selección de artículos y lectura: bajo los criterios de refinamiento establecidos (Tabla 2) se obtendrá una lista con las principales estrategias identificadas de los documentos elegidos.

Tabla 2. Criterios de refinamiento establecidos

Elemento	Criterios de refinamiento establecidos
Tipo	SAF con <i>Coffea arabica</i> L, el primer requisito es que sea un sistema integrado con el producto principal, el café.
Componente	Identificar el sistema utilizado
Especies	Detallar las especies utilizadas



Encuesta a expertos

Con la finalidad de completar y validar la información obtenida de la revisión bibliométrica se aplicó 8 encuestas a actores clave seleccionados especialistas en la temática a través del muestreo por conveniencia “bola de nieve” (Burga, 2011; Fahmi & Savira, 2023). Los datos obtenidos fueron analizados descriptivamente.

■ RESULTADOS

Revisión bibliométrica

La tendencia de los estudios respecto a las estrategias agroforestales en la producción de café en los últimos 5 años. En total se escogieron 21 documentos de los 67 documentos encontrados, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión detallados en la tabla 1, y que aportarán directamente a la pregunta de investigación.

En la correlación entre los años y la producción acumulada de scopus, se observan dos etapas en el crecimiento de la producción de artículos: un primer periodo comprendido entre los años 2018 y 2020 con una producción baja promedio de 5 artículos/año y un segundo entre 2021 y 2022 donde la producción promedio se incrementa a 7,5 artículos/año. Esta distribución y su tendencia permiten extrapolar una propensión al incremento en la cantidad de artículos a publicarse en los próximos años relacionados con los sistemas agroforestales en el cultivo del café. Mientras que en la base de datos Redalyc el ritmo de producción promedio se establece por 20 artículos/año en el periodo comprendido entre los años 2018 y 2020 a un ritmo decreciente mientras que en el periodo 2021 y 2022 tuvo un leve incremento 18,5 artículos/año.

Por otro lado, la cantidad de documentos publicados por países, destacando principalmente a Colombia, Brasil y México, junto con los Países Bajos. En promedio los países latinoamericanos tienen una producción científica mayor que los países de otras regiones, como Europa. En cuanto a la base de datos Scopus, en promedio tienen una producción científica igual a 3,75 artículos; mientras que, para la base de datos de Redalyc en promedio tienen una producción científica de 7 artículos entre los países de México, Brasil, Colombia, Costa Rica y Cuba. Esta tendencia no solo resalta la importancia de la región en la industria del café, sino también las oportunidades de desarrollo y colaboración que esto puede ofrecer a nivel local e internacional.

Dentro de las estrategias identificadas aplicadas al café se ha podido clasificarlas en dos grandes grupos: a) bajo sombras tradicionales (llamadas rústicos) diversos; y, b) el comercial que generalmente está conformado por una estructura policultivo. En la Tabla 3 (anexos), se muestra información sobre los documentos que han abordado la incorporación de sistemas agroforestales con café, abarcando tanto la combinación como las especies recomendadas en el área de estudio en donde se ha llevado a cabo la investigación. Entre las especies que se destacan con mayor frecuencia en la documentación analizada se encuentran: *Inga vera*, *Citrus spp* y *Musa spp*. Estos árboles desempeñan un papel fundamental al proporcionar sombra a los cultivos de café y aportar materia orgánica al suelo. Es importante señalar que, a diferencia de los cítricos, que generalmente se destinan al consumo familiar, las otras dos especies cumplen la función adicional de ofrecer servicios ecosistémicos relacionados con el abastecimiento y regulación.

En relación con la selección de las estrategias más apropiadas para la Parroquia San Pedro de Vilcabamba, se llevaron a cabo un total de 8 encuestas. La mayoría de los participantes son hombres, representando el 63%, en términos de edad, hay una distribución equitativa entre los grupos de 30-40 y 40-50 años, ambos representando el 38%, mientras que aquellos mayores de 50 años conforman el 24%. En cuanto a la educación, destaca que el 75% de la muestra ha alcanzado el nivel de doctorado, frente al 25% con

maestría. En términos de ocupación, los docentes/investigadores y aquellos que combinan roles de docentes, investigadores y productores representan el 89% en conjunto, con un notable 50% de participación en esta última categoría.

Por ello, el grupo de expertos seleccionado son mayoritariamente masculino, con una distribución equitativa en las edades intermedias, altamente educado, y principalmente involucrado en roles de docencia e investigación, con una significativa experticia en la producción de café. En cuanto a los beneficios ambientales, se destaca que el 62% de los encuestados considera que estos sistemas contribuyen significativamente a la conservación del suelo y la biodiversidad. Respecto a la diversificación de estrategias, el 63% opina que las estrategias agroforestales, ya sean tradicionales, comerciales o intensivas, ofrecen flexibilidad y adaptabilidad a las condiciones de altitud. En relación con los beneficios económicos, el 76% de los participantes señala que la inclusión de especies generadoras de ingresos, como leña y frutas, mejora la sostenibilidad económica de la producción de café en la Parroquia.

Algunas de las estrategias agroforestales recomendadas para la combinación con el cultivo de café en la parroquia San Pedro de Vilcabamba, incluyen cultivos frutales, especies forestales maderables y cítricos, en donde se identifican sistemas tradicionales y comerciales siempre incluyendo en ambas diseño agronómico en finca en función de las condiciones específicas de la región, los objetivos del productor y las características del entorno.

■ DISCUSIÓN

El café desempeña un papel crucial en la economía y estabilidad de numerosos países latinoamericanos, siendo el segundo producto más negociado a nivel mundial después del petróleo (Monsalve-Vásquez, 2022). La importancia del café en estos países se debe a condiciones climáticas favorables, una rica tradición histórica y la adaptación de la planta de café a entornos específicos que contribuyen significativamente a la generación de divisas (Mazo et al., 2016). Además de su relevancia económica, el café juega un papel vital en la estabilidad social y política en la región (Osoria et al., 2021). En los últimos años, Brasil, Vietnam y Colombia han producido aproximadamente el 55% del café mundial, siendo los pequeños productores agrícolas quienes lideran esta producción y, por ende, son más susceptibles a las crisis en los mercados internacionales (Pancsira, 2022), ante este panorama, las estrategias agroforestales se han destacado como una medida prometedora para adaptarse al cambio climático y lograr la sostenibilidad en la cadena de producción del café (Harvey et al., 2021). A pesar de que el café crece naturalmente en la sombra, las prácticas agroforestales varían desde mezclas simples con una o dos especies de árboles hasta sistemas multiestratos con una amplia diversidad de especies (Smith Dumont et al., 2019), sin embargo estudios han demostrado que los cafetales con sombra albergan una mayor biodiversidad, incluyendo plantas, reptiles, aves e insectos, en comparación con los cafetales sin sombra (Machado Vargas & Ríos Osorio, 2016), su correcto manejo puede mitigar los efectos de eventos climáticos extremos y reducir los riesgos para la caficultura futura (Villarreyna et al., 2020). Sin embargo, una gestión inadecuada puede resultar en una competencia intensificada entre los árboles y los cafetos, afectando negativamente el rendimiento del cultivo principal.

La diversificación de estrategias agroforestales no solo beneficia económicamente a los agricultores, sino que también contribuye a la conservación de la biodiversidad y evita la rápida conversión de hábitats boscosos a paisajes agrícolas abiertos (Ruiz de Oña Plaza & Soto-Pinto, 2015; Rojas Pardo et al., 2022). Esta diversificación mejora la resiliencia económica y ecológica, manteniendo un clima adecuado para el cultivo a pesar del calentamiento global (Notaro et al., 2022; Beer et al., 2003), sin embargo es necesario tener en cuenta algunas consideraciones a la hora de establecer su diseño (Pinoargote, 2022) en donde se incorpore árboles y otras plantas en el dosel de sombra mixta entre 30-40%, utilizar una densidad de plantas de café alrededor de 5000 plantas/ha, alta diversidad en el dosel de sombra con plantas multipropósito incluyendo musáceas, árboles de servicio fijadores de nitrógeno (*Inga* spp.), árboles y/o palmas frutales y maderables.



La elección de las estrategias agroforestales en San Pedro de Vilcabamba depende en gran medida de los productores, quienes diseñan los cafetales según sus necesidades biológicas, económicas y culturales (Vaca et al., 2018). La producción y comercialización de cafés especiales, junto con la introducción de cultivos complementarios, han permitido a pequeños productores tener éxito frente a las fluctuaciones de los precios internacionales (Machado Vargas & Ríos Osorio, 2016).

Los expertos consultados coinciden en que los cultivos complementarios con árboles de sombra, frutales y maderables son estrategias efectivas, aunque a menudo los sistemas tradicionales no se gestionan técnicamente y requieren mejoras para aumentar su productividad (Celi-Delgado & Aguirre-Mendoza, 2022). El diseño adecuado de cafetales agroforestales debe incluir árboles con características específicas, como sombra baja, copas piramidales y capacidad para fijar nitrógeno además la gestión agronómica efectiva, que abarque la nutrición vegetal, el control de plagas y enfermedades, y la implementación de podas anuales, es esencial para establecer sistemas beneficiosos para todas las partes involucradas (Pinoargote et al., 2017). La diversificación de actividades productivas en el sector no solo aumenta los ingresos para los agricultores, sino que también contribuye al desarrollo local (García Samaniego & Quezada Pardo, 2021).

■ CONCLUSIONES

En términos generales, el análisis de la literatura revela un aumento exponencial en las publicaciones científicas sobre sistemas agroforestales (SAF) con café, especialmente en bases de datos como Scopus. Sin embargo, se destaca la escasez de investigaciones significativas en este campo, subrayando la necesidad de más estudios, siendo los países latinoamericanos los que mayor producción científica de SAF con café en volumen disponen.

La implementación de SAF con café se destaca por ofrecer una variedad de servicios ecosistémicos, desde la producción de café y otros productos agroforestales hasta funciones cruciales como la conservación del hábitat, la fijación de nitrógeno, la regulación del microclima, la polinización, el control de plagas y enfermedades, la prevención de la erosión y el almacenamiento de carbono. En la literatura, se identifican dos grandes grupos de SAF aplicados al café: tradicionales y comerciales.

En el caso específico de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, la elección de estrategias SAF debe basarse en un diseño agronómico que busque generar sinergias y proporcionar una variedad de servicios ecosistémicos. Es crucial implementar un manejo adecuado para los cafetos, manteniendo un dosel de sombra entre el 30% y el 40%, e incorporando plantas multifuncionales como musáceas, árboles de servicio, maderables y frutales. Estas estrategias no solo benefician la producción de café, sino que también contribuyen a la resiliencia del ecosistema y al desarrollo local.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES:

J.B.: realizó la fase de investigación, búsqueda y revisión de los artículos y estudios relevantes, análisis de datos y redacción del borrador original y final del artículo. V.T.: Realizó la revisión de la versión final del artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Achimugu, P., Selamat, A., Ibrahim, R., & Naz, M. (2014). A systematic literature review of software requirements prioritization research. *Information and Software Technology*, 56(6), 568–585.
- Beer, J., Ibrahim, M., Somarriba, E., Barrance, A., & Leakey, R. (2003). Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales (pp. 197-242).
- Burga, D. M. (2011). Metodología de Estudios de Línea de Base. *Pensamiento Crítico*, 15, 061-082.
- Celi-Delgado, L., & Aguirre-Mendoza, Z. (2022). Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales de la parroquia Zumba, cantón Chinchipe, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), Article 4.
- Fahmi, F. Z., & Savira, M. (2023). Digitalization and rural entrepreneurial attitude in Indonesia: A capability approach. *Journal of Enterprising Communities*, 17(2), 454-478.
- Fernández-Guarnizo, P., Sánchez-Castillo, M., & Jumbo-Benítez, N. (2023). Sustentabilidad de los sistemas agroforestales de café especial de altura en el sector sur oriental del cantón Loja. *Bosques Latitud Cero*, 13(2).
- García Samaniego, J. M., & Quezada Pardo, A. del C. (2021). La asociatividad, sustentabilidad y certificaciones en la producción cafetalera en el sur del Ecuador. *Economía Coyuntural*, 6(2), 33-59.
- Getachew, M., Verheyen, K., Tolassa, K., Tack, A. J. M., Hylander, K., Ayalew, B., Boeckx, P., Landuyt, D., & De Frenne, P. (2023). Effects of shade tree species on soil biogeochemistry and coffee bean quality in plantation coffee. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 347. Scopus.
- Harvey, C. A., Pritts, A. A., Zwetsloot, M. J., Jansen, K., Pulleman, M. M., Armbrecht, I., Avelino, J., Barrera, J. F., Bunn, C., García, J. H., Isaza, C., Munoz-Ucros, J., Pérez-Alemán, C. J., Rahn, E., Robiglio, V., Somarriba, E., & Valencia, V. (2021). Transformation of coffee-growing landscapes across Latin America. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(5), 62.
- IGM. (2010). Contextos históricos y políticos generales. Instituto Geográfico Militar. www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/03/a2010_contextos.pdf
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering Version 2.3. *Engineering*, 45(4ve), 1051.
- Machado Vargas, M. M., & Ríos Osorio, L. A. (2016). Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: Revisión sistemática. *Idesia (Arica)*, 34(2), 15-23.
- Mazo, N. D. L. Á., Rubiano, J. E., & Castro, A. (2016). Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas de Bosque seco Tropical en el suroccidente colombiano utilizando los SIG. Cuadernos de Geografía: *Revista Colombiana de Geografía*, 25(1), 65-77.
- MAGAP (2023). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/en-loja-mag-rinde-cuentas-de-la-gestion-realizada-en-el-2023/>
- Monsalve-Vásquez, M. (2022). Eficacia de sistemas expertos en la selección de granos de café (*Coffea arabica*): Una revisión sistemática. *Revista Amazonía Digital*, 1(1), Article 1.
- Niguse, G., Iticha, B., Kebede, G., & Chimdi, A. (2022). Contribution of coffee plants to carbon sequestration in agroforestry systems of Southwestern Ethiopia. *The Journal of Agricultural Science*, 160(6), 440-447.



- Notaro, M., Gary, C., Le Coq, J.-F., Metay, A., & Rapidel, B. (2022). How to increase the joint provision of ecosystem services by agricultural systems. Evidence from coffee-based agroforestry systems. *Agricultural Systems*, 196, 103332.
- Orellana, E. (2022). Efectos de la cadena de valor del café en el desarrollo socioeconómico de los pequeños cafetaleros de Corquín, departamento de Copán-Honduras. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6, 621-642.
- Osoria, O. R., Miranda, O. F., & Batis, B. V. (2021). Factores sociales, económicos y ambientales asociados a los ecosistemas cafetaleros: Una revisión bibliográfica. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), Article 2.
- Pancsira, J. (2022). International Coffee Trade: A literature review. *Journal of Agricultural Informatics*, 13(1), Article 1.
- Pinoargote, M. (2022). Sistemas agroforestales con café: El rol de los árboles en la provisión de servicios ecosistémicos. (pp. 10-29).
- Pinoargote, M., Cerda, R., Mercado, L., Aguilar, A., Aguirrez, M., & Somarriba, E. (2017). Carbon stocks, net cash flow and family benefits from four small coffee plantation types in Nicaragua. *Forests, Trees and Livelihoods*, 26, 183-198.
- Rojas Pardo, M., Beltrán Vargas, J., Zafra Mejía, C. A., Rojas Pardo, M., Beltrán Vargas, J., & Zafra Mejía, C. A. (2022). Tendencias metodológicas para la implementación de sistemas agroforestales en el marco del desarrollo sustentable: Una revisión. *Madera y bosques*, 28(1).
- Ruiz de Oña Plaza, C., & Soto-Pinto, L. (2015). Agroforestería social para la captural de carbono.
- Ruiz García, P., Gómez Díaz, J., Velarde, E., & Monterroso Rivas, A. I. (2020). Sistemas agroforestales de café como alternativa de producción sustentable para pequeños productores de México. *Ra Ximhai*, 137-158.
- Scamilla-Prado, E. (2018). Calidad del café (*Coffea arabica* L.) en dos sistemas agroforestales en el centro de Veracruz, Mexico. *Agro Productividad*, 11(4).
- Smith Dumont, E., Gassner, A., Agaba, G., Nansamba, R., & Sinclair, F. (2019). The utility of farmer ranking of tree attributes for selecting companion trees in coffee production systems. *Agroforestry Systems*, 93(4), 1469-1483.
- Vaca, L. A. P., Velázquez, I. R. A., & Ponce, W. P. P. (2018). El sistema agroforestal cafetalero. Su importancia para la seguridad agroalimentaria y nutricional en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(1), Article 1.
- Vásquez, J. (2022). La ciencia del café. 67, 11.
- Venegas Sánchez, S., Orellana Bueno, D., & Pérez Jara, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *RECIMUNDO*, 72-91.
- Villanueva González, C., Lojka, B., & Cardona, C. (2023). Agroforestería para la conservación de la biodiversidad en América Latina: Una revisión sistemática. 1, 1-25.
- Villarreyna, R. A., Avelino, J., & Cerda, R. (2020). Adaptación basada en ecosistemas: Efecto de los árboles de sombra sobre servicios ecosistémicos en cafetales. *Agronomía Mesoamericana*, 499-516.

Tabla 3. Estrategias agroforestales aplicadas a la producción de café encontradas en base de datos scopus y readalyc

		Redalyc
Componente	Especies	
Árboles de sombra y café en laderas (entre 15 y 60 % de pendiente)	<i>Coffea arabica</i> L., + <i>Inga vera</i> , <i>Inga spuria</i> H & B. Ex Willd, <i>Lippia myriocephala</i> Schtdl. & Cham	
Árboles de sombra, café y plátano en laderas (entre 15 y 60 % de pendiente)	<i>Coffea arabica</i> L. + <i>Lippia myriocephala</i> <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume y <i>A. fraxinifolius</i>	
Árboles de sombra, café y plátano en el valle 0 a 5 % de pendiente	<i>Coffea arabica</i> L. + <i>Inga vera</i> y <i>A. fraxinifolius</i>	
Café con sombrero de limón	<i>Coffea arabica</i> L. + (<i>Citrus limon</i> (L.) Burn)	
Café con sombrero de guamo	<i>Coffea arabica</i> L. + (<i>Inga sp.</i>)	
Café con sombrero de carbonero	<i>Coffea arabica</i> L. + <i>Albizia carbonaria</i> Britton	
Sistema agroforestal tradicional y diverso: Café + frutales	Aguacate (<i>Persea americana</i>), cítricos (<i>Citrus spp.</i>), coco (<i>Cocos nucifera</i>), chontaduro (<i>Bactris gasipaes</i>), guaba (<i>Inga edulis</i>), papaya (<i>Carica papaya</i>) y piña (<i>Ananas comosus</i>).	
Prácticas AbE	Árboles de sombra: <i>Erythrina poeppigiana</i> , <i>E. fusca</i> , <i>Inga</i> , <i>Grevillea robusta</i> , <i>Persea americana</i> , e <i>E. poeppigiana</i> , <i>Cordia alliodora</i>	
Huertos caseros y las cercas vivas	Cercas vivas: árboles de <i>E. costaricensis</i> y <i>E. beteroana</i> , <i>Gliricidia sepium</i> (madero negro), <i>Conostegia xalapensis</i> (purra) y <i>Miconia sp.</i> (lengua de vaca)	
SAF con modelos alelométricos	<i>Coffea arabica</i> L. –cedro rosado (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>), café –macadamia, <i>Coffea arabica</i> L. –chalahuite, e <i>Coffea arabica</i> L. –plátano velillo	
Sistemas agroforestales de café (SAF-Café): rusticano (RU), policultivo complejo (PC) y policultivo simple (PS)	RU: <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham, <i>Cupania dentata</i> DC, <i>Cedrela odorata</i> L, <i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill, <i>Sideroxylon persimile</i> (Hemsl.) TD Penn. PC: <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham., <i>Cupania dentata</i> DC., <i>Myriocarpa longipes</i> Liebm, <i>Spondias radlkoferi</i> , <i>J. D. Smith</i> , <i>Sideroxylon capiri</i> (DC.) Cronq PS: <i>Persea schiedeana</i> Nees., <i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees, <i>Cupania dentata</i> DC., <i>Inga vera</i> Willd.	
Gradiente de manejo de sistemas agroforestales	T: Nativo (<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume, <i>Alchornea latifolia</i> Swartz, <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb., <i>Inga jinicuil</i> Schtdl. & Cham. ex G. Don, <i>Inga vera</i> Willd, <i>inga jinicuil</i> Schtdl. & Cham. ex G. Don, <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit, <i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth, <i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	
Tradicional (café + árbol nativo y/o no nativo), comercial (café + árbol nativo y/o no nativo), intensivo (café + árbol nativo y/o no nativo)	No nativo: <i>Grevillea robusta</i> A. Cum. ex R. Br., <i>Citrus reticulata</i> Blanco, <i>Citrus x sinensis</i> (L.) Osbeck Nativo (<i>Spondias mombin</i> L., <i>Tapirira mexicana</i> Marchand, <i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda, <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken, <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg., <i>Cupressus lusitanica</i> Mill, <i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth., <i>Cedrela odorata</i> L., <i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl.)	
	No nativo (<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Arn., <i>Inga vera</i> Willd, <i>Ficus aurea</i> Nutt., <i>Ficus cotinifolia</i> Kunth, <i>Ficus crocata</i> (Miq.) Miq., <i>Ficus pertusa</i> L., <i>Pinus strobus</i> var. <i>chiapensis</i> Martínez)	

Intensivo (café + árbol nativo y/o no nativo)	I: Nativa (<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Planch & Decne, <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg., <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume, <i>Inga paterno</i> Harms, <i>Inga</i> sp. 1, <i>Inga</i> sp. 2, <i>Inga</i> vera Willd, <i>Heltiocarpus appendiculatus</i> Turcz., <i>Trichilia havanensis</i> Jacq.) No nativa (<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook)
Café + especies de ciclo corto	Manzana (<i>Malus</i> sp.) y durazno (<i>Prunus persica</i>) con especies de ciclo corto o pastos como alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)
Café asociado con Nogal Cafetero	<i>Cordia alliodora</i>
Asociación café con Inga	<i>Inga densiflora</i>
Scopus	
Producción de café a la sombra	<i>Albizia</i> spp., <i>Acacia abyssinica</i> y <i>Millettia ferruginea</i>
Producción de café con árboles de producción de frutos, fijación de N, producción de madera y producción de leña	Frutales: <i>Musa</i> spp., <i>Mangifera indica</i> L., <i>teobroma cacao</i> , <i>persea americana</i> , <i>citricos sinensis</i> , <i>psidium guajava</i> Fijación N: <i>Inga oerstediana</i> , <i>Inga punctata</i> , <i>Erythrina poeppigiana</i> , <i>Erythrina fusca</i> Producción de madera: <i>Cordia alliodora</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Terminalia amazonia</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Juglans olanchana</i> , <i>Cordia collococa</i> ,
Sistema de producción de café y un área de vegetación natural	Producción de leña: <i>Lonchocarpus macrophyllus</i> , <i>Trichilia</i> sp., <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Nectandra reticulata</i> , <i>Coffea arabica</i> L. con <i>Grevillea robusta</i>
Café y árboles de caucho	<i>Coffea arabica</i> L. con <i>Musa</i> spp.
Árboles de sombra en los sistemas agroforestales de café	<i>Coffea arabica</i> L. con <i>Hevea brasiliensis</i> Müell. Arg.) <i>Coffea arabica</i> L. con plátano (<i>Musa</i> sp.), maíz (<i>zea mays</i> L.) hortalizas (frijol y soja). Árboles de sombra: <i>Albizia coriaria</i> Welw. ex Oliv., <i>r Maesopsis eminii</i> Engl., <i>Grevillea robusta</i> y <i>Cordia africana</i> , <i>Ficus</i> spp, <i>Eucalyptus</i> spp, <i>Antiaris</i> ; <i>toxicaria</i> y <i>Milicia excelsa</i> (Welc.) C. Berg; <i>Eucalyptus</i> spp, <i>Antiaris</i> ; <i>toxicaria</i> y <i>Milicia excelsa</i> (Welc.) C. Berg
Café con árboles Inga	<i>Coffea arabica</i> L. con <i>Inga edulis</i>
Café con árboles de sombra	<i>Musa</i> spp., <i>Grevillea robusta</i> A. Cum. ex R Br., <i>Albizia schimperiana</i> Oliv., <i>Persea americana</i>
SAF con plátano y monocultivos	<i>Musa</i> AAB
SAF asociado con nogal cafetero	<i>Cordia alliodora</i>
SAF con especie nativa	<i>Acrocomia aculeata</i>

Correspondencia entre el análisis químico y la evaluación biológica de la fertilidad del suelo

Correspondence between chemical analysis and biological evaluation of soil fertility

Vásquez Edison Ramiro*¹ 
Vera-Sánchez Iliana²
Vásquez-Rodríguez Génesis³ 

1. Docente-Investigador de la Carrera de Ingeniería Agrícola, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

2. Ingeniera Agrícola, Loja-Ecuador

3. Docente-Investigador de la Carrera de Automotriz, Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

Autor para correspondencia: edison.vasquez@unl.edu.ec

<https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2154>

RECIBIDO: 08/02/2024

APROBADO: 15/04/2024

RESUMEN

En la Universidad Nacional de Loja se han realizado varias investigaciones sobre evaluación biológica con la técnica del elemento faltante, adaptada y validada por Valarezo y Guayllas que utiliza el tomate (*Solanum lycopersicum L.*) como planta indicadora, procedimiento relativamente rápido, eficiente y efectivo para detectar las carencias de nutrientes en el suelo, al eliminar sistemáticamente, de una fórmula nutritiva completa uno de los elementos. En Ecuador, la Red de Laboratorios de Suelos (RELASE) utiliza la solución extractora de Olsen Modificada para determinar los elementos presentes en el suelo; sin embargo, dicha solución es empleada de forma general para todos los suelos. Los resultados de los análisis químicos se deberían correlacionar con valores del peso de la biomasa seca; no obstante, en general, presentan ausencia de correspondencia. En estas consideraciones, se propuso explorar posibles relaciones mediante técnicas de análisis estadístico entre los resultados del laboratorio y el método del elemento faltante. Se recolectó datos de 12 investigaciones realizadas en las provincias ecuatorianas: Esmeraldas, Los Ríos, Zamora Chinchipe y Loja; se realizó cálculos de correlación entre altura y peso de la biomasa seca de la planta indicadora. Se evidenció falta de correlación entre los resultados del análisis químico del laboratorio con los resultados de la evaluación biológica; en el sector Pueblo Nuevo (Malacatos, Loja), se evidenció falta de correspondencia entre los resultados del análisis químico y la técnica del elemento faltante. En comparación con la solución extractora, la evaluación biológica, expresa de manera más confiable el contenido de nutrientes del suelo.

Palabras clave: análisis químico, fertilidad del suelo, análisis biológico, tomate



ABSTRACT

At the National University of Loja, several investigations have been carried out on biological evaluation with the missing element technique, adapted and validated by Valarezo and Guayllas which uses tomato (*Solanum lycopersicum* L.) as an indicator plant, a relatively fast, efficient and effective in detecting nutrient deficiencies in the soil, by systematically eliminating one of the elements from a complete nutritional formula. In Ecuador, the Soil Laboratory Network (RELASE) uses the Modified Olsen extractant solution to determine the elements present in the soil; however, this solution is generally used for all soils. The results of chemical analyze should be correlated with dry biomass weight values; however, in general, they present a lack of correspondence. In these considerations, it was proposed to explore possible relationships through statistical analysis techniques between the laboratory results and the missing element method. Data was collected from 12 investigations carried out in the Ecuadorian provinces: Esmeraldas, Los Ríos, Zamora Chinchipe and Loja; correlation calculations were carried out between height and weight of the dry biomass of the indicator plant. A lack of correlation was evident between the results of the laboratory chemical analysis with the results of the biological evaluation; In the Pueblo Nuevo sector (Malacatos, Loja), a lack of correspondence was evident between the results of the chemical analysis and the technique of the missing element. Compared to the extractant solution, biological evaluation more reliably expresses the nutrient content of the soil.

Keywords: chemical analysis, soil fertility, biological analysis, tomato

INTRODUCCION

La fertilidad según Cerisola (2015), Martínez-Lagos y Gallardo (2017), es la capacidad del suelo para suministrar nutrientes esenciales y condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

El análisis de suelo es una técnica compleja que agrupa métodos analíticos con sus respectivas extracciones; básicamente remueve los nutrientes más importantes del suelo y mide su disponibilidad para la planta (Tamargo, 2017); permite orientar sobre el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes (Chan, 2023).

Sobre la correlación entre los métodos de soluciones extractantes Cabalceta y Molina (1990) citado por Salazar (2015) encontraron que Mehlich III (Mehlich, 1984) presenta una tendencia a extraer más P y Cu; y menos K que Olsen Modificada (Olsen et al., 1954). Bertsch et al. (2005) determinaron que existe una asociación entre Mehlich III y Olsen Modificada, extraen lo mismo de Ca y Mg, Mehlich III extrae 1,5 veces más K que Olsen Modificada.

En la evaluación biológica, se reporta el método de Cate y Nelson (Ramos, 2003; Cabalceta y Molina, 2006); método de la planta indicadora, Díaz y Hunter (1978) recomiendan el sorgo (*Sorghum bicolor* L.); técnica del elemento faltante, propuesta en 1970 por J.A. Martini (Sánchez, 1981 citado por Curiñaupa, 2017); se fundamenta en eliminar de la fórmula nutritiva completa un elemento para evaluar la ausencia en la planta indicadora (Gutiérrez, 2016).

En los años 1973 y 1974 se ejecutó el proyecto “*International soil fertility evolution and enviroment*” sobre evaluación de la fertilidad del suelo; a Ecuador llegó el profesor Olsen de la Universidad de Carolina del Norte y propuso una solución extractora para todos los suelos del país y con eso tratar de simular lo que la planta hace para extraer los nutrientes disponibles; lamentablemente, no se probó en los diferentes suelos del país, entre ellos, los suelos de Loja que son de origen volcánico (C. Valarezo, comunicación personal, 9 de julio de 2022).

En la Universidad Nacional de Loja, a partir de la metodología del elemento faltante de Van Diest (1938), inicialmente propuesto por Bouma (1965), ampliado por Janssen (1970) y las adaptaciones de Valarezo (1985) y Guayllas (1988) para evaluar biológicamente en invernadero la fertilidad actual en suelos, se ha realizado investigaciones en los diferentes suelos de la región sur del Ecuador (RSE), particularmente en aquellos dedicados al cultivo de café (*Coffea arabica*) en la provincia de Loja, con la finalidad de obtener información confiable sobre la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, partiendo de dos

aproximaciones: el análisis de los contenidos de los nutrientes en el laboratorio extraídos con las diferentes soluciones que se han probado a nivel universal, en particular la de Olsen Modificada; y la evaluación biológica en invernadero en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) como planta indicadora; resultados que, por lo general, evidencian ausencia de correspondencia entre la altura y/o peso de la biomasa seca de la planta indicadora con el contenido de nutrientes disponibles del análisis químico.

Por lo expuesto, en esta investigación se discute la correspondencia de los resultados obtenidos del análisis químico del laboratorio y la evaluación biológica de la fertilidad en suelos de las provincias ecuatorianas: Esmeraldas, Los Ríos, Zamora Chinchipe y Loja.

Las investigaciones sobre evaluación biológica se desarrollaron en el invernadero del herbario de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, en la parroquia Punzara del cantón y provincia de Loja. Los datos se obtuvieron durante el periodo de 1988 a 2021, de 14 sectores correspondientes a cuatro provincias del Ecuador: Esmeraldas, Los Ríos, Zamora Chinchipe y Loja.

MATERIALES Y METODOS

Para establecer las posibles relaciones, se procedió a calcular el coeficiente de correlación de Pearson entre altura y biomasa de la planta indicadora *Solanum lycopersicum* L. y entre el análisis químico y la evaluación biológica.

Para el cálculo de cada nutriente en la solución nutritiva, se consideró los meq/L (para macronutrientes) y los mg/L (para micronutrientes) de las sales para preparar las soluciones nutritivas (Tabla 1), el equivalente químico y concentración de cada sal.

Tabla 1. Concentración de sales, me/L, en las distintas soluciones nutritivas (van Diest, 1983)

Sales	SC	-N	-P	-K	-Mg	-S	-Zn	-Cu	-Mn	-B	-Fe
	meq/L						mg/L				
Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	6	--	6	6	6	6	6	6	6	6	6
KNO ₃	2	--	2	--	2	2	2	2	2	2	2
KH ₂ PO ₄	2	2	--	--	2	2	2	2	2	2	2
NaH ₂ PO ₄	--	--	--	2	--	--	--	--	--	--	--
K ₂ SO ₄	--	2	2	--	1	--	--	--	--	--	--
MgSO ₄ .7H ₂ O	1,5	1,5	1,5	1,5	--	--	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
MgCl ₂ .6H ₂ O	--	--	--	--	--	1,5	--	--	--	--	--
CaCl ₂ .6H ₂ O	--	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--
NaCl	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NaFe-EDTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	--
MnCl ₂ .4H ₂ O	1	1	1	1	1	1	1	1	--	1	1
H ₃ BO ₃	1	1	1	1	1	1	1	1	1	--	1
ZnSO ₄ .7H ₂ O	1	1	1	1	1	1	--	1	1	1	1
CuSO ₄ .5H ₂ O	1	1	1	1	1	1	1	--	1	1	1
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



Para establecer la correspondencia entre la disponibilidad de nutrientes expresado por la altura y biomasa seca de la planta indicadora; y los resultados del análisis químico, se consideraron los datos del experimento realizado en la Zona 1 del sector Pueblo Nuevo de la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja (Aguirre-Caraguay, 2024). Los análisis químicos del suelo se realizaron en el Laboratorio de suelos, foliares y aguas de la Agencia ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del agro, Tumbaco-Quito (AGROCALIDAD); Laboratorio de análisis de suelos, plantas y aguas de la Estación experimental Santa Catalina del INIAP, Quito; y Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja (LASAB).

RESULTADOS

Correlación entre altura y biomasa seca de la planta indicadora

De las investigaciones realizadas, a excepción de la solución completa (SC), solución con ausencia de nitrógeno (-N) y para el Testigo, para las otras soluciones existe correlación significativa (Tabla 2), con valores que oscilan de 0,68 a 0,79; es necesario destacar, para la solución sin magnesio (-Mg) se obtiene una correlación baja (0,46).

Tabla 2. Correlación entre altura (cm) y biomasa seca (g) de la planta indicadora.

	SC	-N	-P	-K	-Mg	-S	-Zn	-Cu	-Mn	-B	-Fe	Testigo
r=	0,41	0,19	0,74	0,68	0,46	0,68	0,72	0,74	0,76	0,60	0,71	-0,05
p=	0,07	0,42	<0,001	<0,001	0,04	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	0,83
	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns

Elementos disponibles del suelo expresados por la altura, biomasa de la planta indicadora y resultado del análisis químico

En la Tabla 3 se presenta el aporte de elementos químicos de las sales utilizadas en la solución nutritiva completa (SC) con el requerimiento de minerales para el cultivo de *Solanum lycopersicum L.*; para las restantes 10 soluciones, se eliminó el aporte del respectivo elemento químico (-N, -P, -K, -Mg, -S, -Zn, -Cu, -Mn, -B y -Fe).

Tabla 3. Aporte de elementos químicos de las sales utilizadas en la solución nutritiva completa (SC) o requerimiento para el cultivo de *Solanum lycopersicum L.* (Vera-Sánchez, 2023).

Sales	mg/L										
	N	P	K	Mg	S	Zn	Cu	Mn	B	Fe	
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	109,81										
KNO ₃	27,30		77,21								
KH ₂ PO ₄		60,86	76,81								
MgSO ₄ .7H ₂ O				17,75	24,03						
NaFe-EDTA										30,10	
MnCl ₂ .4H ₂ O								0,50			
H ₃ BO ₃									0,50		
ZnSO ₄ .7H ₂ O					18,66	0,05					
CuSO ₄ .5H ₂ O					15,00		0,04				
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,12										
Solución completa	137,23	60,86	154,02	17,75	57,69	0,05	0,04	0,50	0,50	30,10	

Para el cálculo del contenido de macro y micronutrientes disponibles en el suelo expresados por la altura de la planta indicadora, para el caso del nitrógeno disponible (N_{disp}) se procedió con la información de la Figura 1; con procedimiento similar, se calculó la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo para los nueve elementos restantes (P, K, Mg, S, Zn, Cu, Mn, B y Fe) expresados por la altura y biomasa seca de la planta indicadora (Tabla 5).

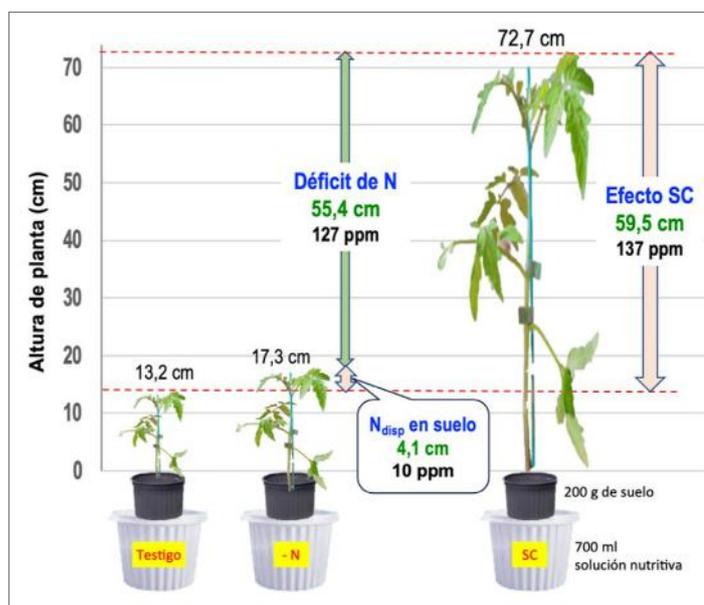


Figura 1. Contenido de nitrógeno disponible en el suelo en función de la altura de la planta indicadora *Solanum lycopersicum* L. en la solución completa (SC) y con ausencia de N (-N).

$$N_{disp} = \left\{ R_N - \frac{R_N [SC - (-N)]}{(SC - Testigo)} \right\} V$$

- N_{disp} Nitrógeno disponible en el suelo (ppm)
- SC Altura de la planta con la solución completa (cm)
- N Altura de la planta con la solución completa menos nitrógeno (cm)
- Testigo Altura de la planta con agua destilada (cm)
- V Volumen de la solución nutritiva consumida en el ciclo del ensayo (L)



$$N_{disp} = \left[137,23 \text{ ppm} - \frac{137,23 \text{ ppm}(72,7 \text{ cm} - 17,3 \text{ cm})}{(72,7 \text{ cm} - 13,2 \text{ cm})} \right] 6 \text{ L}$$

$$= 9,61 * 6 = 57,66 \text{ ppm}$$

Correlación entre los resultados del análisis químico y la evaluación biológica

En la Tabla 4, se observa correlación significativa únicamente para el K, entre el análisis químico y la evaluación biológica expresado por la altura; y, a excepción del N, Cu y Mn, existe correlación significativa entre los resultados de nutrientes expresados por la altura y biomasa de la planta indicadora.

Tabla 4. Correlación entre los resultados del análisis químico y la evaluación biológica expresado por la altura y biomasa seca de la planta indicadora *Solanum lycopersicum* L.

Elemento	Químico vs Altura			Químico vs Biomasa			Altura vs Biomasa		
	r	p		r	p		r	p	
N	-0,21	0,36	Ns	0,35	0,13	ns	0,06	0,80	ns
P	0,19	0,41	Ns	-0,11	0,64	ns	0,69	0,01	*
K	0,46	0,04	*	-0,02	0,93	ns	0,55	0,01	*
Mg	0,38	4	Ns	0,16	0,50	ns	0,56	0,01	*
S	-0,37	0,11	Ns	0,11	0,64	ns	0,54	0,01	*
Zn	-0,21	0,38	Ns	-0,24	0,30	ns	0,58	0,01	*
Cu	0,33	0,16	Ns	-0,09	0,69	ns	0,19	0,43	ns
Mn	0,02	0,94	Ns	0,19	0,43	ns	0,41	0,07	ns
B	-0,14	0,57	Ns	-0,46	0,04	*	0,56	0,01	*
Fe	0,04	0,86	Ns	0,43	0,06	ns	0,45	0,05	*

ns No significativo para un nivel de significación ($\alpha = 0,05$)

* Significativo para un nivel de significación ($\alpha = 0,05$)

Disponibilidad de nutrientes expresado por la altura y biomasa seca de la planta indicadora; y los resultados del análisis químico del suelo.

Se consideró los resultados del ensayo realizado por Aguirre-Caraguay (2024) en el sector Pueblo Nuevo de la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.

El consumo de la solución nutritiva durante los 60 días del ensayo con el suelo del sector Pueblo Nuevo, fluctuó de 5,7 a 11,4 L (Tabla 5).

Tabla 5. Disponibilidad de nutrientes del suelo del sector Pueblo Nuevo (Aguirre-Caraguay, 2024).

Nutri- ente	Análisis químico ¹ ppm	Disponibilidad de nutrientes del suelo (ppm) expresado por altura y biomasa seca de planta indicadora						Interpretación ² respecto a la solución completa				Análisis químico ¹ Interpreta- ción
		Consumo de solución nutritiva en el ensayo						Altura %	Biomasa %	Altura	Biomasa	
		Sin			Con							
		Altura	Biomasa	L	Altura	Biomasa	L					
N	70	10	6	6,0	58	35	24	33	Muy bajo	Bajo	Alto	
P	33	1	1	5,7	7	6	20	32	Muy bajo	Bajo	Alto	
K	109	76	36	8,7	664	311	59	47	Medio	Bajo	Me- dio	
Mg	60	1	1	8,9	10	12	23	36	Muy bajo	Bajo	Me- dio	
S	9	13	3	9,2	117	27	36	34	Bajo	Bajo	Bajo	
Zn	3	0,03	0,02	9,5	0,29	0,14	69	51	Medio	Medio	Bajo	
Mn	12	0,33	0,21	10,2	3,39	2,13	72	60	Medio	Medio	Me- dio	
Cu	7	0,03	0,02	11,4	0,32	0,23	76	65	Alto	Medio	Alto	
Fe	966	19	8	10	194	81	69	48	Medio	Bajo	Alto	
B	0,09	0,11	0,09	11,2	1,21	0,96	36	42	Bajo	Bajo	Bajo	

¹ Método de extracción de Olsen Modificada, Laboratorio de análisis de suelos, plantas y aguas de la Estación experimental Santa Catalina del INIAP, 19 de julio de 2021 (Anexo 1).

² Interpretación de valores de biomasa (%) de la planta indicadora (Valarezo, 1985)

La disponibilidad de nutrientes en la muestra de suelo, es diferente en función de la técnica utilizada, sea evaluación biológica a partir de la altura o biomasa de la planta indicadora o con los resultados del análisis químico (Tabla 5). El método de extracción de Olsen Modificada con respecto al método de la evaluación biológica reporta valores mayores para N, P, K, Mg, Mn y Cu; y, valores menores para S, Zn y B (Tabla 5). Al comparar la evaluación biológica, por lo general, con altura de planta se extrae más nutrientes que con lo calculado con la biomasa seca.

En investigaciones realizadas por Miguel Ángel Villamagua (2013 a 2024) se hace referencia a la interpretación de valores de biomasa (%) con respecto a los valores obtenidos con la solución completa de la planta indicadora propuesta por Valarezo (1985); es notorio, a excepción de S, Mn y B, no existe correspondencia entre el análisis químico y lo expresado por la biomasa seca; no obstante, con lo expresado por la altura de planta, existe correspondencia, para el K, S, Mn, Cu y B.

■ DISCUSIÓN

Correlación entre altura y biomasa seca de la planta indicadora.

En general, de forma natural debería existir correlación directa entre la altura y la biomasa seca de la planta y en particular de la planta indicadora *Solanum lycopersicum*, L. utilizada en la evaluación biológica; no obstante, a excepción de la solución completa, solución con ausencia de N y para el testigo (Tabla 2), para las otras soluciones existe correlación significativa.



El suelo está sometido a la influencia de factores genéticos y ambientales como el material parental, clima, macro y microorganismos y topografía (Jaramillo, 2002). En este sentido, la falta de correlación se ve afectada, entre otros aspectos, por el pH; al respecto FAO (2019) indica, en suelos ácidos la actividad de los organismos del suelo se inhibe, el pH ideal para los cultivos es de 6,5. La acidificación del suelo inhibe el crecimiento de las plantas, debido a una disminución en la disponibilidad de algunos nutrientes como Ca, Mg, K y P, que contribuye a la disolución de los elementos tóxicos en el suelo, perjudicando las plantas, estos elementos pueden ser Al y Mn (Rivera et al., 2018).

Pese a que la función más importante del nitrógeno, es la acción directa sobre el incremento de la masa seca, porque favorece el desarrollo del tallo, follaje y contribuye en la formación de frutos y granos (Rodríguez y Flórez, 2004), no se evidenció correlación entre la altura de planta y la biomasa seca. Al respecto, Durán (2016) señala, el exceso de N es perjudicial, supone un crecimiento exagerado, con tejidos débiles que atraen las plagas y facilita la entrada de hongos, adicionalmente induce a una menor floración.

Correlación entre los resultados del análisis químico y la evaluación biológica

La ausencia de correlación entre los resultados del análisis químico y la evaluación biológica, se debe a que la fertilidad química (Tabla 4), como refiere Ibáñez (2008), es la capacidad del suelo para proveer nutrientes esenciales a los cultivos; para López (2013) las actividades humanas provocan un desequilibrio en la ecología, y cada vez se hace más difícil que los cultivos se desarrollen y se obtengan buenas cosechas. Es por ello que, para un manejo adecuado del suelo es necesario conocer las cantidades de los diferentes minerales (nutrientes inorgánicos, el propósito del análisis de suelos es determinar el estado de fertilidad e identificar los nutrimentos que podrían limitar el rendimiento de las plantas, ya sea por encontrarse en exceso o en deficiencia.

Molina (2007), expresa que los procedimientos analíticos para determinar la fertilidad varían según las características del suelo; por esta razón, se debe establecer en cada región estudios de calibración y correlación con el fin de escoger el método apropiado. Además refiere, la solución Olsen Modificada (Olsen et al., 1954), tiende a sobrestimar la disponibilidad de los micronutrientes, debido a que el extractante ataca la materia orgánica liberando parte del Fe y Mn. Sela (2021) agrega, los laboratorios pueden proporcionar resultados diferentes para la misma muestra de suelo; este método es apropiado para extracción de macro nutrimentos y micro nutrimentos de suelos de origen volcánico (Ramos, 2003); al respecto Bertsch et al. (2005) y Alvarado et al. (2008) señalan, las soluciones extractoras, para poder ser adoptadas como metodologías útiles, deben presentar una correlación satisfactoria con el rendimiento de las plantas. La correspondencia entre los valores de extracción de un elemento con los valores de absorción del mismo elemento determina el nivel de eficiencia de la solución extractora (Ramos, 2003). Valarezo (2012), detalla las formas iónicas asimilables de los macroelementos (NO_3^- , NH_4^+ , H_2PO_4^- , HPO_4^- , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^-) y microelementos (Mn^{++} , Fe^{++} , Zn^{++} , Cu^{++} , H_2BO_3^- , MoO_4^- , Cl^-) esenciales que toman las raíces desde el suelo.

Alfaro et al. (2019), en suelos de los departamentos de Zacapa y Chiquimula (Guatemala) comprobaron que no existe correlación entre el fósforo extraído con las soluciones Mehlich I (Mehlich 1978), Mehlich III, Bray y Kurtz I y Olsen Modificada y el rendimiento de planta. Ramos (2003), reporta un coeficiente de correlación de 0,93 entre el fósforo extraído y el rendimiento con la solución Mehlich I y con Mehlich III de 0,96; por tanto, las dos soluciones de extracción de fósforo son confiables para los suelos del altiplano Occidental de Guatemala. Vargas *et al.* (1992) mencionan, conocer las cantidades de nutrientes extraídas por metodologías diferentes permite determinar el comportamiento de cada solución y conocer las semejanzas entre ellas, así mismo, proporciona un mayor criterio para evaluar el estado nutricional de los suelos.

Disponibilidad de nutrientes del suelo expresado por biomasa seca en función de altura de la planta indicadora

En la metodología del elemento faltante adaptada y validada por Valarezo (1985) y Guayllas (1988), se utiliza como planta indicadora el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), por tener una semilla pequeña, con pocas reservas nutritivas, lo que permite que en poco tiempo la planta dependa de los nutrientes disponibles en el suelo. Las raíces de la planta indicadora se desarrollan parte en el suelo y parte en la solución nutritiva. Utilizando diferentes sales se prepara la solución nutritiva completa (SC), con una concentración de alrededor de 12,5 meq/L, la cual contiene todos los elementos nutritivos (Tabla 1); así como, las soluciones en las que se ha eliminado uno de los nutrientes: -N, -P, -K, -Mg, -S, -Zn y -B. También, se incluye un testigo absoluto sin ningún nutriente, únicamente con agua destilada.

La discrepancia entre los resultados del contenido de nutrientes entre los métodos de la evaluación biológica y el método de extracción de Olsen Modificada (Tabla 5), se puede explicar en razón que los extractantes con ácidos diluidos se utilizan en suelos ácidos (Carrero et al, 2015), mientras que las bases diluidas, como carbonatos y bicarbonatos, se utilizan principalmente en suelos alcalinos (Cabalceta y Molina, 2006). En Costa Rica se utiliza la solución Olsen Modificada para análisis de P, K, Fe, Cu, Zn, y Mn disponibles; y, el KCl para acidez intercambiable, Ca y Mg (Díaz-Romeu y Hunter 1978). También se ha propuesto la solución Mehlich III para el análisis simultáneo de todos los nutrientes (Cabalceta y Molina 2006), aunque todavía no hay convencimiento que pueda sustituir a Olsen. Los niveles críticos con estos procedimientos han sido establecidos en condiciones de invernadero (Bertsch et al., 2005).

Olsen Modificada es más adecuado para suelos calcáreos, particularmente aquellos con mayor a 2 % de carbonato de calcio; pero se ha demostrado, que es razonablemente efectivo para suelos alcalinos con pH de 8,5; el método se basa en el uso del HCO_3 (Kovar, 2009).

Según Quisuruco-Gutiérrez (2014) la evaluación biológica o técnica del elemento faltante, es una metodología para desarrollar recomendaciones de fertilización que permite ajustar la aplicación de nutrientes que se acomoden a las necesidades específicas de cada región agroclimática y que hagan uso eficiente de los nutrientes aplicados.

En la Universidad Nacional de Loja, se han realizado una serie de investigaciones en distintos suelos del país, con la finalidad de encontrar la correlación entre la concentración extraída por la solución extractora de Olsen Modificada y la evaluación biológica o método del elemento faltante en cultivo de *Solanum lycopersicum* L., como planta indicadora; resultados que, por lo general, evidencian ausencia de correspondencia entre la altura y/o peso de la biomasa seca de la planta indicadora con el contenido de nutrientes disponibles del análisis químico.

El sector el Pueblo Nuevo, según la descripción del perfil del uso del suelo realizada por Valarezo y Villamagua en el 2017, se encuentra a una altitud de 2 071 m s.n.m., pendiente de 40 %, paisaje ladera de colina, relieve tipo loma, terreno ladera muy escarpada, uso actual o cobertura vegetal sistema agroforestal de aliso (*Alnus glutinosa*) y café (*Coffea arabica*), sobre material parental rocas metamórficas (filitas), clasificación taxonómica preliminar USDA (2006): kandiudults, 1,20 g/cm³ de densidad aparente, 8 % de materia orgánica y pH de 5,0.

Molina (2007) expresa, la solución Olsen Modificada, tiende a sobrestimar la disponibilidad de los micronutrientes, en este caso para el Zn, Mn y Cu, y particularmente para el Fe, debido a que el extractante libera de la materia orgánica parte del Fe y Mn. En general, para el suelo del sector Pueblo Nuevo, sobres estima la disponibilidad de macro y microelementos (Tabla 5), entre otros factores, como lo refiere Kovar (2009), Pérez et al. (2018) por el alto contenido de materia orgánica (8 %), carbonato de calcio (35,3 %) superior al 2 % y con pH por encima de la neutralidad; a pesar que el suelo es ácido con pH de 5,0 y de origen volcánico, que a decir de Ramos (2003), sería el método apropiado para estas características del suelo.



La Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador (RELASE, 2016), desde el 2000 brinda un servicio con los estándares de calidad para el estudio de suelos, foliares y aguas; homologa e implementa metodologías de análisis y establece planes de mejora para los laboratorios que conforman la Red (Jaramillo, 2018).

La RELASE, indistintamente para todos los suelos, utiliza la solución extractora Olsen Modificada, sin considerar la diversidad climática, geológica y fisiográfica (Chávez, 2011); y sin correlacionar con otras soluciones extractoras como Bray (1945) y Mehlich III (1984); al respecto, Bertsch et al. (2005) y Alvarado et al. (2008) refieren, con la correlación se puede comparar el comportamiento de una solución extractora con respecto a otra para facilitar la interpretación de los resultados; en estas consideraciones, la concentración de los elementos extraídos no refleja la disponibilidad en el suelo, lo que conlleva a una interpretación errónea y concomitantemente, inadecuada toma de decisiones en la recomendación del plan de fertilidad. No obstante, en el 2010 manifestó, el 70 % de los miembros de la RELASE reportaron resultados satisfactorios para P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn; además, cada laboratorio tiene diferencias en infraestructura, equipos, materiales, reactivos, personal calificado, entre otros, lo que hace que en cada intercomparación no todos los parámetros se encuentren normalizados; a pesar de aquello, se ha generalizado en la Costa y Sierra ecuatoriana por su efectividad para suelos de pH neutro a alcalino (Aucatoma, 2017).

■ CONCLUSIONES

En general, no existe una correspondencia aceptable entre el análisis de los contenidos de los nutrientes en el laboratorio extraídos con las diferentes soluciones que se han probado a nivel universal, en particular la de Olsen Modificada; y la evaluación biológica en invernadero en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) como planta indicadora; particularmente para los elementos N, P, K, S, Mg y B.

Se evidencian ausencia de correspondencia entre la altura y/o peso de la biomasa seca de la planta indicadora con el contenido de nutrientes disponibles del análisis químico.

Para los suelos de la provincia Loja o de la región Sur con pH ácido, al no existir correspondencia entre el análisis químico y la evaluación biológica, es cuestionable, particularmente para el P y el Fe, el uso de la solución extractora Olsen Modificada.

La evaluación biológica es el método más certero, creíble y real que una solución extractora, dado que la planta expresa las deficiencias nutricionales.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

E.R.V. contribuyó en la administración del proyecto, la investigación, el análisis formal, y la escritura del borrador original del manuscrito. I.V.S. participó en la curación de datos, el análisis formal, y la escritura del borrador original del manuscrito. G.V.R. se encargó del análisis formal y la escritura del borrador original del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Caraguay, P. A. (2024). *Evaluación química y biológica de la fertilidad del suelo en los sistemas agroforestales con café (Coffea arabica L.) en la hacienda el Cristal, sector Pueblo Nuevo del cantón Loja*. [Tesis grado, Universidad Nacional de Loja] Repositorio Institucional –Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/28803>
- Alfaro, M., Monzón, C., Piril, V. Y Pérez E., (2019). *Evaluación de metodologías de extracción, para el análisis químico de suelos de los departamentos de Zacapa y Chiquimula en el Laboratorio de Suelos y Plantas de ICTA. CRIA, Oriente Cadena de Maíz. Guatemala*. <https://onx.la/a3050>
- Alvarado, A., Iturriaga, I., Smyth, J. T., Portuguese, E., y Ureña, J. M. (2008). Efecto residual del fertilizante fosfatado adicionado al cultivo de la papa en un andisol de Juan Viñas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 63-76. <https://goo.su/6Pu6fb>
- Aucatoma, B. (2017). *Elaboración y caracterización de un material de referencia interno de suelos para los macro elementos P, K, Ca y Mg extraídos con Olsen Modificado para análisis en suelos cañeros del orden Inceptisol, Entisol y Vertisol de la cuenca baja del río Guayas*. <https://onx.la/620b2>
- Bertsch, F., Bejarano, J. A., y Corrales, M. (2005). Correlación entre las soluciones extractoras KCl-Olsen modificado y Mehlich 3, usadas en los laboratorios de suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 29(3), 137-142. <https://onx.la/7399c>
- Boschetti, G., Quintero, C., Diaz, M., y Barraco, M. (2003). *Determinación del fósforo disponible en el suelo por el método de Bray*. <https://onx.la/426df>
- Bouma, D. (1965). Growth changes of plants following the removal of nutritional stress, Ph.D. Thesis, Wageningen, The Netherlands. <https://edepot.wur.nl/192197>
- Cabalceta, G., y Cordero, A. (1994). Niveles críticos de fósforo en ultisoles, inceptisoles, vertisoles y andisoles de costa rica. *Agronomía Costarricense*. 18(2), 147-161. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v18n02_147.pdf
- Cabalceta, G., y Molina, E. (2006). Niveles críticos de nutrimentos en suelos de Costa Rica utilizando la solución extractora mehlich 3. *Agronomía Costarricense* 30(2), 31-44. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v30n02_031.pdf
- Carrero A., A., Zambrano G., A., Hernández G., E., Contreras B., F., Machado D., D., Bianchi B., G., y Varela D., R. (2015). Comparación de dos métodos de extracción de fósforo disponible en un suelo ácido. *Avances en Química*, 10(), 29-33. <https://www.redalyc.org/pdf/933/93343104006.pdf>
- Cerisola, C. (2015). *Fertilidad química. Fertilización mineral: N-P-K. Nutrientes: principales, secundarios y microelementos fertilizantes: tipos y aplicación*. Universidad Nacional de la Plata. <https://onx.la/c2c1c>
- Chan, I. (2023). Facultad de Ciencias Agropecuarias apoya a productores en el análisis de suelo para mejores resultados en la preparación de la tierra. *Revista Hacia la Luz*. <https://n9.cl/eofbv>
- Chávez, F. (2011). *Determinación multielemental de macro y micronutrientes catiónicos en suelos por espectropía de emisión por acoplamiento de plasma inductivo y detección óptica de ICP-OES* [Tesis Licenciatura en Ciencias Químicas con mención en Química Analítica, Pontificia Universida Católica del Ecuador]. <https://onx.la/a53d3>
- Curiñaupa, E. (2017). *Uso de la técnica del elemento faltante en la evaluación del estado nutricional de suelos agrícolas de Kimbiri* [Tesis grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://onx.la/44b84>



- Díaz-Romeu, R., y Hunter, A. (1978). *Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. <https://onx.la/f463d>
- Durán, J. (2016). *Los 13 nutrientes imprescindibles para la salud de tus plantas*. Jose el jardinero. <https://n9.cl/ld7a>
- FAO. (2019). *Propiedades Químicas. Portal de Suelos de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://n9.cl/6xiro>
- Gutiérrez, A. (2016). *Caracterización de la fertilidad de los suelos con fines agrícolas del distrito de Huata provincia de Huaylas departamento de Ancash*. [Tesis grado, Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, Huaraz, Perú]. <https://onx.la/e79c8>
- Guayllas, J. (1988). *Estado nutricional de los suelos de Cañicapac y Ñamarin, mediante un método biológico*. [Tesis grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de Loja
- Janssen, B. H. (1970). Soil Fertility in the Great Konya Basin, Turkey. Agricultural Research Reports 750. <https://edepot.wur.nl/167715>
- Ibañez, J. (2008, enero 29). ¿Qué es la Fertilidad del Suelo?: Fertilidad Física, Química y Biológica-Un Universo invisible bajo nuestros pies. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/29/83481>
- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo. CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales. Universidad Nacional de Colombia*. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/147701>
- Jaramillo, R. (2018). La red nacional de laboratorios de suelos busca reforzar el servicio de calidad para los productores ecuatorianos. Ecuador es calidad, *Revista Científica Ecuatoriana* 5(1):1. <https://goo.su/jtvSM>
- Martínez-Lagos, J., y Gallardo A., Richard (2017). *Manejando la fertilidad del suelo. Osorno, Chile. Ficha Técnica INIA, Remehue, No. 10. Recuperado de* <https://hdl.handle.net/20.500.14001/66838>
- Mehlich, A. (1978). New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 9(6), 477-492. <https://doi.org/10.1080/00103627809366824>
- Mehlich, A. (1984). Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15(12), 1409-1416. <https://doi.org/10.1080/00103628409367568>
- Molina, E. (2007). *Análisis de suelos. Universidad de Costa Rica. Recuperado de* <https://goo.su/iFQpO>
- Pérez, M., Dúnel-Guerra, L., Storniolo, R., Vanzolini, J., y Kloster, N. (2019). *Comparación de métodos para determinación de fósforo extraíble en suelos de la región semiárida pampeana. Ciencia del suelo*, 37(1), 11-20. <https://goo.su/MehL>
- Quisurucu-Gutiérrez, E. G. (2014). *Aplicación de la técnica del elemento faltante y presente en la cuantificación de la dosis óptima de N,P,K en cebolla (Allium cepa L. var. Roja Arequipeña) en Canaán 2750 msnm, Ayacucho (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2075>
- Ramos, N. (2003). *Evaluación del fósforo extraído con dos soluciones extractoras en 19 suelos del Altiplano Occidental de Guatemala*. [Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía Instituto de Investigaciones Agronómicas]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2124.pdf

- RELASE (2016). Informe de gestión correspondiente al año 2015. Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador.
- Rivera, E., Sánchez, M., y Hercilia, D. (2018). pH as a growth factor in plants. *RIC, Panama*. 4(1), 101-105. <https://core.ac.uk/download/pdf/234019718.pdf>
- Rodríguez, M., y Flores, V. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos. Nociones básicas del fertiriego*. Recuperado de <https://goo.su/VEI9MOt>
- Salazar, L. (2015). Calibración de dos métodos de diagnóstico de la fertilidad de suelos cultivados con yuca (*Manihot esculenta Crantz*) en el trópico húmedo de Costa Rica. <https://goo.su/oYRobTo>
- Sela, G. (2021). *El análisis de suelo*. Cropaia. Recuperado de <https://goo.su/Vd8f4w>
- Tamargo, A. (2017). La importancia del análisis de suelos agrícolas. AGQ Labs Colombia. <https://goo.su/WzBQ>
- van Diest, A. (1983). A biological method for the assessment of the nutritional status of a soil. International course on vegetable growing. International Agricultural Centre. Wageningen, The Netherlands.
- Valarezo, C. (1985). *Proyecto de evaluación de la fertilidad de los suelos de Saraguro*. Universidad Nacional de Loja. Centro Andino de Tecnología Rural (CATER).
- Valarezo, C. (2012). *El suelo como recurso básico para el crecimiento de las plantas: Elementos sobre génesis, mineralogía, características físico-químicas y fertilidad*. Loja: Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.
- Vargas, M., Bertsch, F., y Cordero, A. (1992). Comparación de métodos de extracción de fósforo, potasio, calcio y magnesio disponible en vertisoles de Guanacaste. Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 16(1), 115-123. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v16n01_115.pdf
- Vera-Sánchez, I. J. (2023). *Interpretación de los análisis de la fertilidad del suelo con la solución extractora de Olsen Modificado y el método del elemento faltante*. (Tesis grado). Universidad Nacional de Loja. Ecuador. <https://n9.cl/j3vk6>

Influencia del riego por surcos y goteo en la producción de maíz híbrido DASS 3383

Influence of furrow and drip irrigation on the production of hybrid corn DASS 3383

Lauro Conde^{1*} 
Leonor Rivera¹ 
Paola Gálvez¹ 
Ramiro Vásquez² 

1. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador

2. Carrera de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

Autor para correspondencia: joselauconde@gmail.com

<https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2164>

RECIBIDO: 19/02/2024

APROBADO: 26/05/2024

RESUMEN

La influencia del riego en los sistemas productivos agrícolas es significativa, en el mundo se riega 330 millones de hectáreas, representando el 20% de la superficie cultivable; en Ecuador la superficie es 1'152.000 ha equivalente al 30% de la superficie potencialmente irrigable, que contribuye con el 70 % de la producción agrícola nacional. El consumo de agua para la agricultura de riego en el mundo representa el 70% y en Ecuador el 80 % del total de agua extraída. En la Estación experimental de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador, se evaluó la influencia del riego por surcos y goteo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y tres réplicas: riego por surcos, riego por goteo superficial y riego por goteo sub superficial a 20 cm de profundidad. Con la aplicación de riego por surcos, la altura de planta, el volumen de agua aplicado y el rendimiento de grano seco fue 2,49 m, 3 484 m³.ha⁻¹ y 9175 kg.ha⁻¹; para el riego por goteo superficial, 2,65 m, 1452 m³.ha⁻¹ y 10200 kg.ha⁻¹; para el riego por goteo sub superficial, 2,59 m, 1237 m³.ha⁻¹, y 10181 kg.ha⁻¹. La mayor productividad del agua en el cultivo de maíz se obtuvo con el riego por goteo sub superficial de 8,23 kg.m⁻³

Palabras clave: irrigación, escasez de agua, déficit hídrico, eficiencia



ABSTRACT

The influence of irrigation on agricultural production systems is significant; 330 million hectares are irrigated in the world, representing 20% of the arable surface; In Ecuador the surface is 1,152.000 ha, equivalent to 30% of the potentially irrigable surface, which contributes to 70% of national agricultural production. Water consumption for irrigated agriculture in the world represents 70% and in Ecuador it represents 80% of the total water extracted. At the Experimental Station of the Technical University of Machala, Ecuador, the influence of furrow and drip irrigation on the cultivation of corn (*Zea mays* L.) was evaluated, in a randomized block design with three treatments and three replications: furrow irrigation, surface drip irrigation and subsurface drip irrigation at 20 cm depth. With the application of furrow irrigation, the plant height, the volume of water applied and the dry grain yield were 2.49 m, 3,484 m³.ha⁻¹ and 9,175 kg.ha⁻¹; for surface drip irrigation, 2.65 m, 1,452 m³.ha⁻¹ and 10,200 kg.ha⁻¹; for subsurface drip irrigation, 2.59 m, 1,237 m³.ha⁻¹, and 10,181 kg.ha⁻¹. The highest water productivity in corn cultivation was obtained with subsurface drip irrigation of 8,23 kg.m⁻³

Keywords: irrigation, water scarcity, water deficit, efficiency.

INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico destinado a la agricultura en forma global es inmenso, se destina 3500 km³ de agua por año a la agricultura, de esto aproximadamente 1540 km³ se evapotranspiraría sin cambio climático para el año 2050, que se considera consumo no beneficioso para las plantas (FAO, 2021). El crecimiento de la población, la demanda de alimentos y el clima futuro limitan el uso del agua por parte de la agricultura (Gerten et al., 2020). Además, el rendimiento de los sistemas de riego tanto global como regional y local, no han alcanzado las expectativas esperadas. Por lo que, se vuelve imperativo mejorar la eficiencia del uso del agua o la productividad del agua en la agricultura, como una condición necesaria para el desarrollo sostenible, debido a que el manejo óptimo del riego está fuertemente asociado con la estabilidad del rendimiento, mayores ingresos y tasas de empleo (Hussain, 2007).

La agricultura bajo riego ha tenido un papel importante en el aumento de la producción de alimentos, pero su contribución es menor que la agricultura de secano. En términos globales, el riego aporta un 44% de la producción mundial, el 56% restante lo aporta la agricultura de secano (FAO, 2021). A pesar que el riego cumple una función importante en la producción de alimentos, su eficiencia es limitada, se desperdicia en las conducciones por filtraciones, hasta los grandes volúmenes aplicados en exceso a las necesidades de los cultivos. Con estos antecedentes, la ciencia recomienda utilizar alternativas de riego que evite el contacto directo del suelo humedecido con la radiación solar para evitar la pérdida de agua por evaporación.

En la actualidad los agricultores sufren más que nunca los extremos climáticos, a pesar de los avances tecnológicos en la predicción del tiempo, el uso de satélites meteorológicos y la existencia de avanzados modelos informáticos de simulación del clima (IPCC, 2012). Para maximizar la producción agrícola con un volumen de agua fijo y limitado, al menos, existe dos factores claves: el usuario y la tecnología. El usuario es el más importante, la mejor y más innovadora tecnología del riego no servirá, si las personas no comprenden y aplican el riego adecuadamente (Chatzopoulos et al., 2019). Es imperativo mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, a través de métodos como: riego por superficie o gravedad que cubre toda el área de riego o casi toda; riego por aspersión que simula la lluvia y que también cubre toda el área regada; riego por goteo que aplica el agua gota a gota sobre el suelo, cubriendo solamente la zona radicular de la planta; y el riego por goteo subterráneo que no permite que el perfil superficial del suelo sea humedecido y por tanto, no hay pérdida de agua por evaporación; este último, la ciencia lo menciona como alternativa para evitar la evaporación del agua suministrada a través del riego.

El riego por goteo superficial y sub superficial, son dos tipos de riego localizado cada vez más populares por su máxima eficiencia y aplicación, al reducir las pérdidas de agua del suelo por evaporación (Irmak et al., 2016). Estos métodos de riego son probablemente las principales tecnologías que serán aplicadas por los agricultores en el futuro. Ambas tecnologías se basan en la aplicación frecuente de pequeñas cantidades de agua directamente a las raíces de las plantas.

Investigaciones refieren, cuando se pasa del riego por surcos y aspersión al riego por goteo subterráneo, se reduce el consumo de agua de 30 a 60% (Montemayor et al., 2010). Además, frecuentemente el rendimiento de los cultivos se incrementa, porque las plantas reciben prácticamente la cantidad precisa de agua que necesitan y también los fertilizantes son tomados con mayor eficiencia.

La escasez de agua para riego hace que la frontera agrícola se expanda, debido a la incapacidad de obtener una producción sostenida por falta de riego, haciendo que los ecosistemas, ya frágiles, se vuelvan cada vez más insostenibles. Para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenibles planteadas por las Naciones Unidas se necesita transformar el sistema agrícola, especialmente en el uso del riego (Li et al., 2023).

En Ecuador predomina el riego por superficie e inundación que representa una superficie de 557600 ha (48,4%), el riego por aspersión incluida la micro aspersión representa 530400 ha (46,1%), y para el riego por goteo 50240 ha (4,4%) de la superficie irrigada total (Plan Nacional de riego y drenaje, 2021-2026). La producción bajo riego tributa con el 70% de la producción agrícola nacional (Subsecretaría de Riego y Drenaje, 2016).

La baja productividad del agua en la agricultura ecuatoriana, pese a la gran cantidad de agua que se destina a la agricultura a través de los diferentes métodos de riego, motivó la presente investigación a buscar alternativas de riego que permitan un mejor uso del agua, sin disminuir los rendimientos de los cultivos, con el objetivo de evaluar la influencia de los diferentes métodos de riego en la producción del cultivo de maíz.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la hacienda Santa Inés, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala-Ecuador, entre las coordenadas 620000 O y 9 638 000 S; 620200 O y 9 637800 S, zona geográfica 17 S, a una altitud de 5 m s.n.m. El clima de la zona se clasifica como megatérmico tropical semihúmedo, con una temperatura media de 25 °C, las precipitaciones medias plurianuales registradas se encuentran alrededor de 600 mm, tiene dos períodos pluviométricos definidos el lluvioso (enero – abril), el seco (mayo – diciembre) generalmente, aunque periódicamente es modificado por la presencia del fenómeno de El niño y La niña, la evapotranspiración de referencia de 1300 a 1500 mm al año, lo que produce un marcado déficit hídrico (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro, 2021). El suelo en los primeros 30 cm es franco – limoso, a mayor profundidad los suelos son arenosos.

El material vegetal utilizado fue el maíz híbrido duro (DASS 3383) sembrado a 80 cm entre filas y 40 cm entre plantas, con una densidad de 62500 plantas por hectárea, se sembró dos semillas por hoyo. El diseño del experimento fue a través de bloques totalmente al azar con tres tratamientos y tres réplicas: Los tratamientos fueron: riego por surcos, riego por goteo superficial y riego por goteo sub superficial a 20 cm de profundidad. La unidad experimental tuvo una superficie de 50 m², con una superficie total del ensayo de 450 m². El riego se aplicó hasta los 100 días después de la siembra (dds).

El sistema de riego se diseñó independientemente para cada tratamiento, con sus respectivas válvulas de control, se utilizó para la conducción principal tubería PVC de 40 mm, conducción secundaria polietileno de 32 mm, y para los laterales de riego cinta hidrodrip de 16 mm de diámetro; los laterales de riego y los emisores (goteros) se instalaron a 80 y 50 cm, respectivamente. Para el registro del volumen



de agua aplicado por riego y acumulado total durante el ciclo del cultivo, se utilizó válvulas volumétricas de precisión; en lo referente al manejo del riego, las frecuencias o intervalos del suministro de riego, así como los tiempos de riego se consideraron en función de las lecturas dadas por los tensiómetros (modelo irrometer®), que fueron instalados a 20 cm de profundidad, donde se localiza el mayor porcentaje de la masa radical de la planta. El caudal de los emisores (goteros) fue de 1,65 L.h-1 con una variación del 5% del caudal. Los surcos tuvieron una longitud de 10 m, con una pendiente de 0,5% y el caudal suministrado fue 1,00 L.s-1. La fuente de energía que alimentó al sistema de riego fue una bomba eléctrica abastecida desde un pozo subterráneo. Para determinar el momento preciso del suministro del riego, se instalaron sensores de humedad (tensiómetros), el riego inició cuándo los tensiómetros marcaron 45 centibares (20% de contenido de agua en la curva tensión-humedad), representado el 12% de agua aprovechable, y se interrumpió cuando la lectura fue de 10 centibares (32% de contenido de agua en la curva tensión-humedad), que representa el 19% de agua aprovechable; equivalente a capacidad de campo, que es el punto óptimo de humedad para las plantas. El rendimiento del grano seco del cultivo se registró en cinco plantas por unidad experimental, con un total de 45 plantas analizadas. La productividad del agua o eficiencia de uso del agua se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad del agua} = \frac{\text{Producción grano seco (kg)}}{\text{Agua utilizada (m}^3\text{)}}$$

■ RESULTADOS

En general, los resultados corroboran que la cantidad de agua aplicada al cultivo de maíz, está en función del método de riego utilizado, textura del suelo, variedad del maíz y las condiciones climáticas.

En la Tabla 1, se expone el número de riegos, volumen de agua (m³.ha⁻¹) de cada riego y el acumulado en el ciclo del cultivo; la menor cantidad de agua se suministró con el riego por goteo superficial y sub superficial, en comparación con el riego por surcos, tanto por riego como el acumulado; esto evidencia, un ahorro de agua de 58% con el riego por goteo superficial y 65% con el riego por goteo sub superficial, con respecto a la cantidad de agua suministrada por surcos. Vale destacar, la aplicación del riego por surcos fue similar a la utilizada por los agricultores de la zona, este último método de riego es factible mejorar, construyendo pequeños embalses al pie de los surcos para almacenar el agua de escorrentía o drenaje producto del riego, y ser reutilizada en el mismo cultivo (Li et al., 2023).

Tabla 1. Volumen de agua aplicada al cultivo de maíz híbrido por riego y en el ciclo del cultivo.

	Número de riegos	Volumen aplicado (m ³ .ha ⁻¹)	
		Por riego	Acumulado
Riego por surcos	17	205,0	3485
Riego por goteo superficial	30	48,4	1452
Riego por goteo sub superficial	26	47,5	1237

En lo referente a la altura de planta de maíz híbrido, no se evidenció diferencia significativa (p = 0,05); la tendencia a una mayor altura se registró con riego por goteo superficial (2,65 m) y sub superficial (2,62 m), en contraste con el riego por surcos (2,49 m), cuadro 2

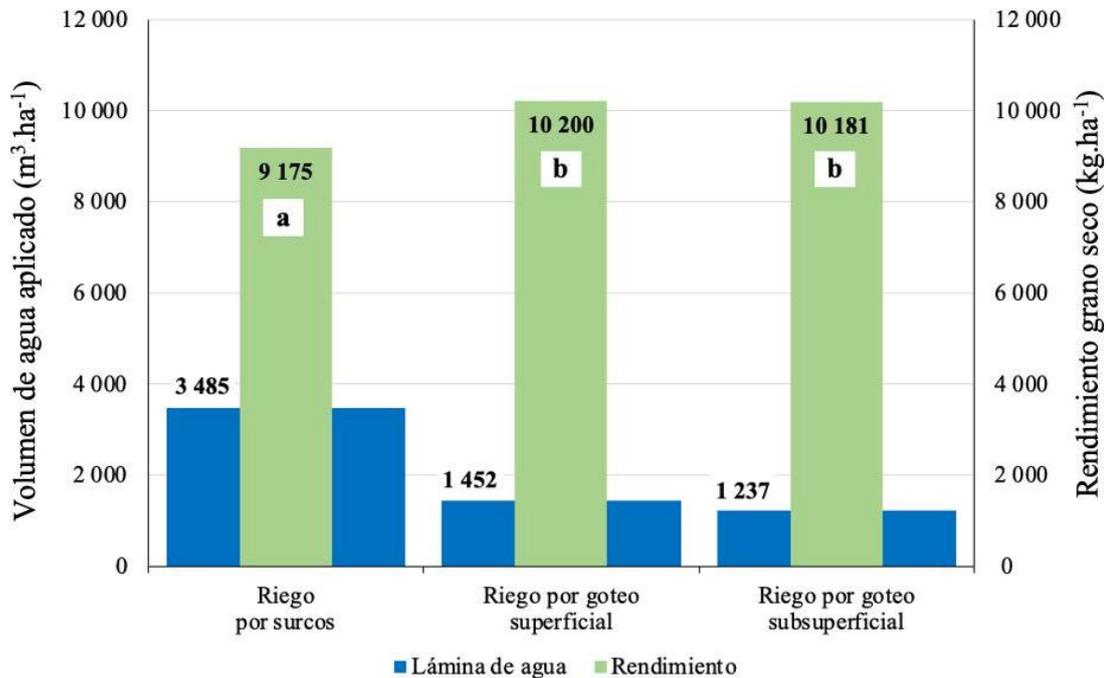


Figura 1. Volumen de agua aplicado en el ciclo del cultivo y rendimiento de grano seco de maíz híbrido.

Para el rendimiento de maíz híbrido en granos seco se registró diferencia significativa ($p=0,05$); el mayor rendimiento con la aplicación de riego por goteo, sea superficial o sub superficial y el menor rendimiento con el riego por surcos (Figura 1); aspecto que se refleja en la productividad del agua, siendo mayor en el riego por goteo sub superficial (Tabla 2).

Tabla 2. Altura de planta, rendimiento en grano seco y productividad del agua en el cultivo de maíz híbrido.

Método de riego	Altura de planta m	Rendimiento grano seco kg.ha ⁻¹	Productividad del agua kg.m ⁻³
Surcos	2,49	9 175	2,63
Goteo superficial	2,65	10 200	7,02
Goteo sub superficial	2,59	10 181	8,23

DISCUSIÓN

Los resultados indican menor volumen de agua entregado para el riego por goteo, sea superficial o sub superficial en comparación con el riego por surcos (Tabla 1); investigaciones similares desarrolladas por León et al. (2016) aplicaron volúmenes de agua a través del riego por goteo superficial de 1157 m³.ha⁻¹ y 1928 m³.ha⁻¹, correspondiendo al 60 y 100% de la evapotranspiración del cultivo, respectivamente. La cantidad de agua suministrada en riego por goteo sub superficial fue menor en 44 % con respecto a la cantidad de agua suministrada en el riego por inundación (Sánchez et al., 2017). Otras investigaciones reportan que los sistemas de riego sub superficiales o subterráneos pueden ahorrar agua de 20 a 40 % con respecto a los sistemas de riego superficiales (Al-Ghobari y Dewidar, 2018). La presente investigación, consolida la tesis que el riego por goteo sub superficial puede evitar el consumo excesivo de agua al reducir las pérdidas de agua del suelo por evaporación (Eranki et al., 2017; Sinha et al., 2017).



En lo que tiene que ver con el crecimiento de la planta de maíz híbrido, con riego por goteo superficial se obtuvo la mayor altura de planta 2,65 m, la menor altura fue para el tratamiento irrigado por surcos (gravedad) de 2,49 m. Trabajos realizados con el mismo objetivo registraron altura de planta de 2,03 m, utilizando riego complementario por surcos (Guamán et al., 2020); esta diferencia de altura de planta pudo haberse dado por el riego de carácter complementario aplicado por este investigador, o también pudo haber sido otra variedad; mientras que en otros ensayos sobre cultivo de maíz híbrido irrigados por goteo superficial encontraron altura máxima de planta de 2,55 m (León et al., 2016).

En lo relacionado a la producción de grano seco con una densidad de siembra de 62 500 plantas por hectárea, con el riego por goteo superficial se obtuvo el mayor rendimiento 10 200 kg.ha⁻¹, mientras que el menor fue para el tratamiento irrigado por surcos de 9 175 kg.ha⁻¹. Investigaciones relacionadas al rendimiento de grano seco de maíz fue de 12180 kg.ha⁻¹ (León et al., 2016), así mismo, experimentos realizados en cultivo de maíz irrigados por goteo superficial con intervalos de seis días, reportaron rendimientos de 21000 kg.ha⁻¹ (Guoqiang et al., 2019). La diferencia en los rendimientos con las investigaciones mencionadas, pueden deberse a parámetros, como tipos de suelos, calidad y cantidad de agua para riego, incluso variedades de híbridos utilizados como material genético.

Finalmente, la influencia del riego por surcos y goteo superficial y sub superficial, con respecto a la productividad del agua en el cultivo de maíz fue significativa, con el riego por goteo sub superficial se obtuvo la mayor productividad de 8,23 kg.m⁻³, y la menor productividad la registró el tratamiento riego por surcos de 2,63 kg.m⁻³ (Tabla 2). Investigaciones desarrolladas referentes a la productividad del agua en el maíz determinaron 2,58 kg.m⁻³ irrigados con goteo superficial (Guoqiang et al., 2019), igualmente con este mismo método de riego obtuvieron 2,96 kg.m⁻³ (Zamora et al., 2007). Con riego por surcos obtuvieron 2,99 kg.m⁻³ (González et al., 2011). Persiguiendo el mismo objetivo determinaron una productividad del agua en maíz forrajero irrigado por goteo superficial mayor en 57% comparado con la productividad del agua en riego por surcos (Montemayor-Trejo., 2012).

Es preciso recalcar, en esta investigación con la aplicación de riego por surcos se obtuvo el menor crecimiento y el menor rendimiento de grano seco; no obstante, de haber suministrado la mayor cantidad de agua (Figura 1); de esto se deduce que el crecimiento y rendimiento de la planta no está en función de la cantidad de agua suministrada, sino de la cantidad de agua que la planta necesita.

CONCLUSIONES

La cantidad de agua suministrada al cultivo de maíz híbrido, está en función del método de riego utilizado, mientras que el crecimiento y rendimiento de la planta está en función de la cantidad de agua requerida y aplicada con mayor eficiencia en la zona de raíces. La menor cantidad de agua que se aplicó al cultivo de maíz híbrido fue a través del riego por goteo sub superficial, obteniendo una mayor productividad del agua. Las frecuencias de riego fueron menores en el riego por surcos por lo que el número de riegos también fue menor, en contraste con el volumen de agua aplicado que fue significativamente mayor a los volúmenes aplicados con el riego por goteo superficial y sub superficial. El método de riego influye significativamente en la producción del cultivo, como en la productividad del agua para riego.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

L.C. contribuyó en la implementación de la metodología, la curación de datos, y la escritura del borrador original del manuscrito. L.R. participó en la escritura (revisión y edición) del manuscrito original. P.G. se encargó de la organización y diagramación, así como de la escritura (revisión y edición) del manuscrito original. R.V. realizó el análisis formal de los datos estadísticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Ghobari, H. y Dewidar, A. (2018). Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions. *Agricultural Water Management*. 209:55-61. DOI: [10.1016/j.agwat.2018.07.010](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.010)
- Chatzopoulos, T., I. Pérez Domínguez, M. Zampieri y A. y Toreti. (2019), “Climate extremes and agricultural commodity markets: A global economic analysis of regionally simulated events”, en *Weather and Climate Extremes*, <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100193>.
- Eranki, P., El-Shikha, D., Hunsaker, D., Bronson, K. and Landis, A. (2017). A comparative life cycle assessment of flood and drip irrigation for guayule rubber production using experimental field data. *Industrial Crops and Products*. 99 (1):97-108.
- Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J. et al. (2020). Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. *Nat Sustain*, 3, 200–208. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0465-1>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro. (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de La Provincia de El Oro 2020 - 2030. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro.
- González, F., Herrera, J., López, T. y Cid, Greco. (2011). Productividad del agua en el cultivo de maíz en condiciones del sur de la Habana. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. doi: [10.5154/r.inagbi.2010.08.008](https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2010.08.008).
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., Romero, E., (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), Universidad Central del Ecuador. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>.
- Guoqiang Zhang, Dongping Shen, Bo Ming, Ruizhi Xie, Xiuliang Jin, Chaowei Liu, Peng Hou, Jun Xue, Jianglu Chen, Wanxu Zhang, Wanmao Liu, Keru Wang, Shaokun Li. (2019). Using irrigation intervals to optimize water-use efficiency and maize yield in Xinjiang, northwest China, *The Crop Journal*, 7(3), 322-334, ISSN 2214-5141. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.10.008>.
- Hussain, I. (2007). Poverty-Reducing impacts of irrigation: evidence and lessons. *Irrig. Drain*. 56, 147-164.
- IPCC (2012), “Managing the the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation”, Special Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Irmak, S., Djaman, K. & Rudnick, D.R. (2016). Effect of full and limited irrigation amount and frequency on subsurface drip-irrigated maize evapotranspiration, yield, water use efficiency and yield response factors. *Irrigation Science* 34, 271–286. <https://doi.org/10.1007/s00271-016-0502-z>.
- León, A., Arzube, M., y Ramírez, L. (2016). Efecto de variante de riego en la producción de maíz (zea mays l.) En la Comuna Río Verde, cantón Santa Elena, Ecuador. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 3(2), 100-104. <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/160/pdf>
- Li, S., Zhuang, Y., Liu, H. et al. (2023). Enhancing rice production sustainability and resilience via reactivating small water bodies for irrigation and drainage. *Nat Commun* 14, 3794. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39454-w>.



- Montemayor, J., Aguirre, H., Olague, J., Roman, A., Rivera, M., Preciado, P., Montemayor, I., Segura, M., Orozco, J., Yescas, P. (2010). Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo sub superficial. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. México; <http://www.cienciaspecuarias@inifap.gob.mx>
- Montemayor-Trejo, J., Lara, J., Woo, J., Munguía, J., Rivera, M., Trucíos, R. (2012) Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia*. 46-3. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000300006
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2021), El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Sistemas al límite. Informe de síntesis 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb7654es>.
- PLAN NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE 2021-2026, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2022/12/PLAN-NACIONAL-DE-RIEGO-Y-DRENAJE-2021-2026>.
- Sánchez, R., Servin, M., Gutiérrez, H., y Serna, A. (2017). Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego sub superficial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i4.4255>.
- Sinha, I., Buttar, G. and Brar, A. (2017). Drip irrigation and fertigation improve economics, water and energy productivity of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Indian Punjab. *Agricultural Water Management*. 185(1):58-64.
- Subsecretaría de Riego y Drenaje. (2016). Propuesta de Modelo de Gestión Integral del Riego en el Ecuador. Subsecretaría de Riego y Drenaje. <http://www2.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/01-06IGC2016-MGRIEGO-SENAGUA-MODELO-DE-GESTIO%CC%81N-INTEGRAL-DEL-RIEGO.pdf>.
- Zamora Salgado, S., Fenech Larios, L., Ruiz Espinoza, F.H., Pérez Duarte, W. y López Gómez, A. (2007). Eficiencia en el uso del agua en maíz (*Zea mays* L.) con riego por goteo, en el Valle de la Paz, Baja California Sur, México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 16(3):33-36.

Dinámica de crecimiento de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose al sur de Ecuador

Growth dynamics of *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose in southern Ecuador

Victoria Moncada Betancourt^{1*} 
Darwin Pucha Cofrep² 

¹Maestría en Biodiversidad y Cambio Climático, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

²Laboratorio de Dendrocronología, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Autor para correspondencia: victoria.moncada@unl.edu.ec

<https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2214>

RECIBIDO: 15/04/2024

APROBADO: 27/06/2024

RESUMEN

Los bosques secos de la provincia de Loja presentan un mejor grado preservación y es el hábitat ideal donde se desarrolla la especie *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose, también conocida como “Guayacán”. Especie caducifolia, tiene un crecimiento que depende de factores biológicos y produce anillos de crecimiento anuales que contienen información vital para reconstruir la historia de su desarrollo, es por ello que el presente estudio analizó la dinámica de crecimiento a través de métodos dendrocronológicos de 16 individuos de *H. chrysanthus* provenientes de la parroquia Zapotillo al sur de Ecuador. Los resultados principales revelaron que la edad promedio de los Guayacanes fue de 113 años, con el individuo más longevo de 207 años (1812 y 2019), y el más joven de 72 años (1947 y 2019). El crecimiento diamétrico anual promedio fue de 1.46 mm/año, con una desviación estándar de ± 0.62 mm, indicando un crecimiento constante a lo largo de su vida. Lo que nos permite concluir que *H. chrysanthus* hasta una edad de 207 años continúa con una tendencia constante de crecimiento diamétrico anual.

Palabras clave: dendrocronología, bosque seco, anillos de crecimiento, *Handroanthus chrysanthus*



ABSTRACT

The dry forests of the province of Loja present a better degree of preservation and is the ideal hábitat where the species *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose, also known as “Guayacán”, develops. This deciduous species has a growth that depends on biological factors and produces annual growth rings that contain vital information to reconstruct the history of its development, which is why the present study analyzed the growth dynamics through dendrochronological methods of 16 individuals of *H. chrysanthus* from the Zapotillo parish in southern Ecuador. The main results revealed that the average age of the Guayacanes was 113 years, with the oldest individual being 207 years old (1812 and 2019), and the youngest being 72 years old (1947 and 2019). The average annual diameter growth was 1.46 mm/year, with a standard deviation of ± 0.62 mm, indicating a constant growth throughout its life. This allows us to conclude that *H. chrysanthus* up to an age of 207 years continues with a constant trend of annual diameter growth

Keywords: dendrochronology, dry forest, tree-rings, *Handroanthus chrysanthus*.

INTRODUCCIÓN

Los bosques del mundo son un verdadero archivo natural, debido a que, de ellos se puede obtener una gran diversidad de información. En el caso de los árboles se lo realiza por medio de la datación cronológica de anillos de crecimiento esta ciencia se la denomina dendrocronología la cual trata el estudio de los anillos de crecimiento a lo largo del tiempo (Bernabei & Macchioni, 2012b) including early T-cell precursor ALL, Philadelphia chromosome-like (Ph-like. Para el análisis de los anillos de crecimiento primero es necesario identificar los patrones de los anillos de crecimiento los cuales se rigen por las variaciones (Brienen & Zuidema, 2006; Patiño, 2019); en regiones tropicales estudios sobre dendrocronología han sido utilizados para determinar la edad de los árboles y determinar su dinámica de crecimiento anual (López et al., 2012).

El crecimiento diamétrico de los árboles es el resultado de los fenómenos ambientales como: precipitación, temperatura, topografía, competencia (Juárez de Galíndez, 2001). El crecimiento periódico de los árboles se manifiesta a través de características en el tronco del árbol lo que permite una medición directa o aproximada de la edad de los árboles (Arabe, et al., 2011) esta medición se la puede realizar a través de la identificación de los anillos de crecimiento los cuales marcan la historia de la vida de los árboles en condiciones climáticas estacionales, en donde el árbol sufre un estrés por déficit de agua y forma un anillo de crecimiento (Ayala et al., 2006). En ecosistemas que mantienen estaciones o temporadas como es el caso de Ecuador los climas favorables hacen que el crecimiento de los anillos sea más ancho mientras que, en condiciones de sequía los anillos son delgados.

Es importante mencionar que las especies forestales presentan diferentes patrones en la formación de anillos de crecimiento. Es por ello que para una adecuada identificación de anillos de crecimiento de las diferentes especies forestales se debe considerar ciertos criterios como agrupación del tamaño de los poros, tamaño de células, tonalidad de la madera debido a la madera temprana y a la madera tardía, líneas consecutivas de parénquima y determinar que este patrón se visualice en todos los anillos identificados (Gene, 1993).

Para el caso de *Handroanthus chrysanthus* es una especie que se desarrolla en ecosistemas secos lo que le permite formar anillos de crecimiento anuales mismos que proporcionan una valiosa información para determinar factores ambientales que han ocurrido en años anteriores y que han

influido en su desarrollo a lo largo del tiempo. La falta de estudios sobre el crecimiento anual de especies en ecosistemas secos del sur de Ecuador destaca la importancia de este estudio para llenar esos vacíos de conocimiento a través de procesos dendrocronológicos, los cuales son cruciales para la gestión forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la provincia de Loja, cantón Zapotillo, parroquia Zapotillo, barrio Ceiba Chica (Figura 1). El área de estudio corresponde al ecosistema de Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). Este tipo de ecosistema presenta doseles entre 10 y 25 metros, con copas expandidas y ramificaciones a poca altura. (PDOT Zapotillo, 2019).

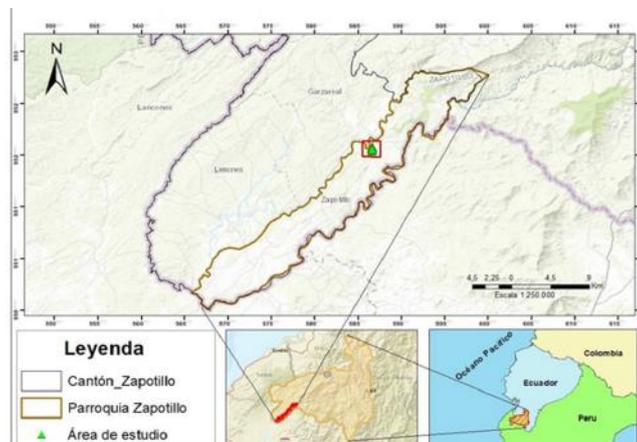


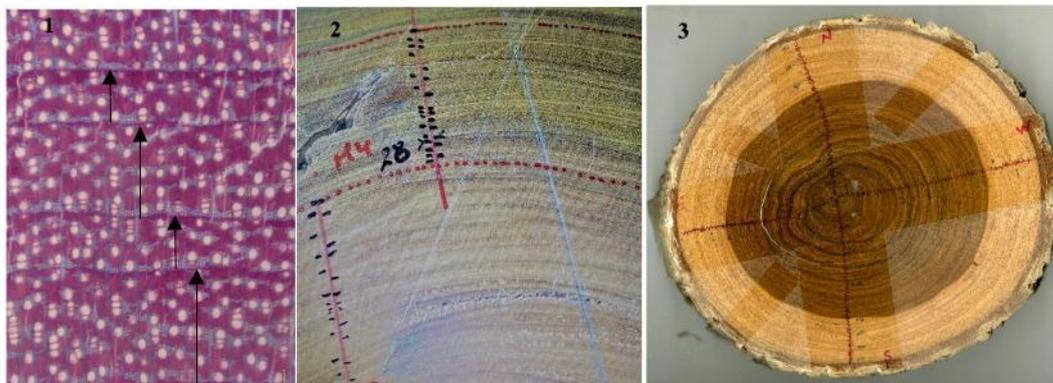
Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

Preparación de muestras

Para el siguiente proceso de investigación se trabajó con un lote de 16 individuos del área de estudio, colectados en el año 2019 que son parte de las colecciones del Laboratorio de Dendrocronología de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja. Estos se prepararon siguiendo los protocolos de lijado en el año 2019, durante la ejecución del proyecto de investigación 21-DI-FARNR-2019: “*Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador*”. El análisis de las muestras se describe a continuación.

Identificación y medición de anillos de crecimiento anuales

Para la identificación de anillos de crecimiento, se consideró patrones o características anatómicas más sobresalientes de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose (Figura 2), como, el tamaño de las células cambia considerablemente al formarse un nuevo anillo, seguido se encentra una línea continua de parénquima que se forman alrededor de la médula y finalmente una agrupación de poros. Para lo cual se tuvo cuidado con los anillos muy estrechos que lleguen a unirse o converger en un pequeño espacio, así como también cicatrices en la madera o por efectos de enfermedades, plagas o actividad antrópica y falsos anillos. Para la identificación de los anillos se trabajó con la metodología establecida por Stokes y Smiley (1968), en el que se inició la medición desde el anillo más cercano a la médula hasta el último anillo formado más alejado de la médula.



Nota: La Figura 2 representa el proceso de identificación y conteo de anillos de crecimiento: 1 Ancho y el límite de los anillos indicados con flechas negras, 2. Anillos de crecimiento identificados y marcados en un radio, 3. Sección transversal con la identificación y marcado de anillos en cuatro radios.

Sincronización de los anillos de crecimiento

Luego del proceso de medición de anillos de crecimiento con el Lintab Pro 6 conjuntamente con el Software TSAPWin Pro (Rinntech, 2003), se realizó un promedio de cada individuo. Con estos datos promedio se desarrolló un análisis de conglomerados para la generación de dendrogramas, mediante la función Hierarchical Clustering “hclust” de “stat” en la plataforma estadística de código abierto R versión 4.2.1 (2022-06-23 ucrt), para agruparlos por similitud, y así priorizar el grupo de árboles que servirán como referencias. El método de aglomerados que se seleccionó para identificar los árboles con mayor similitud fue “Ward.D2”, debido a que presentó mejor organización entre las muestras. A partir de los árboles tomados como referencia se sincronizó los demás individuos, para posteriormente crear una cronología maestra.

Procesamiento y análisis de datos

La validación, sincronización y datación de los anillos anuales fueron evaluados con el Software TsapWin (Rinntech, 2003). Los valores radiales se importaron al programa estadístico R versión 4.2.1 (2022-06-23 ucrt), en formato “fh” con ayuda de la función Calculate Descriptive Summary Statistics on Ring-Width Series (rwl.stats). Con esto se obtuvieron los datos estadísticos descriptivos de cada serie, que incluyeron edad máxima, edad mínima, promedio, media, mediana, desviación estándar, sensibilidad y auto-correlación.

RESULTADOS

Dinámica de crecimiento de *Handroanthus chrysanthus* Jacq.) S.O. Grose

En este estudio se identificó que el individuo más longevo tuvo una edad máxima de 207 años (periodo 1812 – 2019) que corresponde a la muestra 05 con código CCHC05, y el individuo más joven tuvo una edad de 72 años (periodo 1947 a 2019) registrado en la muestra 08 con el código CCHC08. En la Tabla 1 se muestran todos los estadísticos dendrocronológicos descriptivos de *Handroanthus chrysanthus*, derivados de todas las muestras medidas (16 árboles y 61 radios), así como una selección de 11 árboles y 27 radios que estuvieron mejor sincronizados entre sí con un mayor valor EPS.

Tabla 1. Resultados estadísticos del índice de crecimiento de *Handroanthus chrysanthus*

Parámetros	Todos (N=61 muestras)	Seleccionados (N=27 muestras)
Periodo de crecimiento	1812 – 2019	1812 – 2019
Número de individuos	16	11
Número de muestras	61	27
Edad máxima (años)	207	207
Edad media (años)	115	113
Edad mínima (años)	72	72
Promedio de crecimiento radial o del ancho de anillos (mm/año)	0.73	0.74
Promedio de crecimiento en diámetro (mm/año)	1.46	1.48
Mediana	0.57	0.58
Varianza de ancho de anillos (%)	0.44	0.45
Desviación Estándar (mm)	± 0.62	± 0.65
Promedio máximo del ancho de anillo (mm)	1.78	1.69
Promedio mínimo del ancho de anillo (mm)	0.05	0.06
Desviación estándar anual del diámetro	1.24	1.30
Asimetría (skew)	1.58	1.73
Desigualdad (gini)	0.43	0.44
Correlación ar1	0.23	0.20
Señal Expresada de la población (EPS)*	0.31	0.69

*EPS: Valores cercanos a 1 cronología similares; valores cercanos a 0 cronología residuales

Además, en la misma tabla se puede observar que los resultados estadísticos entre los valores de 61 y 21 muestras tienen grandes diferencias en la varianza, desviación estándar, mediana y promedio de crecimiento radial. En lo que respecta a los índices de asimetría de los resultados obtenidos muestran una distribución hacia la derecha debido al valor a los valores tanto de 1.58 y 1.73 respectivamente para los valores de 61 y 21 muestras. Por otro lado, el índice de Gini muestra el grado de desigualdad en una distribución, en el cual acorde a los resultados obtenidos indica que las series analizadas presentan valores cercanos a cero que representa a una perfecta igualdad. Finalmente, el EPS para los 61 radios fue de 0.31 considerado un valor bajo, no obstante, para los 27 radios analizados en los que se excluyen las muestras que no aportan al EPS se obtuvo un valor de 0.69.

La Figura 2 indica la dinámica de crecimiento de *Handroanthus chrysanthus*, durante el periodo 1812 – 2019, con un crecimiento continuo a lo largo de su vida, y un promedio de crecimiento radial anual de 0.73 mm/año. Es importante mencionar que durante los primeros 10 -20 años de vida presentó un crecimiento simétrico en cada uno de sus radios, posterior a esta edad el crecimiento se vuelve asimétrico a lo largo de los años. Finalmente, los años en los que se registra un mayor crecimiento radial fueron 1860, 1877, 1904, 1936, 1955, 1977, 1987, 1998 y 2007.

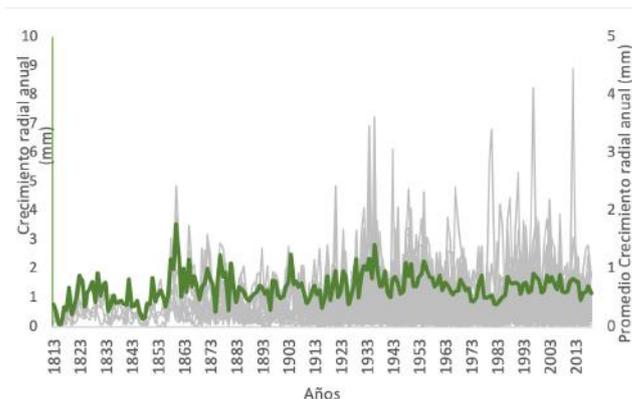


Figura 2. Series Individuales del crecimiento radial de *Handroanthus chrysanthus*.

Nota: La Figura 2 indica el crecimiento individual de *Handroanthus chrysanthus* en el sitio Ceiba Chica – Zapotillo. Las líneas grises representan el crecimiento promedio radial anual por cada árbol (16 individuos), y la línea verde es el promedio del crecimiento radial de todos los individuos.

En lo que respecta al crecimiento acumulado radial de *Handroanthus chrysanthus* (Figura 3) se observó una tendencia ascendente continua; sin embargo, en el año 103 el crecimiento se estabilizó para posterior continuar con un crecimiento paulatino, de esta manera manteniendo el mismo patrón de crecimiento. Por otro lado, cabe destacar que el crecimiento radial de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose es de 16 cm a una edad 207 años.

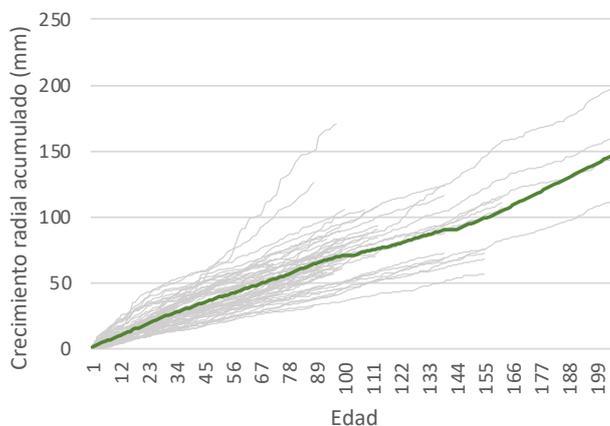


Figura 3. Crecimiento radial acumulado de *Handroanthus chrysanthus*.

Nota: La Figura 3 indica el crecimiento radial acumulado de *Handroanthus chrysanthus* de 16 individuos en el sitio Ceiba Chica - Zapotillo. Las líneas grises representan el radio acumulado de los árboles individuales (10 individuos) y la línea verde el promedio de todas las series medidas.

■ DISCUSIÓN

Durante la investigación, se pudo observar que *Handroanthus chrysanthus* forma anillos de crecimiento muy estrechos, un hallazgo que concuerda con lo reportado por Peña en 2022. No obstante, Cartuche y Feijoó (2023), en su estudio sobre rasgos anatómicos de la madera de especies comunes en el bosque seco de la Reserva Natural Laipuna (RNL) al sur de Ecuador, describen los anillos de crecimiento de esta especie como poco visibles o incluso ausentes. Esto podría estar relacionado con cambios en las condiciones ambientales de la Reserva Natural Laipuna. Por otro lado, Stokes & Smiley (1968)

mencionan que las especies pueden generar anillos falsos o anillos dobles generando una datación cruzada y por ende sobreestimando la edad del individuo.

En las muestras, se observó que el crecimiento radial de muchos anillos era mínimo, e incluso se evidenció la presencia de múltiples anillos apilados en hileras, lo cual está relacionado a lo establecido por Quito (2023) quien establece que el crecimiento promedio en diámetro anual del *Handroanthus chrysanthus* en el sector la Ceiba es de 1.13 ± 1.00 mm/año, por otro lado Reátegui (2015) menciona que en el sector Algodonal en el bosque seco el crecimiento para esta especie es de 0.091 mm/año, Peña (2022) hace referencia que para la Reserva Natural Laipuna el crecimiento diamétrico anual es de 2.09 mm/año; mientras que para el sector Ceiba Chica el promedio de crecimiento diamétrico anual es de 1.46 mm/año. Estos resultados coinciden con lo establecido por Barajas (1985), quien menciona que la formación de anillos angostos es característica típica de la madera de especies que se encuentran en bosques secos tropicales.

En lo que refiere a la edad de los árboles el promedio obtenido en el área de estudio fue de 115 años en un periodo de 1904 – 2019, donde el árbol más longevo alcanzó una edad de 207 años (1812 – 2019); mientras que, la misma especie en la Reserva Natural Laipuna el individuo más longevo tuvo una edad de 237 años en un periodo de 1785 – 2022 (Peña, 2022)

En lo que respecta a la señal de población expresada (EPS) en esta investigación se obtuvo un valor bajo de 0.31 para toda la cronología (1812 – 2019) con 16 individuos y 61 muestras radiales, no obstante para el mismo periodo de tiempo con 11 individuos y 27 muestras radiales el EPS fue de 0.69, lo cual sigue siendo bajo en comparación al estudio realizado por Peña (2022) quien obtuvo un valor de 0.8 con un total de 44 muestras que fueron colectadas en la Reserva Natural Laipuna en el cantón Macará.

Buras (2017), menciona que el EPS no estaba destinado para la idoneidad de los datos de los anillos de crecimiento de los árboles para la reconstrucción climática ya que la variación puede surgir de otros factores tal como lo señala Briffa et al (1996) las diferencias del origen de las muestras o los cambios en la ecología del sitio también pueden impartir una falta de homogeneidad en la respuesta de crecimiento de los árboles a lo largo del tiempo, violando así el supuesto fundamental del uniformismo que sustenta la investigación climática indirecta.

CONCLUSIONES

En el sector Ceiba Chica del cantón Zapotillo, el individuo más antiguo registrado alcanzó edad de 207 años con un DAP de 30.83 cm, el crecimiento diamétrico anual promedio fue de 1.46 mm/año, con una desviación estándar de ± 0.62 mm. La dinámica de crecimiento muestra una excentricidad estable durante los primeros 20 años de vida, posteriormente, presenta un crecimiento diamétrico asimétrico muy irregular que incrementa anillos ausentes y falsos. *Handroanthus chrysanthus* hasta una edad de 207 años continúa con una tendencia constante de crecimiento diamétrico anual, Finalmente dado al crecimiento irregular de esta especie, se recomienda realizar investigaciones adicionales para comprender mejor los factores que influyen en este patrón de crecimiento. Esto podría incluir estudios detallados sobre la influencia de variables ambientales y la interacción con otras especies en el ecosistema.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES:

V.M y D.P realizaron el análisis de datos, V.M realizó la redacción del borrador original. DP revisión y corrección del artículo



AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional de Loja en especial al Laboratorio de Dendrocronología por facilitarme las muestras de madera de *Handroanthus chrysanthus* y brindarme el espacio para la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Arabe, A. V., Rodríguez, D., Chaves, P., Alvarado, J., & Custodio, M. (2011). Avances en la caracterización e identificación anatómica de los anillos de crecimiento de la especie *Junglans neotropica* Diels (Nogal) para estudios dendrocronológicos en el fundo La Génova, Junín (Perú). *Xilema*, 24(1).
- Ayala, J. L. L., Hernández, J. I. V., Terrazas, T., & Lazalde, J. R. V. (2006). Anillos de crecimiento y su periodicidad en tres especies tropicales del estado de Colima, México. *Agrociencia*, 40(4), 533-544.
- Barajas-Morales, J. (1985). Diferencias estructurales de la madera entre árboles de dos bosques tropicales de México. *Revista IAWA*, 6(4), 355-364. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000962>
- Brienen, R. J., & Zuidema, P. A. (2006). Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology*, 481-493.
- Briffa, KR, Jones, PD, Schweingruber, FH, Karlén, W., Shiyatov, S. (1996). Variables de los anillos de los árboles como indicadores indirectos del clima: problemas con las señales de baja frecuencia. En: Jones, PD, Bradley, RS, Jouzel, J. (eds) Variaciones climáticas y mecanismos de forzamiento de los últimos 2000 años. Serie NATO ASI, vol 41. Springer, Berlín, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-61113-1_2
- Buras, Allan, A comment on the Expressed Population Signal. *Dendrochronologia* <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2017.03.005>.
- Cartuche, K., Feijoó, C. (2023). Rasgos anatómicos de la madera de especies comunes de bosque seco en la Reserva Natural Laipuna al sur de Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Escribano-Ávila, G. (2016). *El bosque tropical seco del sur de Ecuador: un pequeño gran desconocido*. 25(2), 1-4.
- Gené, C., Retana Alumbrosos, J., Espelta Morral, J. M., & Gràcia Moya, M. (1993). Identificación de los anillos anuales de crecimiento de la encina (*Quercus ilex*. L.). *Orsis*, 8, 127-139
- Juarez de Galíndez, M. (2001) Modelización estadística de curvas de crecimiento de árboles en bosques nativos; quebracho colorado, quebracho blanco y algarrobo blanco. (Doctoral dissertation, Tesis para optar al grado académico de Magíster en Estadística Aplicada).
- López, L., Villalba, R., & Peña-Claros, M. (2012). Ritmos de crecimiento diamétrico en los bosques secos tropicales: aportes al manejo sostenible de los bosques de la provincia biogeográfica del Cerrado Boliviano. *Bosque (Valdivia)*, 33(2), 211-219.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito
- Montiel, K., Detlefsen, G., & Ureña, C. (2020). Árboles y palmas emblemáticos de las Américas.
- PDOT Zapotillo. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023 GAD Zapotillo*. <https://gobiernodezapotillo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/Resumen-Zapotillo.pdf>
- Pennington, T. R., Prado, DE y Pendry, CA (2000). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeografía*, 27(2), 261-273

Moncada, V., y Pucha, D. (2024) Dinámica de Crecimiento de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose al sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 11(1): 73 - 81. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2214>

Peña, K. 2022 Reconstrucción de datos climáticos e hidrológicos a través de la dendrocronología en el Sur del Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 56 p.

Quiñonez - Hurtado J. 2018. Desarrollo inicial en plantaciones de *Ziziphus thyrsoiflora* Benth, *Geoffroea spinosa* Jacq y *Handroanthus chrysanthus* Jacq. En Jipijapa, Manabí, Ecuador. Jipijapa. UNESUM. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. 46 p

Quito, G. 2023. Dinámica de crecimiento de especies forestales de una parcela permanente en bosque seco La Ceiba de la parroquia Garza Real, cantón Zapotillo, provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja. 110 p.

Stokes, M. A & T. L. Smiley. 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press, Chicago, IL. USA. 73 p.

Diversidad florística del complejo montañoso Mojanda, Andes Norte de Ecuador

Plantas comunes del páramo y bosque montano

Floristic diversity of the Mojanda mountain complex, Northern Andes of Ecuador

Common plants of the páramo and montane forest

Francisco Tobar^{1,2} 
Mayra Caiza¹ 
Álvaro Pérez³ 

1. Área de Investigación y Monitoreo de Avifauna, Aves y Conservación-BirdLife en Quito, Ecuador
2. Instituto Nacional de Biodiversidad, Herbario Nacional del Ecuador QCNE., Quito, Ecuador
3. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador

*Autor para correspondencia: mayrafer001@hotmail.com

<https://doi.org/10.54753/blc.v14i2.2206>

RECIBIDO: 31/03/2021

APROBADO: 27/06/2021

RESUMEN

En los Andes del norte de Ecuador en el límite provincial Pichincha-Imbabura se encuentra el Complejo Montañoso Mojanda (CMM) que se eleva a una altura máxima de 4263 m (Mendoza, 2013), separando las cuencas de los ríos Chota y Guayllabamba, y extendiéndose hacia las laderas occidentales gracias a los cerros Escalera y Sigsicunga (Robin et al., 1997). El Complejo Montañoso de Mojanda se ubica en el valle interandino, constituye una de las pocas áreas conservadas en esta región del Ecuador, es vital para el abastecimiento de agua de varias poblaciones y es el refugio para un gran número de especies de plantas y animales que allí habitan.

Por esta razón se condujo una Exploración biológica del CMM durante 2021, con el objetivo de actualizar la información sobre su biodiversidad y aportar datos que ayuden a la toma de decisiones en lo que ahora se han convertido en tres áreas de protección hídrica para las provincias de Imbabura y Pichincha y que constituyen nuestra zona de estudio, la misma que se encuentra en un rango de elevación de 2990 a 4240 m, tiene dos vías principales de acceso, una desde la ciudad de Otavalo hacia el norte y la otra desde la ciudad de Tabacundo hacia el sur y en este territorio se distribuyen las tres áreas de protección hídrica: APH Mojandita-Curubí (Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica 2020), APH Mojanda-Otavalo (Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica 2022) en la provincia de Imbabura y el APH Mojanda (Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica 2021) en la provincia de Pichincha, las mismas que constituyen el área de estudio.

Uno de los resultados más significativos de este estudio fue el incremento del número de especies de plantas registradas para el CMM. Según el Banco Nacional de Datos sobre Biodiversidad (2020), se reportaban 480 especies de plantas para esta zona, sin embargo, esto está lejos de acercarse a la realidad,

con el presente estudio se añaden 101 nuevos registros para el área, acumulando un total de 551. Las familias más numerosas fueron Asteraceae (45 spp.), Orchidaceae (40 spp.), Rosaceae (16 spp.), Ericaceae (13 spp.) y Melastomataceae (12 spp.). Uno de los incrementos más significativos fue el número de especies de Orquídeas, ya que solo se reportaban 14 (vs. 40 spp. reportadas para el presente estudio).

Finalmente, se reportan 22 especies endémicas, 20 de ellas registradas durante este estudio, siendo Asteraceae con seis especies la familia con mayor número de endemismo, seguido por Orchidaceae con cuatro y las familias Araliaceae, Campanulaceae, Passifloraceae, Alstroemeriaceae, Bromeliaceae, Ericaceae, Melastomataceae, Poaceae, Polygalaceae y Rubiaceae con una especie respectivamente.

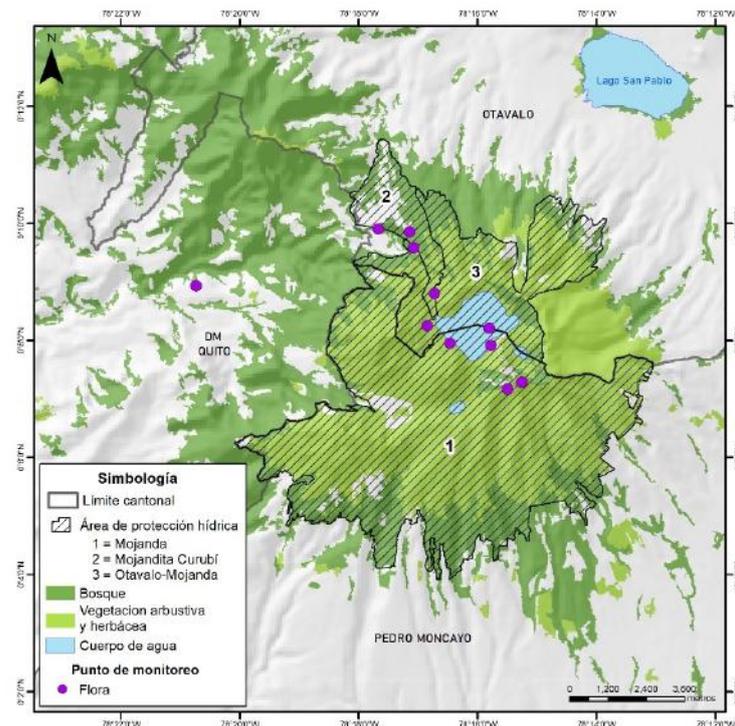


Figura 1. Mapa del Complejo Montañoso Mojanda, con puntos de muestreo de flora en color púrpura, delimitación de las áreas de protección hídrica y formaciones vegetales predominantes. Elaborado por Mateo Vega-Yáñez.



Figura 2. Panorámica del CMM, donde se pueden apreciar las diferentes formaciones vegetales: páramo, bosque montano alto, sistemas lacustres y sistema volcánico.



Figura 3. Especies representativas del Complejo Montañoso Mojanda: A. Asteraceae, *Mutisia microphylla* Willd. Ex DC. B. Ericaceae, *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm. C. Orchidaceae, *Stelis hylophila* Rchb. f. D. Melastomataceae, *Brachyotum lindenii* Cogn. E. Orchidaceae, *Lepanthes jamiesonii* Lindl. Ex Rchb. f. F. Melastomataceae, *Axinaea quitensis* Benoist. G. Rosaceae, *Rubus coriaceus* Poir.



Figura 4. Especies endémicas del Complejo Montañoso Mojanda: A. Bromeliaceae *Tillandsia polyantha* Mez & Sodiro. B. Lamiaceae *Aegiphila monticola* Moldenke. C. Asteraceae *Mutisia microcephala* Sodiro ex Cabrera. D.

Rubiaceae *Manettia pichinchensis* Wernham. E. Orchidaceae *Teagueia teaguei* (Luer) Luer. F. Campanulaceae *Centropogon dissectus* E. Wimm G. Passifloraceae *Passiflora jamesonii* (Mast.) Bailey.



1 *Saurauia bullosa* Wawra
ACTINIDIACEAE



2 *Saurauia bullosa* Wawra
ACTINIDIACEAE



3 *Bomarea glaucescens*
(Kunth) Baker
ALSTROEMERIACEAE



4 *Bomarea glaucescens*
(Kunth) Baker
ALSTROEMERIACEAE



5 *Bomarea hirsuta* (Kunth)
Herb.
ALSTROEMERIACEAE



6 *Bomarea hirsuta* (Kunth)
Herb.
ALSTROEMERIACEAE



7 *Bomarea patacocensis*
Herb.
ALSTROEMERIACEAE



8 *Bomarea patacocensis*
Herb.
ALSTROEMERIACEAE



9 *Azorella aretioides*
(Spreng.) Willd. ex DC.
APIACEAE



10 *Azorella aretioides*
(Spreng.) Willd. ex DC.
APIACEAE



11 *Azorella pedunculata*
(Spreng.) Mathias &
Constance
APIACEAE



12 *Azorella pedunculata*
(Spreng.) Mathias &
Constance
APIACEAE



13 *Eryngium humile* Cav.
APIACEAE



14 *Eryngium humile* Cav.
APIACEAE



15 *Hydrocotyle bonplandii* A.
Rich.
APIACEAE



16 *Hydrocotyle bonplandii*
A. Rich.
APIACEAE



17 *Otto oenanthoides*
Kunth
APIACEAE



18 *Otto oenanthoides*
Kunth
APIACEAE



19 *Ilex colombiana* Cuatrec.
AQUIFOLIACEAE



20 *Ilex colombiana* Cuatrec.
AQUIFOLIACEAE



21 *Ilex colombiana* Cuatrec.
AQUIFOLIACEAE



22 *Ilex myricoides* Kunth
AQUIFOLIACEAE



23 *Ilex myricoides* Kunth
AQUIFOLIACEAE



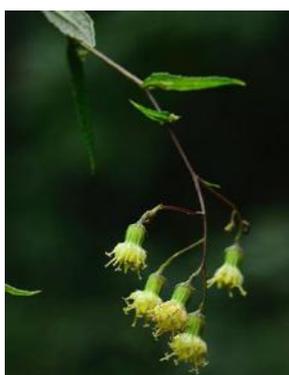
24 *Aetheolaena heterophylla*
(Turcz.) B. Nord.
ASTERACEAE



25 *Aetheolaena heterophylla*
(Turcz.) B. Nord.
ASTERACEAE



26 *Aetheolaena lingulata*
(Schltdl.) B. Nord.
ASTERACEAE



27 *Aetheolaena lingulata*
(Schltdl.) B. Nord.
ASTERACEAE



28 *Ageratina pseudochilca*
(Benth.) R.M. King &
H. Rob.
ASTERACEAE



29 *Ageratina pseudochilca*
(Benth.) R.M. King &
H. Rob.
ASTERACEAE



30 *Andicolea antisanensis*
Cuatrec.
ASTERACEAE



31 *Andicolea artisanensis*
Cuatrec.
ASTERACEAE



32 *Baccharis arbutifolia*
Vahl
ASTERACEAE



33 *Baccharis buxifolia*
(Lam.) Pers.
ASTERACEAE



34 *Baccharis buxifolia*
(Lam.) Pers.
ASTERACEAE



35 *Baccharis genistelloides*
(Lam.) Pers.
ASTERACEAE



36 *Baccharis genistelloides*
(Lam.) Pers.
ASTERACEAE



37 *Baccharis latifolia* (Ruiz
& Pav.) Pers.
ASTERACEAE



38 *Baccharis latifolia* (Ruiz
& Pav.) Pers.
ASTERACEAE



39 *Baccharis prunifolia*
Kunth
ASTERACEAE



40 *Baccharis prunifolia*
Kunth
ASTERACEAE



41 *Baccharis teindalensis*
Kunth
ASTERACEAE



42 *Baccharis teindalensis*
Kunth
ASTERACEAE



43 *Barnadesia spinosa* L. f.
ASTERACEAE



44 *Barnadesia spinosa* L. f.
ASTERACEAE



45 *Bidens andicola* Kunth
ASTERACEAE



46 *Bidens rubifolia* Kunth

ASTERACEAE



47 *Chuquiraga jussieui* J.F. Gmel.

ASTERACEAE



48 *Chuquiraga jussieui* J.F. Gmel.

ASTERACEAE



49 *Cirsium vulgare* (Savi) Ten.

ASTERACEAE



50 *Cronquistianthus pseudoriganoides* (Hieron.) R.M. King & H. Rob.

ASTERACEAE



51 *Cronquistianthus pseudoriganoides* (Hieron.) R.M. King & H. Rob.

ASTERACEAE



52 *Culcitium canescens* Bonpl.

ASTERACEAE



53 *Diplostephium ericoides* (Lam.) Cabrera

ASTERACEAE



54 *Diplostephium hartwegii* Hieron.

ASTERACEAE



55 *Diplostephium rupestre* (Kunth) Wedd.

ASTERACEAE



56 *Diplostephium spinulosum* Wedd.

ASTERACEAE



57 *Diplostephium spinulosum* Wedd.

ASTERACEAE



58 *Dorobaea pimpinellifolia* (Kunth) B. Nord.

ASTERACEAE



59 *Gamochaeta americana* (Mill.) Wedd.

ASTERACEAE



60 *Gynoxys parvifolia* Cuatrec.

ASTERACEAE



61 *Gynoxys parvifolia*
Cuatrec.
ASTERACEAE



62 *Hypochaeris sessiliflora*
Kunth
ASTERACEAE



63 *Hypochaeris setosa*
(Wedd.) Rusby
ASTERACEAE



64 *Lasiocephalus ovatus*
Schltdl.
ASTERACEAE



65 *Lasiocephalus ovatus*
Schltdl.
ASTERACEAE



66 *Llerasia hypoleuca*
(Turcz.) Cuatrec.
ASTERACEAE



67 *Llerasia hypoleuca*
(Turcz.) Cuatrec.
ASTERACEAE



68 *Monticalia andicola*
(Turcz.) C. Jeffrey
ASTERACEAE



69 *Monticalia andicola*
(Turcz.) C. Jeffrey
ASTERACEAE



70 *Monticalia arbutifolia*
(Kunth) C. Jeffrey
ASTERACEAE



71 *Monticalia peruviana*
(Pers.) C. Jeffrey
ASTERACEAE



72 *Monticalia peruviana*
(Pers.) C. Jeffrey
ASTERACEAE



73 *Mutisia grandiflora*
Bonpl.
ASTERACEAE



74 *Mutisia grandiflora*
Bonpl.
ASTERACEAE



75 *Mutisia microcephala*
Sodiño ex Cabrera
ASTERACEAE



76 *Mutisia microcephala*
Sodiño ex Cabrera
ASTERACEAE

77 *Mutisia microphylla* Willd.
ex DC.
ASTERACEAE

78 *Mutisia microphylla* Willd.
ex DC.
ASTERACEAE

79 *Oligactis coriacea* (Hieron.)
H. Rob. & Brettell
ASTERACEAE

80 *Oligactis coriacea* (Hieron.)
H. Rob. & Brettell
ASTERACEAE



81 *Oritrophium peruvianum*
(Lam.) Cuatrec.
ASTERACEAE

82 *Perezia pungens* (Bonpl.)
Less.
ASTERACEAE

83 *Plagiocheilus peduncularis*
(Kunth) Wedd.
ASTERACEAE

84 *Plagiocheilus peduncularis*
(Kunth) Wedd.
ASTERACEAE

85 *Senecio formosus* Kunth
ASTERACEAE



86 *Senecio formosus* Kunth
ASTERACEAE

87 *Senecio tephrosioides*
Turcz.
ASTERACEAE

88 *Senecio tephrosioides*
Turcz.
ASTERACEAE

89 *Sonchus oleraceus* L.
ASTERACEAE

90 *Sonchus oleraceus* L.
ASTERACEAE



91 *Viguiera quitensis* (Benth.) S.F. Blake
ASTERACEAE



92 *Werneria nubigena* Kunth
ASTERACEAE



93 *Werneria nubigena* Kunth
ASTERACEAE



94 *Xenophyllum humile* (Kunth) V.A. Funk
ASTERACEAE



95 *Xenophyllum humile* (Kunth) V.A. Funk
ASTERACEAE



96 *Corynaea crassa* Hook. f.
BALANOPHORACEAE



97 *Corynaea crassa* Hook. f.
BALANOPHORACEAE



98 *Berberis glauca* DC.
BERBERIDACEAE



99 *Berberis grandiflora* Turcz.
BERBERIDACEAE



100 *Berberis grandiflora* Turcz.
BERBERIDACEAE



101 *Berberis hallii* Hieron.
BERBERIDACEAE



102 *Berberis hallii* Hieron.
BERBERIDACEAE



103 *Berberis lutea* Ruiz & Pav.
BERBERIDACEAE



104 *Berberis lutea* Ruiz & Pav.
BERBERIDACEAE



105 *Berberis pichinchensis* Turcz.
BERBERIDACEAE



106 *Berberis pichinchensis*
Turcz.

BERBERIDACEAE



107 *Alnus acuminata* Kunth

BETULACEAE



108 *Alnus acuminata* Kunth

BETULACEAE



109 *Plagiobothrys linifolius*
(Willd. ex Lehm.) I.M.
Johnst.

BORAGINACEAE



110 *Plagiobothrys linifolius*
(Willd. ex Lehm.) I.M.
Johnst.

BORAGINACEAE



111 *Draba confertifolia*
Turcz.

BRASSICACEAE



112 *Draba confertifolia*
Turcz.

BRASSICACEAE



113 *Raphanus raphanistrum*
L.

BRASSICACEAE



114 *Raphanus raphanistrum*
L.

BRASSICACEAE



115 *Greigia* sp.

BROMELIACEAE



116 *Puya clava-herculis* Mez
& Sodiro

BROMELIACEAE



117 *Puya clava-herculis*
Mez & Sodiro

BROMELIACEAE



118 *Puya hamata* L.B. Sm.

BROMELIACEAE



119 *Puya hamata* L.B. Sm.

BROMELIACEAE



120 *Racinaea tetrantha* (Ruiz
& Pav.) M.A. Spencer &
L.B. Sm.

BROMELIACEAE



121 *Tillandsia complanata*
Benth.
BROMELIACEAE



122 *Tillandsia complanata*
Benth.
BROMELIACEAE



123 *Tillandsia polyantha* Mez
& Sodiro
BROMELIACEAE



124 *Tillandsia polyantha* Mez
& Sodiro
BROMELIACEAE



125 *Calceolaria crenata*
Lam.
CALCEOLARIACEAE



126 *Calceolaria crenata*
Lam.
CALCEOLARIACEAE



127 *Calceolaria hyssopifolia*
Kunth
CALCEOLARIACEAE



128 *Calceolaria hyssopifolia*
Kunth
CALCEOLARIACEAE



129 *Calceolaria mexicana*
Benth.
CALCEOLARIACEAE



130 *Calceolaria perfoliata*
L. f.
CALCEOLARIACEAE



131 *Calceolaria tripartita* Ruiz
& Pav.
CALCEOLARIACEAE



132 *Calceolaria tripartita*
Ruiz & Pav.
CALCEOLARIACEAE



133 *Centropogon dissectus* E.
Wimm.
CAMPANULACEAE



134 *Centropogon dissectus* E.
Wimm.
CAMPANULACEAE



135 *Centropogon erianthus*
(Benth.) Benth. & Hook.
f. ex Drake
CAMPANULACEAE



136 *Centropogon erianthus*
(Benth.) Benth. & Hook.
f. ex Drake
CAMPANULACEAE



137 *Centropogon glabrifilis*
(E. Wimm.) Jeppesen
CAMPANULACEAE



138 *Centropogon glabrifilis*
(E. Wimm.) Jeppesen
CAMPANULACEAE



139 *Siphocampylus giganteus*
(Cav.) G. Don
CAMPANULACEAE



140 *Siphocampylus rupestris*
E. Wimm.
CAMPANULACEAE



141 *Siphocampylus rupestris*
E. Wimm.
CAMPANULACEAE



142 *Valeriana adscendens*
Turcz.
CAPRIFOLIACEAE



143 *Valeriana adscendens*
Turcz.
CAPRIFOLIACEAE



144 *Valeriana laurifolia*
Kunth
CAPRIFOLIACEAE



145 *Valeriana laurifolia*
Kunth
CAPRIFOLIACEAE



146 *Valeriana microphylla*
Kunth
CAPRIFOLIACEAE



147 *Valeriana microphylla*
Kunth
CAPRIFOLIACEAE



148 *Valeriana plantaginea*
Kunth
CAPRIFOLIACEAE



149 *Valeriana plantaginea*
Kunth
CAPRIFOLIACEAE



150 *Valeriana rigida* Ruiz
& Pav.
CAPRIFOLIACEAE



151 *Valeriana rigida* Ruiz & Pav.
CAPRIFOLIACEAE



152 *Cerastium danguyi* J.F. Macbr.
CARYOPHYLLACEAE



153 *Cerastium danguyi* J.F. Macbr.
CARYOPHYLLACEAE



154 *Cerastium mollissimum* Poir.
CARYOPHYLLACEAE



155 *Cerastium mollissimum* Poir.
CARYOPHYLLACEAE



156 *Stellaria recurvata* Willd. ex D.F.K. Schldtl.
CARYOPHYLLACEAE



157 *Stellaria recurvata* Willd. ex D.F.K. Schldtl.
CARYOPHYLLACEAE



158 *Hedyosmum cumbalense* H. Karst.
CHLORANTHACEAE



159 *Columellia oblonga* Ruiz & Pav.
COLUMELLIACEAE



160 *Columellia oblonga* Ruiz & Pav.
COLUMELLIACEAE



161 *Coriaria ruscifolia* L.
CORIARIACEAE



162 *Coriaria ruscifolia* L.
CORIARIACEAE



163 *Echeveria quitensis* (Kunth) Lindl.
CRASSULACEAE



164 *Echeveria quitensis* (Kunth) Lindl.
CRASSULACEAE



165 *Weinmannia pinnata* L.
CUNONIACEAE



166 *Weinmannia pinnata* L.

CUNONIACEAE



167 *Carex lemnniana* Boott

CYPERACEAE



168 *Carex lemnniana* Boott

CYPERACEAE



169 *Rhynchospora vulcani*
Boeckeler

CYPERACEAE



170 *Rhynchospora vulcani*
Boeckeler

CYPERACEAE



171 *Dioscorea perenensis* R.
Knuth

DIOSCOREACEAE



172 *Dioscorea perenensis*
R. Knuth

DIOSCOREACEAE



173 *Vallea stipularis* L. f.

ELAEOCARPACEAE



174 *Vallea stipularis* L. f.

ELAEOCARPACEAE



175 *Cavendishia bracteata*
(Ruiz & Pav. ex J. St.-
Hil.) Hoerold

ERICACEAE



176 *Cavendishia bracteata*
(Ruiz & Pav. ex J. St.-
Hil.) Hoerold

ERICACEAE



177 *Disterigma codonanthum*
S.F. Blake

ERICACEAE



178 *Disterigma codonanthum*
S.F. Blake

ERICACEAE



179 *Disterigma empetrifo-*
lium (Kunth) Drude

ERICACEAE



180 *Disterigma empetrifo-*
lium (Kunth) Drude

ERICACEAE



181 *Gaultheria amoena* A.C. Sm.
ERICACEAE



182 *Gaultheria amoena* A.C. Sm.
ERICACEAE



183 *Gaultheria foliolosa* Benth.
ERICACEAE



184 *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer
ERICACEAE



185 *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer
ERICACEAE



186 *Gaultheria insipida* Benth.
ERICACEAE



187 *Gaultheria insipida* Benth.
ERICACEAE



188 *Gaultheria sclerophylla* Cuatrec.
ERICACEAE



189 *Macleania loeseneriana* Hoerold
ERICACEAE



190 *Macleania loeseneriana* Hoerold
ERICACEAE



191 *Macleania macrantha* Benth.
ERICACEAE



192 *Macleania macrantha* Benth.
ERICACEAE



193 *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm.
ERICACEAE



194 *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm.
ERICACEAE



195 *Pernettya prostrata* (Cav.) DC.
ERICACEAE



196 *Pernettya prostrata*
(Cav.) DC.
ERICACEAE



197 *Vaccinium floribundum*
Kunth
ERICACEAE



198 *Vaccinium floribundum*
Kunth
ERICACEAE



199 *Escallonia myrtilloides*
L. f.
ESCALLONIACEAE



200 *Escallonia myrtilloides*
L. f.
ESCALLONIACEAE



201 *Dalea coerulea* (L. f.)
Schinz & Thell.
FABACEAE



202 *Dalea coerulea* (L. f.)
Schinz & Thell.
FABACEAE



203 *Lupinus microphyllus*
Desr.
FABACEAE



204 *Lupinus microphyllus*
Desr.
FABACEAE



205 *Lupinus mutabilis* Sweet
FABACEAE



206 *Lupinus mutabilis* Sweet
FABACEAE



207 *Lupinus pubescens*
Benth.
FABACEAE



208 *Lupinus tauris* Benth.
FABACEAE



209 *Lupinus tauris* Benth.
FABACEAE



210 *Trifolium repens* L.
FABACEAE



211 *Trifolium repens* L.
FABACEAE



212 *Vicia setifolia* Kunth
FABACEAE



213 *Vicia setifolia* Kunth
FABACEAE



214 *Gentiana cerastioides* Kunth
GENTIANACEAE



215 *Gentiana cerastioides* Kunth
GENTIANACEAE



216 *Gentiana limoselloides* Kunth
GENTIANACEAE



217 *Gentiana limoselloides* Kunth
GENTIANACEAE



218 *Gentiana rapunculoides* Willd. ex Schult.
GENTIANACEAE



219 *Gentiana rapunculoides* Willd. ex Schult.
GENTIANACEAE



220 *Gentiana sedifolia* Kunth
GENTIANACEAE



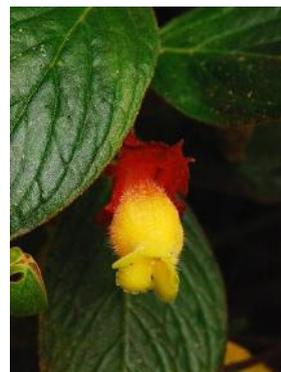
221 *Gentiana sedifolia* Kunth
GENTIANACEAE



222 *Halenia weddelliana* Gilg
GENTIANACEAE



223 *Columnea dielsi* Mansf.
GESNERIACEAE



224 *Columnea dielsi* Mansf.
GESNERIACEAE



225 *Heppiella repens* Hanst.
GESNERIACEAE



226 *Heppiella repens* Hanst.
GESNERIACEAE



227 *Heppiella ulmifolia*
(Kunth) Hanst.
GESNERIACEAE



228 *Heppiella ulmifolia*
(Kunth) Hanst.
GESNERIACEAE



229 *Heppiella verticillata*
(Cav.) Cuatrec.
GESNERIACEAE



230 *Heppiella verticillata*
(Cav.) Cuatrec.
GESNERIACEAE



231 *Ribes andicola* Jancz.
GROSSULARIACEAE



232 *Ribes andicola* Jancz.
GROSSULARIACEAE



233 *Ribes ecuadorensis* Jancz.
GROSSULARIACEAE



234 *Ribes ecuadorensis* Jancz.
GROSSULARIACEAE



235 *Ribes hirtum* Willd. ex
Roem. & Schult.
GROSSULARIACEAE



236 *Ribes hirtum* Willd. ex
Roem. & Schult.
GROSSULARIACEAE



237 *Gunnera magellanica*
Lam.
GUNNERACEAE



238 *Gunnera magellanica*
Lam.
GUNNERACEAE



239 *Hypericum lancoides*
Cuatrec.
HYPERICACEAE



240 *Hypericum lancoides*
Cuatrec.
HYPERICACEAE



241 *Hypericum laricifolium*
Juss.
HYPERICACEAE



242 *Hypericum laricifolium*
Juss.
HYPERICACEAE



243 *Hypericum ruscooides*
Cuatrec.
HYPERICACEAE



244 *Hypericum ruscooides*
Cuatrec.
HYPERICACEAE



245 *Hypericum sprucei* N.
Robson
HYPERICACEAE



246 *Sisyrinchium pusillum*
Kunth
IRIDACEAE



247 *Sisyrinchium pusillum*
Kunth
IRIDACEAE



248 *Aegiphila bogotensis*
(Spreng.) Moldenke
LAMIACEAE



249 *Aegiphila bogotensis*
(Spreng.) Moldenke
LAMIACEAE



250 *Aegiphila monticola*
Moldenke
LAMIACEAE



251 *Aegiphila monticola*
Moldenke
LAMIACEAE



252 *Clinopodium fasciculatum*
(Benth.) Govaerts
LAMIACEAE



253 *Clinopodium fasciculatum*
(Benth.) Govaerts
LAMIACEAE



254 *Clinopodium nubigenum*
(Kunth) Kuntze
LAMIACEAE



255 *Salvia pichinchensis*
Benth.
LAMIACEAE



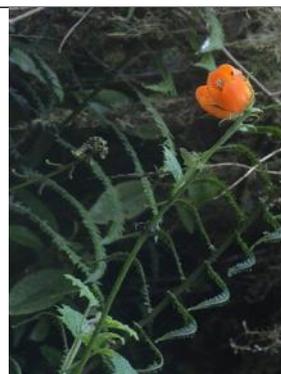
256 *Salvia pichinchensis*
Benth.
LAMIACEAE



257 *Stachys elliptica* Kunth
LAMIACEAE



258 *Stachys elliptica* Kunth
LAMIACEAE



259 *Nasa grandiflora* (Desr.)
Weigend
LOASACEAE



260 *Nasa grandiflora* (Desr.)
Weigend
LOASACEAE



261 *Tristerix longibracteatus*
(Desr.) Barlow & Wiens
LORANTHACEAE



262 *Tristerix longibracteatus*
(Desr.) Barlow & Wiens
LORANTHACEAE



263 *Cuphea carthagenensis*
(Jacq.) J.F. Macbr.
LYTHRACEAE



264 *Axinaea quitensis* Benoist
MELASTOMATACEAE



265 *Brachyotum ledifolium*
(Desr.) Triana
MELASTOMATACEAE



266 *Brachyotum ledifolium*
(Desr.) Triana
MELASTOMATACEAE



267 *Brachyotum lindenii*
Cogn.
MELASTOMATACEAE



268 *Brachyotum lindenii*
Cogn.
MELASTOMATACEAE



269 *Miconia bracteolata*
(Bonpl.) DC.
MELASTOMATACEAE



270 *Miconia bracteolata*
(Bonpl.) DC.
MELASTOMATACEAE



271 *Miconia corymbiformis* Cogn.
MELASTOMATACEAE



272 *Miconia corymbiformis* Cogn.
MELASTOMATACEAE



273 *Miconia crocea* (Desr.) Naudin
MELASTOMATACEAE



274 *Miconia crocea* (Desr.) Naudin
MELASTOMATACEAE



275 *Miconia harlingii* Wurdack
MELASTOMATACEAE



276 *Miconia corymbiformis* Cogn.
MELASTOMATACEAE



277 *Miconia corymbiformis* Cogn.
MELASTOMATACEAE



278 *Miconia crocea* (Desr.) Naudin
MELASTOMATACEAE



279 *Miconia crocea* (Desr.) Naudin
MELASTOMATACEAE



280 *Miconia harlingii* Wurdack
MELASTOMATACEAE



281 *Miconia papillosa* (Desr.) Naudin
MELASTOMATACEAE



282 *Monochaetum hartwegianum* Naudin
MELASTOMATACEAE



283 *Monochaetum hartwegianum* Naudin
MELASTOMATACEAE



284 *Morella pubescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur
MYRICACEAE



285 *Morella pubescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur
MYRICACEAE



286 *Epilobium denticulatum*
Ruiz & Pav.
ONAGRACEAE



287 *Epilobium denticulatum*
Ruiz & Pav.
ONAGRACEAE



288 *Fuchsia ayavacensis*
Kunth
ONAGRACEAE



289 *Fuchsia ayavacensis*
Kunth
ONAGRACEAE



290 *Fuchsia boliviana* Carrière
ONAGRACEAE



291 *Fuchsia corollata* Benth.
ONAGRACEAE



292 *Fuchsia dependens*
Hook.
ONAGRACEAE



293 *Fuchsia harlingii* Munz
ONAGRACEAE



294 *Fuchsia vulcanica* André
ONAGRACEAE



295 *Fuchsia vulcanica* André
ONAGRACEAE



296 *Oenothera epilobiifolia*
Kunth
ONAGRACEAE



297 *Oenothera epilobiifolia*
Kunth
ONAGRACEAE



298 *Aa denticulatae* Schltr.
ORCHIDACEAE



299 *Aa denticulatae* Schltr.
ORCHIDACEAE



300 *Aa paleacea* (Kunth)
Rchb. f.
ORCHIDACEAE



301 *Aa paleacea* (Kunth)
Rchb. f.
ORCHIDACEAE



302 *Altensteinia fimbriata*
Kunth
ORCHIDACEAE



303 *Altensteinia fimbriata*
Kunth
ORCHIDACEAE



304 *Altensteinia virescens*
Lindl.
ORCHIDACEAE



305 *Altensteinia virescens*
Lindl.
ORCHIDACEAE



306 *Andinia ibex* (Luer) Prid-
geon & M.W. Chase
ORCHIDACEAE



307 *Andinia pensilis* (Schl-
tr.) Luer
ORCHIDACEAE



308 *Andinia pensilis* (Schltr.)
Luer
ORCHIDACEAE



309 *Brachionidium tetrapeta-
lum* (F. Lehm. & Kraen-
zl.) Schltr.
ORCHIDACEAE



310 *Brachionidium tetra-
petalum* (F. Lehm. &
Kraenzl.) Schltr.
ORCHIDACEAE



311 *Caucaea cucullata*
(Lindl.) N.H. Williams &
M.W. Chase
ORCHIDACEAE



312 *Caucaea cucullatae*
(Lindl.) N.H. Williams
& M.W. Chase
ORCHIDACEAE



313 *Cranichis ciliate* Kunth
ORCHIDACEAE



314 *Cranichis ciliatae* Kunth
ORCHIDACEAE



315 *Cranichis lehmanniana*
(Kraenzl.) L.O. Williams
ORCHIDACEAE



316 *Cranichis lehmanniana*
(Kraenzl.) L.O. Williams
ORCHIDACEAE



317 *Cranichis lehmanniana*
(Kraenzl.) L.O. Williams
ORCHIDACEAE



318 *Cyrtochilum angustatum*
(Lindl.) Dalström
ORCHIDACEAE



319 *Cyrtochilum angustatum*
(Lindl.) Dalström
ORCHIDACEAE



320 *Cyrtochilum pardinum*
Lindl.
ORCHIDACEAE



321 *Cyrtochilum pardinum*
Lindl.
ORCHIDACEAE



322 *Dryadella simula* (Rchb.
f.) Luer
ORCHIDACEAE



323 *Elleanthus aurantiacus*
(Lindl.) Rchb. f.
ORCHIDACEAE



324 *Elleanthus aurantiacus*
(Lindl.) Rchb. f.
ORCHIDACEAE



325 *Elleanthus aurantiacus*
(Lindl.) Rchb. f.
ORCHIDACEAE



326 *Epidendrum fimbriatum*
Kunth
ORCHIDACEAE



327 *Epidendrum fimbriatum*
Kunth
ORCHIDACEAE



328 *Epidendrum frutex*
Rchb. f.
ORCHIDACEAE



329 *Epidendrum frutex*
Rchb. f.
ORCHIDACEAE



330 *Epidendrum gratissimum*
(Rchb. f.) Hágsater &
Dodson
ORCHIDACEAE



331 *Epidendrum mesogastropodium* Hágsater & Dodson
ORCHIDACEAE



332 *Epidendrum mojanadae* Schltr.
ORCHIDACEAE



333 *Epidendrum renilabium* Schltr.
ORCHIDACEAE



334 *Epidendrum renilabium* Schltr.
ORCHIDACEAE



335 *Epidendrum rupestre* Lindl.
ORCHIDACEAE



336 *Epidendrum torquatum* Lindl.
ORCHIDACEAE



337 *Epidendrum torquatum* Lindl.
ORCHIDACEAE



338 *Fernandezia crystallina* (Lindl.) M.W. Chase
ORCHIDACEAE



339 *Fernandezia crystallina* (Lindl.) M.W. Chase
ORCHIDACEAE



340 *Gomphichis caucana* Schltr.
ORCHIDACEAE



341 *Gomphichis caucana* Schltr.
ORCHIDACEAE



342 *Gomphichis goodyeroides* Lindl.
ORCHIDACEAE



343 *Lepanthes elegantula* Schltr.
ORCHIDACEAE



344 *Lepanthes jamiesonii* Lindl. ex Rehb. f.
ORCHIDACEAE



345 *Lepanthes monopectera* Lindl.
ORCHIDACEAE



346 *Lepanthes mucronata*
Lindl.
ORCHIDACEAE



347 *Malaxis andicola*
(Ridl.) Kuntze
ORCHIDACEAE



348 *Malaxis andicola* (Ridl.)
Kuntze
ORCHIDACEAE



349 *Malaxis excavata*
(Lindl.) Kuntze
ORCHIDACEAE



350 *Oncidium cultratum*
Lindl.
ORCHIDACEAE



351 *Oncidium cultratum*
Lindl.
ORCHIDACEAE



352 *Pleurothallis grandiflora*
Lindl.
ORCHIDACEAE



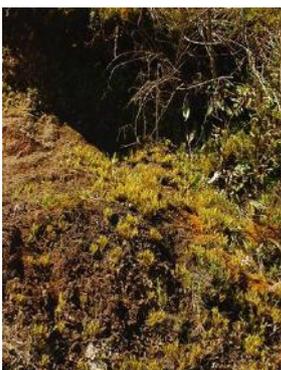
353 *Pleurothallis inaequalis*
Lindl.
ORCHIDACEAE



354 *Stelis hylophila* Rehb. f.
ORCHIDACEAE



355 *Stelis lamellata* Lindl.
ORCHIDACEAE



356 *Stelis pusilla* Kunth
ORCHIDACEAE



357 *Stelis pusilla* Kunth
ORCHIDACEAE



358 *Stelis sagittata* Zambrano
& Solano
ORCHIDACEAE



359 *Stelis* sp.
ORCHIDACEAE



360 *Teagueia teaguei* (Luer)
Luer
ORCHIDACEAE



361 *Bartsia laticrenata*
Benth.
OROBANCHACEAE



362 *Bartsia laticrenata*
Benth.
OROBANCHACEAE



363 *Bartsia orthocarpiflora*
Benth.
OROBANCHACEAE



364 *Castilleja fissifolia* L. f.
OROBANCHACEAE



365 *Castilleja fissifolia* L. f.
OROBANCHACEAE



366 *Lamourouxia virgata*
Kunth
OROBANCHACEAE



367 *Lamourouxia virgata*
Kunth
OROBANCHACEAE



368 *Oxalis lotoides* Kunth
OXALIDACEAE



369 *Oxalis lotoides* Kunth
OXALIDACEAE



370 *Passiflora bauhinifolia*
Kunth
PASSIFLORACEAE



371 *Passiflora bauhinifolia*
Kunth
PASSIFLORACEAE



372 *Passiflora coactilis*
(Mast.) Killip
PASSIFLORACEAE



373 *Passiflora coactilis*
(Mast.) Killip
PASSIFLORACEAE



374 *Passiflora cumbalensis*
(H. Karst.) Harms
PASSIFLORACEAE



375 *Passiflora cumbalensis*
(H. Karst.) Harms
PASSIFLORACEAE



376 *Passiflora jamesonii*
(Mast.) Bailey
PASSIFLORACEAE



377 *Passiflora jamesonii*
(Mast.) Bailey
PASSIFLORACEAE



378 *Passiflora mixta* L. f.
PASSIFLORACEAE



379 *Phytolacca bogotensis*
Kunth
PHYTOLACCACEAE



380 *Phytolacca bogotensis*
Kunth
PHYTOLACCACEAE



381 *Peperomia hartwegiana*
Miq.
PIPERACEAE



382 *Peperomia saligna*
Kunth
PIPERACEAE



383 *Peperomia saligna* Kunth
PIPERACEAE



384 *Piper rugulosum* C. DC.
PIPERACEAE



385 *Ourisia chamaedrifolia*
Benth.
PLANTAGINACEAE



386 *Ourisia chamaedrifolia*
Benth.
PLANTAGINACEAE



387 *Plantago australis*
Lam.
PLANTAGINACEAE



388 *Plantago australis* Lam.
PLANTAGINACEAE



389 *Plantago linearis* Kunth
PLANTAGINACEAE



390 *Plantago rigida* Kunth
PLANTAGINACEAE



391 *Plantago rigida* Kunth

PLANTAGINACEAE



392 *Sibthorpia repens* (L.) Kuntze

PLANTAGINACEAE



393 *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud.

POACEAE



394 *Cortaderia nitida* (Kunth) Pilg.

POACEAE



395 *Monnina equatoriensis* Chodat

POLYGALACEAE



396 *Monnina equatoriensis* Chodat

POLYGALACEAE



397 *Monnina crassifolia* (Bonpl.) Kunth

POLYGALACEAE



398 *Monnina crassifolia* (Bonpl.) Kunth

POLYGALACEAE



399 *Muehlenbeckia tamnifolia* (Kunth) Meisn.

POLYGONACEAE



400 *Muehlenbeckia tamnifolia* (Kunth) Meisn.

POLYGONACEAE



401 *Rumex acetosella* L.

POLYGONACEAE



402 *Clematis haenkeana* C. Presl

RANUNCULACEAE



403 *Ranunculus cymbalaria* Pursh

RANUNCULACEAE



404 *Ranunculus cymbalaria* Pursh

RANUNCULACEAE



405 *Ranunculus geranioides* Kunth ex DC.

RANUNCULACEAE



406 *Ranunculus geranioides*
Kunth ex DC.
RANUNCULACEAE



407 *Ranunculus peruvianus*
Pers.
RANUNCULACEAE



408 *Ranunculus peruvianus*
Pers.
RANUNCULACEAE



409 *Ranunculus praemorsus*
Kunth ex DC.
RANUNCULACEAE



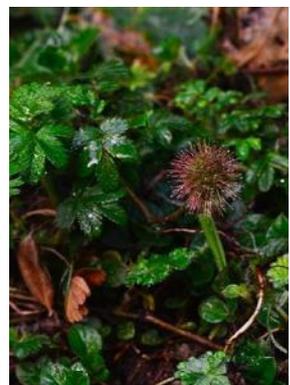
410 *Ranunculus praemorsus*
Kunth ex DC.
RANUNCULACEAE



411 *Acaena elongatae* L.
ROSACEAE



412 *Acaena elongatae* L.
ROSACEAE



413 *Acaena ovalifolia* Ruiz
& Pav.
ROSACEAE



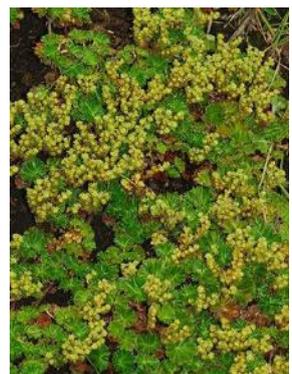
414 *Acaena ovalifolia* Ruiz
& Pav.
ROSACEAE



415 *Lachemilla aphanoides*
(Mutis ex L. f.) Rothm.
ROSACEAE



416 *Lachemilla nivalis*
(Kunth) Rothm.
ROSACEAE



417 *Lachemilla orbiculata*
(Ruiz & Pav.) Rydb.
ROSACEAE



418 *Lachemilla orbiculata*
(Ruiz & Pav.) Rydb.
ROSACEAE



419 *Polylepis incana* Kunth
ROSACEAE



420 *Polylepis incana* Kunth
ROSACEAE



421 *Polylepis pauta* Hieron.
ROSACEAE



422 *Polylepis pauta* Hieron.
ROSACEAE



423 *Rubus bogotensis* Kunth
ROSACEAE



424 *Rubus bogotensis* Kunth
ROSACEAE



425 *Rubus coriaceus* Poir.
ROSACEAE



426 *Rubus coriaceus* Poir.
ROSACEAE



427 *Rubus glabratus* Kunth
ROSACEAE



428 *Rubus roseus* Poir.
ROSACEAE



429 *Rubus roseus* Poir.
ROSACEAE



430 *Arcytophyllum aristatum*
Standl.
RUBIACEAE



431 *Arcytophyllum setosum*
(Ruiz & Pav.) Schtdl.
RUBIACEAE



432 *Arcytophyllum setosum*
(Ruiz & Pav.) Schtdl.
RUBIACEAE



433 *Arcytophyllum thymifolium*
(Ruiz & Pav.) Standl.
RUBIACEAE



434 *Arcytophyllum thymifolium*
(Ruiz & Pav.) Standl.
RUBIACEAE



435 *Manettia pichinchensis*
Wernham
RUBIACEAE



436 *Manettia pichinchensis*
Wernham
RUBIACEAE



437 *Nertera granadensis* (Mutis ex L. f.) Druce
RUBIACEAE



438 *Palicourea amethystinae*
(Ruiz & Pav.) DC.
RUBIACEAE



439 *Buddleja pichinchensis*
Kunth
SCROPHULARIACEAE



440 *Buddleja pichinchensis*
Kunth
SCROPHULARIACEAE



441 *Brugmansia sanguinea*
(Ruiz & Pav.) D. Don
SOLANACEAE



442 *Brugmansia sanguinea*
(Ruiz & Pav.) D. Don
SOLANACEAE



443 *Dunalia* sp.
SOLANACEAE



444 *Jaltomata viridiflora*
(Kunth) M. Nee & Mione
SOLANACEAE



445 *Jaltomata viridiflora* (Kunth) M. Nee & Mione
SOLANACEAE



446 *Saracha punctata* Ruiz & Pav.
SOLANACEAE



447 *Saracha quitensis* (Hook.) Miers
SOLANACEAE



448 *Sessea vestita* (Hook.) Miers
SOLANACEAE



449 *Solanum asperolanatum*
Ruiz & Pav.
SOLANACEAE



450 *Solanum brevifolium* Dunal
SOLANACEAE



451 *Solanum brevifolium* Dunal
SOLANACEAE



452 *Solanum nigrescens* M.
Martens & Galeotti
SOLANACEAE



453 *Solanum nigrescens* M.
Martens & Galeotti
SOLANACEAE



454 *Solanum stenophyllum*
Dunal
SOLANACEAE



455 *Solanum stenophyllum*
Dunal
SOLANACEAE



456 *Symplocos fimbriata* B.
Stähl
SYMPLOCACEAE



457 *Symplocos fimbriata* B.
Stähl
SYMPLOCACEAE



458 *Tropaeolum adpressum*
Hughes
TROPAEOLACEAE



459 *Tropaeolum adpressum*
Hughes
TROPAEOLACEAE



460 *Tropaeolum tuberosum*
Ruiz & Pav.
TROPAEOLACEAE



461 *Tropaeolum tuberosum*
Ruiz & Pav.
TROPAEOLACEAE



462 *Viburnum pichinchense*
Benth.
VIBURNACEAE



463 *Viburnum pichinchense*
Benth.
VIBURNACEAE



464 *Viola dombeyana* DC.
VIOLACEAE



465 *Viola dombeyana* DC.
VIOLACEAE



Tabla 1. Listado de especies

Nº	Familia	Especie
1-2	Actinidiaceae	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra
3-4	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea glaucescens</i> (Kunth) Baker
5-6	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea hirsuta</i> (Kunth) Herb.
7-8	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea patacocensis</i> Herb.
9-10	Apiaceae	<i>Azorella aretioides</i> (Spreng.) Willd. ex DC.
11-12	Apiaceae	<i>Azorella pedunculata</i> (Spreng.) Mathias & Constance
13-14	Apiaceae	<i>Eryngium humile</i> Cav.
15-16	Apiaceae	<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A. Rich.
17-18	Apiaceae	<i>Otoa oenanthoides</i> Kunth
19-20-21	Aquifoliaceae	<i>Ilex colombiana</i> Cuatrec.
22-23	Aquifoliaceae	<i>Ilex myricoides</i> Kunth
24-25	Asteraceae	<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.
26-27	Asteraceae	<i>Aetheolaena lingulata</i> (Schltdl.) B. Nord.
28-29	Asteraceae	<i>Ageratina pseudochilca</i> (Benth.) R.M. King & H. Rob.
30-31	Asteraceae	<i>Andicola antisanensis</i> Cuatrec.
32	Asteraceae	<i>Baccharis arbutifolia</i> Vahl
33-34	Asteraceae	<i>Baccharis buxifolia</i> (Lam.) Pers.
35-36	Asteraceae	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.
37-38	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.
39-40	Asteraceae	<i>Baccharis prunifolia</i> Kunth
41-42	Asteraceae	<i>Baccharis teindalensis</i> Kunth
43-44	Asteraceae	<i>Barnadesia spinosa</i> L. f.
45	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i> Kunth
46	Asteraceae	<i>Bidens rubifolia</i> Kunth
47-48	Asteraceae	<i>Chuiraga jussieui</i> J.F. Gmel.
49	Asteraceae	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.
50-51	Asteraceae	<i>Cronquistianthus pseudooriganoides</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob.
52	Asteraceae	<i>Culcitium canescens</i> Bonpl.
53	Asteraceae	<i>Diplostephium ericoides</i> (Lam.) Cabrera
54	Asteraceae	<i>Diplostephium hartwegii</i> Hieron.
55	Asteraceae	<i>Diplostephium rupestre</i> (Kunth) Wedd.
56-57	Asteraceae	<i>Diplostephium spinulosum</i> Wedd.
58	Asteraceae	<i>Dorobaea pimpinellifolia</i> (Kunth) B. Nord.
59	Asteraceae	<i>Gamochoeta americana</i> (Mill.) Wedd.
60-61	Asteraceae	<i>Gynoxys parvifolia</i> Cuatrec.
62	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth
63	Asteraceae	<i>Hypochaeris setosa</i> (Wedd.) Rusby
64-65	Asteraceae	<i>Lasiocephalus ovatus</i> Schltdl.
66-67	Asteraceae	<i>Llerasia hypoleuca</i> (Turcz.) Cuatrec.
68-69	Asteraceae	<i>Monticalia andicola</i> (Turcz.) C. Jeffrey

N°	Familia	Especie
70	Asteraceae	<i>Monticalia arbutifolia</i> (Kunth) C. Jeffrey
71-72	Asteraceae	<i>Monticalia peruviana</i> (Pers.) C. Jeffrey
73-74	Asteraceae	<i>Mutisia grandiflora</i> Bonpl.
75-76	Asteraceae	<i>Mutisia microcephala</i> Sodiro ex Cabrera
77-78	Asteraceae	<i>Mutisia microphylla</i> Willd. ex DC.
79-80	Asteraceae	<i>Oligactis coriácea</i> (Hieron.) H. Rob & Brettell
81	Asteraceae	<i>Oritrophium peruvianum</i> (Lam.) Cuatrec.
82	Asteraceae	<i>Perezia pungens</i> (Bonpl.) Less.
83-84	Asteraceae	<i>Plagiocheilus peduncularis</i> (Kunth) Wedd.
85-86	Asteraceae	<i>Senecio formosus</i> Kunth
87-88	Asteraceae	<i>Senecio tephrosioides</i> Turcz.
89-90	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
91	Asteraceae	<i>Viguiera quitensis</i> (Benth.) S.F. Blake
92-93	Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i> Kunth
94-95	Asteraceae	<i>Xenophyllum humile</i> (Kunth) V.A. Funk
96-97	Balanophoraceae	<i>Corynaea crassa</i> Hook. f.
98	Berberidaceae	<i>Berberis glauca</i> DC.
99-100	Berberidaceae	<i>Berberis grandiflora</i> Turcz.
101-102	Berberidaceae	<i>Berberis hallii</i> Hieron.
103-104	Berberidaceae	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.
105-106	Berberidaceae	<i>Berberis pichinchensis</i> Turcz.
107-108	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth
109-110	Boraginaceae	<i>Plagiobothrys linifolius</i> (Willd. ex Lehm.) I.M. Johnst.
111-112	Brassicaceae	<i>Draba confertifolia</i> Turcz.
113-114	Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.
115	Bromeliaceae	<i>Greigia</i> sp.
116-117	Bromeliaceae	<i>Puya clava-herculis</i> Mez & Sodiro
118-119	Bromeliaceae	<i>Puya hamata</i> L.B. Sm.
120	Bromeliaceae	<i>Racinaea tetrantha</i> (Ruiz & Pav.) M.A. Spencer & L.B. Sm.
121-122	Bromeliaceae	<i>Tillandsia complanata</i> Benth.
123-124	Bromeliaceae	<i>Tillandsia polyantha</i> Mez & Sodiro
125-126	Calceolariaceae	<i>Calceolaria crenata</i> Lam.
127-128	Calceolariaceae	<i>Calceolaria hyssopifolia</i> Kunth
129	Calceolariaceae	<i>Calceolaria mexicana</i> Benth.
130	Calceolariaceae	<i>Calceolaria perfoliata</i> L. f.
131-132	Calceolariaceae	<i>Calceolaria tripartita</i> Ruiz & Pav.
133-134	Campanulaceae	<i>Centropogon dissectus</i> E. Wimm.
135-136	Campanulaceae	<i>Centropogon erianthus</i> (Benth.) Benth. & Hook. f. ex Drake
137-138	Campanulaceae	<i>Centropogon glabrifilis</i> (E. Wimm.) Jeppesen
139	Campanulaceae	<i>Siphocampylus giganteus</i> (Cav.) G. Don
140-141	Campanulaceae	<i>Siphocampylus rupestris</i> E. Wimm.



Nº	Familia	Especie
142-143	Caprifoliaceae	<i>Valeriana adscendens</i> Turcz.
144-145	Caprifoliaceae	<i>Valeriana laurifolia</i> Kunth
146-147	Caprifoliaceae	<i>Valeriana microphylla</i> Kunth
148-149	Caprifoliaceae	<i>Valeriana plantaginea</i> Kunth
150-151	Caprifoliaceae	<i>Valeriana rigida</i> Ruiz & Pav.
152-153	Caryophyllaceae	<i>Cerastium danguyi</i> J.F. Macbr.
154-155	Caryophyllaceae	<i>Cerastium mollissimum</i> Poir.
156-157	Caryophyllaceae	<i>Stellaria recurvata</i> Willd. ex D.F.K. Schtdl.
158	Chloranthaceae	<i>Hedyosmum cumbalense</i> H. Karst.
159-160	Columelliaceae	<i>Columellia oblonga</i> Ruiz & Pav.
161-162	Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia</i> L.
163-164	Crassulaceae	<i>Echeveria quitensis</i> (Kunth) Lindl.
165-166	Cunoniaceae	<i>Weinmannia pinnata</i> L.
167-168	Cyperaceae	<i>Carex lemnniana</i> Boott
169-170	Cyperaceae	<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler
171-172	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea perenensis</i> R. Knuth
173-174	Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i> L. f.
175-176	Ericaceae	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold
177-178	Ericaceae	<i>Disterigma codonanthum</i> S.F. Blake
179-180	Ericaceae	<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Drude
181-182	Ericaceae	<i>Gaultheria amoena</i> A.C. Sm.
183	Ericaceae	<i>Gaultheria foliolosa</i> Benth.
184-185	Ericaceae	<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer
186-187	Ericaceae	<i>Gaultheria insipida</i> Benth.
188	Ericaceae	<i>Gaultheria sclerophylla</i> Cuatrec.
189-190	Ericaceae	<i>Macleania loeseneriana</i> Hoerold
191-192	Ericaceae	<i>Macleania macrantha</i> Benth.
193-194	Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm.
195-196	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.
197-198	Ericaceae	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth
199-200	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.
201-202	Fabaceae	<i>Dalea coerulea</i> (L. f.) Schinz & Thell.
203-204	Fabaceae	<i>Lupinus microphyllus</i> Desr.
205-206	Fabaceae	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet
207	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i> Benth.
208-209	Fabaceae	<i>Lupinus tauris</i> Benth.
210-211	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.
212-213	Fabaceae	<i>Vicia setifolia</i> Kunth
214-215	Gentianaceae	<i>Gentiana cerastioides</i> Kunth
216-217	Gentianaceae	<i>Gentiana limoselloides</i> Kunth
218-219	Gentianaceae	<i>Gentiana rapunculoides</i> Willd. ex Schult.

N°	Familia	Especie
220-221	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth
222	Gentianaceae	<i>Halenia weddelliana</i> Gilg
223-224	Gesneriaceae	<i>Columnnea dielsii</i> Mansf.
225-226	Gesneriaceae	<i>Heppiella repens</i> Hanst.
227-228	Gesneriaceae	<i>Heppiella ulmifolia</i> (Kunth) Hanst.
229-230	Gesneriaceae	<i>Heppiella verticillata</i> (Cav.) Cuatrec.
231-232	Grossulariaceae	<i>Ribes andicola</i> Jancz.
233-234	Grossulariaceae	<i>Ribes ecuadorensis</i> Jancz.
235-236	Grossulariaceae	<i>Ribes hirtum</i> Willd. ex Roem. & Schult.
237-238	Gunneraceae	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.
239-240	Hypericaceae	<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.
241-242	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.
243-244	Hypericaceae	<i>Hypericum ruscooides</i> Cuatrec.
245	Hypericaceae	<i>Hypericum sprucei</i> N. Robson
246-247	Iridaceae	<i>Sisyrinchium pusillum</i> Kunth
248-249	Lamiaceae	<i>Aegiphila bogotensis</i> (Spreng.) Moldenke
250-251	Lamiaceae	<i>Aegiphila monticola</i> Moldenke
252-253	Lamiaceae	<i>Clinopodium fasciculatum</i> (Benth.) Govaerts
254	Lamiaceae	<i>Clinopodium nubigenum</i> (Kunth) Kuntze
255-256	Lamiaceae	<i>Salvia pichinchensis</i> Benth.
257-258	Lamiaceae	<i>Stachys elliptica</i> Kunth
259-260	Loasaceae	<i>Nasa grandiflora</i> (Desr.) Weigend
261-262	Loranthaceae	<i>Tristerix longebracteatus</i> (Desr.) Barlow & Wiens
263	Lythraceae	<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.F. Macbr.
264	Melastomataceae	<i>Axinaea quitensis</i> Benoist
265-266	Melastomataceae	<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana
267-268	Melastomataceae	<i>Brachyotum lindenii</i> Cogn.
269-270	Melastomataceae	<i>Miconia bracteolata</i> (Bonpl.) DC.
271-272	Melastomataceae	<i>Miconia corymbiformis</i> Cogn.
273-274	Melastomataceae	<i>Miconia crocea</i> (Desr.) Naudin
275-276	Melastomataceae	<i>Miconia harlingii</i> Wurdack
277	Melastomataceae	<i>Miconia latifolia</i> (D. Don) Naudin
278-279	Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana
280-281	Melastomataceae	<i>Miconia papillosa</i> (Desr.) Naudin
282-283	Melastomataceae	<i>Monochaetum hartwegianum</i> Naudin
284-285	Myricaceae	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur
286-287	Onagraceae	<i>Epilobium denticulatum</i> Ruiz & Pav.
288-289	Onagraceae	<i>Fuchsia ayavacensis</i> Kunth
290	Onagraceae	<i>Fuchsia boliviana</i> Carrière
291	Onagraceae	<i>Fuchsia corollata</i> Benth.
292	Onagraceae	<i>Fuchsia dependens</i> Hook.



Nº	Familia	Especie
293	Onagraceae	<i>Fuchsia harlingii</i> Munz
294-295	Onagraceae	<i>Fuchsia vulcanica</i> André
296-297	Onagraceae	<i>Oenothera epilobiifolia</i> Kunth
298-299	Orchidaceae	<i>Aa denticulata</i> Schltr.
300-301	Orchidaceae	<i>Aa paleacea</i> (Kunth) Rchb. f.
302-303	Orchidaceae	<i>Altensteinia fimbriata</i> Kunth
304-305	Orchidaceae	<i>Altensteinia virescens</i> Lindl.
306	Orchidaceae	<i>Andinia dielsii</i> (Mansf.) Luer
307	Orchidaceae	<i>Andinia ibex</i> (Luer) Pridgeon & M.W. Chase
308	Orchidaceae	<i>Andinia pensilis</i> (Schltr.) Luer
309-310	Orchidaceae	<i>Brachionidium tetrapetalum</i> (F. Lehm. & Kraenzl.) Schltr.
311-312	Orchidaceae	<i>Caucaea cucullata</i> (Lindl.) N.H. Williams & M.W. Chase
313-314	Orchidaceae	<i>Cranichis ciliata</i> Kunth
315-317	Orchidaceae	<i>Cranichis lehmanniana</i> (Kraenzl.) L.O. Williams
318-319	Orchidaceae	<i>Cyrtochilum angustatum</i> (Lindl.) Dalström
320-321	Orchidaceae	<i>Cyrtochilum pardinum</i> Lindl.
322	Orchidaceae	<i>Dryadella simula</i> (Rchb. f.) Luer
323-325	Orchidaceae	<i>Elleanthus aurantiacus</i> (Lindl.) Rchb. f.
326-327	Orchidaceae	<i>Epidendrum fimbriatum</i> Kunth
328-329	Orchidaceae	<i>Epidendrum frutex</i> Rchb. f.
330	Orchidaceae	<i>Epidendrum gratissimum</i> (Rchb. f.) Hágsater & Dodson
331	Orchidaceae	<i>Epidendrum mesogastropodium</i> Hágsater & Dodson
332	Orchidaceae	<i>Epidendrum mojandae</i> Schltr.
333-334	Orchidaceae	<i>Epidendrum renilabium</i> Schltr.
335	Orchidaceae	<i>Epidendrum rupestre</i> Lindl.
336-337	Orchidaceae	<i>Epidendrum torquatum</i> Lindl.
338-339	Orchidaceae	<i>Fernandezia crystallina</i> (Lindl.) M.W. Chase
340-341	Orchidaceae	<i>Gomphichis caucana</i> Schltr.
342	Orchidaceae	<i>Gomphichis goodyeroides</i> Lindl.
343	Orchidaceae	<i>Lepanthes elegantula</i> Schltr.
344	Orchidaceae	<i>Lepanthes jamiesonii</i> Lindl. ex Rchb. f.
345	Orchidaceae	<i>Lepanthes monoptera</i> Lindl.
346	Orchidaceae	<i>Lepanthes mucronata</i> Lindl.
347-348	Orchidaceae	<i>Malaxis andicola</i> (Ridl.) Kuntze
349	Orchidaceae	<i>Malaxis excavata</i> (Lindl.) Kuntze
350-351	Orchidaceae	<i>Oncidium cultratum</i> Lindl.
352	Orchidaceae	<i>Pleurothallis grandiflora</i> Lindl.
353	Orchidaceae	<i>Pleurothallis inaequalis</i> Lindl.
354	Orchidaceae	<i>Stelis hylophila</i> Rchb. f.
355	Orchidaceae	<i>Stelis lamellata</i> Lindl.
356-357	Orchidaceae	<i>Stelis pusilla</i> Kunth

N°	Familia	Especie
358	Orchidaceae	<i>Stelis sagittata</i> Zambrano & Solano
359	Orchidaceae	<i>Stelis</i> sp.
360	Orchidaceae	<i>Teagueia teaguei</i> (Luer) Luer
361-362	Orobanchaceae	<i>Bartsia laticrenata</i> Benth.
363	Orobanchaceae	<i>Bartsia orthocarpiflora</i> Benth.
364-365	Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i> L. f.
366-367	Orobanchaceae	<i>Lamourouxia virgata</i> Kunth
368-369	Oxalidaceae	<i>Oxalis lotoides</i> Kunth
370-371	Passifloraceae	<i>Passiflora bauhiniifolia</i> Kunth
372-373	Passifloraceae	<i>Passiflora coactilis</i> (Mast.) Killip
374-375	Passifloraceae	<i>Passiflora cumbalensis</i> (H. Karst.) Harms
376-377	Passifloraceae	<i>Passiflora jamesonii</i> (Mast.) Bailey
378	Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i> L. f.
379-380	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth
381	Piperaceae	<i>Peperomia hartwegiana</i> Miq.
382-383	Piperaceae	<i>Peperomia saligna</i> Kunth
384	Piperaceae	<i>Piper rugulosum</i> C. DC.
385-386	Plantaginaceae	<i>Ourisia chamaedrifolia</i> Benth.
387-388	Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i> Lam.
389	Plantaginaceae	<i>Plantago linearis</i> Kunth
390-391	Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i> Kunth
392	Plantaginaceae	<i>Sibthorpia repens</i> (L.) Kuntze
393	Poaceae	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.
394	Poaceae	<i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.
395-396	Polygalaceae	<i>Monnina equatoriensis</i> Chodat
397-398	Polygalaceae	<i>Monnina crassifolia</i> (Bonpl.) Kunth
399-400	Polygonaceae	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.
401	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i> L.
402	Ranunculaceae	<i>Clematis haenkeana</i> C. Presl
403-404	Ranunculaceae	<i>Ranunculus cymbalaria</i> Pursh
405-406	Ranunculaceae	<i>Ranunculus geranioides</i> Kunth ex DC.
407-408	Ranunculaceae	<i>Ranunculus peruvianus</i> Pers.
409-410	Ranunculaceae	<i>Ranunculus praemorsus</i> Kunth ex DC.
411-412	Rosaceae	<i>Acaena elongata</i> L.
413-414	Rosaceae	<i>Acaena ovalifolia</i> Ruiz & Pav.
415	Rosaceae	<i>Lachemilla aphanoides</i> (Mutis ex L. f.) Rothm.
416	Rosaceae	<i>Lachemilla nivalis</i> (Kunth) Rothm.
417-418	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.
419-420	Rosaceae	<i>Polylepis incana</i> Kunth
421-422	Rosaceae	<i>Polylepis pauta</i> Hieron.
423-424	Rosaceae	<i>Rubus bogotensis</i> Kunth



N°	Familia	Especie
425-426	Rosaceae	<i>Rubus coriaceus</i> Poir.
427	Rosaceae	<i>Rubus glabratus</i> Kunth
428-429	Rosaceae	<i>Rubus roseus</i> Poir.
430	Rubiaceae	<i>Arcytophyllum aristatum</i> Standl.
431-432	Rubiaceae	<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schldl.
433-434	Rubiaceae	<i>Arcytophyllum thymifolium</i> (Ruiz & Pav.) Standl.
435-436	Rubiaceae	<i>Manettia pichinchensis</i> Wernham
437	Rubiaceae	<i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L. f.) Druce
438	Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.
439-440	Scrophulariaceae	<i>Buddleja pichinchensis</i> Kunth
441-442	Solanaceae	<i>Brugmansia sanguinea</i> (Ruiz & Pav.) D. Don
443	Solanaceae	<i>Dunalia</i> sp.
444-445	Solanaceae	<i>Jaltomata viridiflora</i> (Kunth) M. Nee & Mione
446	Solanaceae	<i>Saracha punctata</i> Ruiz & Pav.
447	Solanaceae	<i>Saracha quitensis</i> (Hook.) Miers
448	Solanaceae	<i>Sessea vestita</i> (Hook.) Miers
449	Solanaceae	<i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav.
450-451	Solanaceae	<i>Solanum brevifolium</i> Dunal
452-453	Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti
454-455	Solanaceae	<i>Solanum stenophyllum</i> Dunal
456-457	Symplocaceae	<i>Symplocos fimbriata</i> B. Ståhl
458-459	Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum adpressum</i> Hughes
460-461	Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pav.
462-463	Viburnaceae	<i>Viburnum pichinchense</i> Benth.
464-465	Violaceae	<i>Viola dombeyana</i> DC.

Tabla 2. Listado de especies endémicas y su estado de conservación.

N°	Familia	Especie	Estado de conservación
77-78	Asteraceae	<i>Mutisia microcephala</i> Sodiro ex Cabrera	VU
123-124	Bromeliaceae	<i>Tillandsia polyantha</i> Mez & Sodiro	EN
250-251	Lamiaceae	<i>Aegiphila monticola</i> Moldenke	NT
360	Orchidaceae	<i>Teagueia teaguei</i> (Luer) Luer	EN
376-377	Passifloraceae	<i>Passiflora jamesonii</i> (Mast.) Bailey	VU
395-396	Polygalaceae	<i>Monnina equatoriensis</i> Chodat	LC
435-436	Rubiaceae	<i>Manettia pichinchensis</i> Wernham	VU

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

F.T contribuyó en la curación de datos, la visualización, y la escritura del borrador original del manuscrito. A.J.P. participó en la curación de datos, la escritura del borrador original, y la escritura (revisión y edición) del manuscrito. M.C. se encargó de la curación de datos, la visualización, la administración del proyecto, y la estructuración del texto según el formato de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al financiamiento del Programa Acción Andina, liderado por Global Forest Generation y Asociación de Ecosistemas Andinos – Ecoan, la secretaria de Ambiente de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo (GADMCO), quienes proporcionaron los fondos necesarios para llevar a cabo este levantamiento de información de campo. También queremos agradecer al Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) por proveer los permisos para colección y transporte de muestras que soporta nuestro trabajo. Research Permit: MAAE-ARSFC-2022-2237

A los Herbarios QCA y QCNE por permitir el acceso a sus colecciones para la identificación de los especímenes colectados. Finalmente, un especial agradecimiento a: Juan Carlos Monge, Abigail Yela, Graciela Rueda, Jaidy Gamboa, Edison Rea y Mateo Vega, por su ayuda en campo, procesamiento de la información fotográfica y elaboración de mapas respectivamente.

CREDITOS FOTOGRAFICOS

Francisco Tobar –FORESTA, en su mayoría con excepción de: Juan Carlos Monge Cueva (278-279) *Miconia ligustrina* y John L. Clark (15-16) *Hydrocotyle bonplandii*

■ BIBLIOGRAFÍA

- National Biodiversity Database (<https://bndb.sisbioecuador.bio/bndb/>) [accessed 02.10.2023]
- Dodson, CH (2002). Native Ecuadorian Orchids 2: *Dresslerella–Lepanthes*. Sarasota: Dodson trust.
- Gardstein y León-Yáñez. (2020). Liverwort diversity in *Polylepis pauta* forests of Ecuador under different climatic conditions. *Neotropical Biodiversity*, 6(1). 138–146. <https://doi.org/10.1080/23766808.2020.1809273>
- Garzón A. (2015). *Campaña de promoción turística de la ruta Tabacundo - Lagunas de Mojanda del cantón Pedro Moncayo. Provincia de Pichincha*. [Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional UTN
- IUCN. (2012). IUCN red list categories and criteria: Version 3.1. Second edition. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge. <https://portals.iucn.org/library/node/10315> [accessed 04.28.2021]
- Jorgensen. P. y León-Yáñez. S. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Quito: Missouri Botanical Garden Press. Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Herbario Nacional. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales y Department of Systematic Botany. Aarhus University.
- León Yáñez, S., R. Valencia Reyes, N. C. A. Pitman, L. Endara, C. Ulloa Ulloa & H. Navarrete. (2011). *Libro Rojo Pl. Endémic. Ecuador*, 2 ed. 1–957. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Mayta, L., Molinari-Novoa, E. A. (2021). Andicolea, a replacement name for Loricaria (Compositae, Gnaphaliinae). *Plant and Fungal Systematics*, 66(1), 48-52. <https://doi.org/10.35535/pfsyst-2021-0004>
- Mendoza-Flores SM (2017). Plan de uso público en las lagunas de Mojanda. Parroquia Tabacundo. Provincia Pichincha. [Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador] Repositorio institucional - PUCE.



- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013) Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural, 300 pp. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf. [accessed 15.10.2020]
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2020), Declaratoria de área de Protección Hídrica Mojandita Curubí, Resolución: APH-DZI-DZE-2020-001.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2021), Declaratoria de área de Protección Hídrica Mojanda, Resolución: MAATE-DZL-DAPH-MJD-2021-001-R.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2022), Declaratoria de área de Protección Hídrica Mojanda-Otavalo, Resolución No. MAATE-APH-DZ1-2022-001. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/08/Acuerdo-Ministerial-Nro.-MAATE-MEM-2022-001.pdf>.
- Palacios. W. A. (2016). Árboles del Ecuador. Familias y géneros. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Robin C, Hall M, Jiménez M, Monzier M y Escobar P (1997). Mojanda volcanic complex (Ecuador): development of two adjacent contemporaneous volcanoes with contrasting eruptive styles and magmatic suites. *Journal of South American Earth Sciences* 10 (5-6): 345-359.
- Tobar F, Valarezo, JC, Herrera-Madrid, M y Yañez-Muñoz, MH (Eds.). (2023). *Biodiversidad de la Flora y Fauna del Complejo Montañoso Mojanda*. Serie de Publicaciones del Instituto Nacional de Biodiversidad, Reportes Técnicos N°3. Aves y Conservación, Gad-Otavalo, Global Forest Generation, Acción Andina, Inabio. [Tropicos.org/home](https://www.tropicos.org/home). (https://www.tropicos.org/home) [accessed 23.01.2024]



La Reserva Tapichalaca es propiedad de la Fundación Jocotoco Ecuador, es reconocida internacionalmente por ser el hábitat de una de las aves más raras del mundo *Grallaria ridgelyi* (gralaria-jocotoco), este hallazgo fue gracias al ornitólogo Dr. Robert Ridgely. La Fundación tiene una gran extensión de 3 925 hectáreas de bosque montano y páramo, con un alto grado de endemismo. La reserva cuenta con ocho senderos como Jocotoco, Quebrada Honda, Tapir, Páramo, Las Pavas, Las Tangaras, Sendero Ondulado Antpitta y Piha, en los que se puede observar extraordinarias especies de flora y fauna que son parte del plan de conservación de la biodiversidad de la Fundación.

En esta guía se presentan 75 especies vegetales que crecen y se desarrollan en las formaciones vegetales: Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo ubicado en la cordillera de Sabanilla, en el sector Ventanillas en dirección a las crestas de montaña, en la vía que conecta las parroquias de Yangana de la provincia de Loja y Valladolid de la provincia de Zamora Chinchipe, cuya altitud oscila entre 2200–3300 m s.n.m., donde predomina vegetación de tipo herbácea y arbustiva, asociada a esta última pocos elementos epífitos, la cual está restringida a zonas altas, con intensas precipitaciones y bajas temperaturas.

Este documento es el resultado de la expedición botánica que se desarrolló por una colaboración entre la Fundación Jocotoco y el equipo técnico del Herbario "Reinaldo Espinosa" -LOJA-, de la Universidad Nacional de Loja, como parte del proyecto 014-DI-FARNR-2023, con el objetivo de recopilar información relevante de la diversidad florística, para mejorar el conocimiento local-científico que servirá de insumo importante para la toma de decisiones para el manejo que garanticen la conservación de la biodiversidad de la reserva.

Flora del arbustal siempreverde y herbazal de páramo en la Reserva Tapichalaca de la Fundación Jocotoco, Valladolid, Zamora Chinchipe, Ecuador

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³, Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

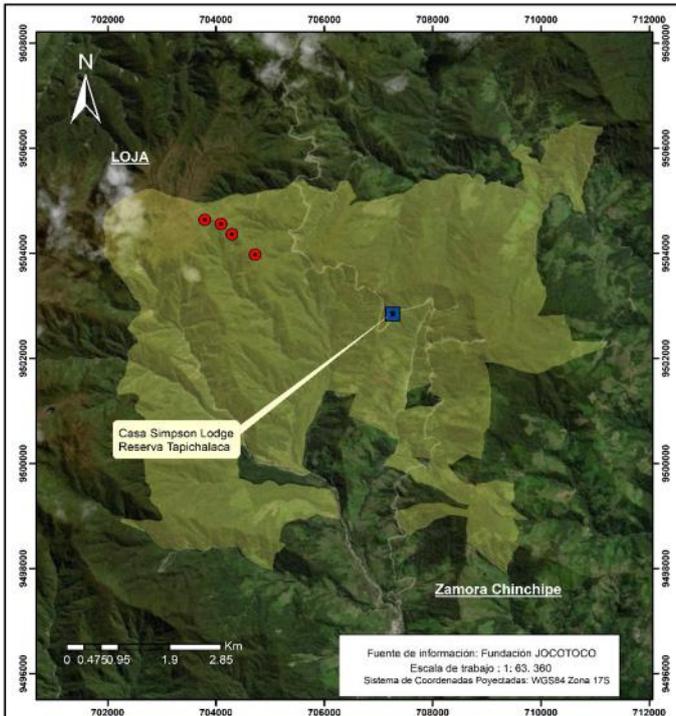
1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja, Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5. Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec

Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818

doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095



Mapa de la Reserva Tapichalaca-Fundación Jocotoco Ecuador, con los puntos de muestreo de flora y, una panorámica de la formación vegetal Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo.



Equipo de trabajo de campo, con el personal del Herbario "Reinaldo Espinosa" - LOJA- y la Fundación de Conservación Jocotoco.



Vista interna del avión DHC-4 Caribú de Aerolíneas Cónдор, sendero El Páramo - Reserva Tapichalaca.



Compartiendo experiencias de campo con el personal de la Fundación de Conservación Jocotoco (Franco Mendoza).



Prensado de las especies colectadas, para su posterior identificación en el Herbario "Reinaldo Espinosa" -LOJA-.

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³, Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja, Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5. Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec

Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818

doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095



16 *Bomarea brachysepala* Benth.
ALSTROEMERIACEAE

17 *Bomarea setacea*
(Ruiz & Pav.) Herb.
ALSTROEMERIACEAE

18 *Bomarea setacea*
(Ruiz & Pav.) Herb.
ALSTROEMERIACEAE

19 *Bomarea setacea*
(Ruiz & Pav.) Herb.
ALSTROEMERIACEAE

20 *Anthurium*
Schott
ARACEAE



21 *Anthurium*
Schott
ARACEAE

22 *Oreopanax andreaeanus* Mar-
chal
ARALIACEAE

23 *Ceroxylon parvifrons* (Engel)
H. Wendl.
ARECACEAE

24 *Ceroxylon parvifrons*
(Engel) H. Wendl.
ARECACEAE

25 *Ceroxylon parvifrons*
(Engel) H. Wendl.
ARECACEAE



26 (A.DC.) Benth. ex Gürke
BORAGINACEAE

27 *Moritzia cf. lindenii*
(A.DC.) Benth. ex Gürke
BORAGINACEAE

28 *Blechnum auratum*
(Fée) R.M. Tryon & Stolze
BLECHNACEAE

29 *Blechnum auratum*
(Fée) R.M. Tryon & Stolze
BLECHNACEAE

30 *Blechnum auratum*
(Fée) R.M. Tryon & Stolze
BLECHNACEAE



31 *Calceolaria* cf. *calycina*
Benth.
CALCEOLARIACEAE



32 *Calceolaria* cf. *calycina*
Benth.
CALCEOLARIACEAE



33 *Calceolaria* cf. *calycina*
Benth.
CALCEOLARIACEAE



34 *Calceolaria*
L.
CALCEOLARIACEAE



35 *Calceolaria*
L.
CALCEOLARIACEAE



36 *Centropogon steyermarkii*
Jeppesen
CAMPANULACEAE



37 *Centropogon steyermarkii*
Jeppesen
CAMPANULACEAE



38 *Valeriana punctata*
F.G.Mey.
CAPRIFOLIACEAE



39 *Valeriana punctata*
F.G.Mey.
CAPRIFOLIACEAE



40 *Desfontainia spinosa*
Ruiz & Pav.
COLUMELLIACEAE



41 *Desfontainia spinosa*
Ruiz & Pav.
COLUMELLIACEAE



42 *Weinmannia rollottii*
Killip
CUNONIACEAE



43 *Weinmannia rollottii*
Killip
CUNONIACEAE



44 *Weinmannia fagaroides*
Kunth
CUNONIACEAE



45 *Weinmannia fagaroides*
Kunth
CUNONIACEAE



46 *Weinmannia elliptica*
Kunth
CUNONIACEAE



47 *Hedyosmum translucidum*
Cuatrec.
CLORANTHACEAE



48 *Hedyosmum translucidum*
Cuatrec.
CLORANTHACEAE



49 *Dioscorea nervata*
R.Knuth
DIOSCOREACEAE



50 *Dioscorea nervata*
R.Knuth
DIOSCOREACEAE



51 *Disterigma microphyllum*
(G. Don) Luteyn
ERICACEAE



52 *Bejaria resinosa*
Mutis ex L.f.
ERICACEAE



53 *Bejaria resinosa*
Mutis ex L.f.
ERICACEAE



54 *Cavendishia nobilis*
Lindl.
ERICACEAE



55 *Cavendishia nobilis*
Lindl.
ERICACEAE



56 *Ceratostema reginaldii*
(Sleumer) A.C.Sm.
ERICACEAE



57 *Ceratostema reginaldii*
(Sleumer) A.C.Sm.
ERICACEAE



58 *Gaultheria erecta*
Vent.
ERICACEAE



59 *Gaultheria erecta*
Vent.
ERICACEAE



60 *Macleania farinosa*
Mansf.
ERICACEAE

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³, Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja, Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5. Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuayo-Universidad del Azuayo



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec

Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818

doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095



61 *Macleania farinosa*
Mansf.
ERICACEAE



62 *Orthaea fimbriata*
Luteyn
ERICACEAE



63 *Orthaea fimbriata*
Luteyn
ERICACEAE



64 *Psammisia fissilis*
A.C.Sm.
ERICACEAE



65 *Psammisia fissilis*
A.C.Sm.
ERICACEAE



66 *Themistoclesia epiphytica*
A.C.Sm.
ERICACEAE



67 *Themistoclesia epiphytica*
A.C.Sm.
ERICACEAE



68 *Gentianella*
Moench
GENTIANACEAE



69 *Gentianella*
Moench
GENTIANACEAE



70 *Gentianella*
Moench
GENTIANACEAE



71 *Gentianella*
Moench
GENTIANACEAE



72 *Gentianella*
Moench
GENTIANACEAE



73 *Hypericum quitense*
R.Keller
HYPERICACEAE



74 *Huperzia hippuridea*
(Christ) Holub



75 *Lycopodium jussiaei*
Desv.
LYCOPODIACEAE

Flora del arbustal siempreverde y herbazal de páramo en la Reserva Tapichalaca de la Fundación Jocotoco, Valladolid, Zamora Chinchipe, Ecuador

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³, Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja, Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5. Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec

Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818

doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095



76 *Lycopodium vestitum*
Desv. ex Poir.
LYCOPODIACEAE



77 *Axinaea scutigera*
Triana
MELASTOMATACEAE



78 *Axinaea scutigera*
Triana
MELASTOMATACEAE



79 *Brachyotum campanulare*
Triana
MELASTOMATACEAE



80 *Meriania tetragona* (Cogn.)
urdack



81 *Meriania tetragona*
(Cogn.) Wurdack
MELASTOMATACEAE



82 *Miconia hexamera*
Wurdack
MELASTOMATACEAE



83 *Miconia hexamera*
Wurdack
MELASTOMATACEAE



84 *Elleanthus maculatus*
Rchb.f.
ORCHIDACEAE



85 *Elleanthus maculatus* Rchb.f.
ORCHIDACEAE



86 *Epidendrum montistoletanum*
Hágsater & E. Santiago
ORCHIDACEAE



87 *Epidendrum montistoletanum*
Hágsater & E. Santiago
ORCHIDACEAE



88 *Epidendrum acrorhodum*
Hágsater & Dodson
ORCHIDACEAE



89 *Epidendrum acrorhodum*
Hágsater & Dodson
ORCHIDACEAE



90 *Epidendrum* aff. *aristisepalum*
Hágsater & Dodson
ORCHIDACEAE

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³, Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja, Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5. Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec

Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818

doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095



91 *Epidendrum* aff. *aristisepalum*
Hágsater & Dodson
ORCHIDACEAE



92 *Epidendrum* aff. *aristisepalum*
Hágsater & Dodson



93 *Epidendrum fritzianum*
Hoehne
ORCHIDACEAE



94 *Epidendrum fritzianum*
Hoehne
ORCHIDACEAE



95 *Epidendrum recurvitepalostachyum* Hágsater & E. Santiago
ORCHIDACEAE



96 *Epidendrum recurvitepalostachyum* Hágsater & E. Santiago
ORCHIDACEAE



97 *Fernandezia crystallina* (Lindl.) M.W.Chase
ORCHIDACEAE



98 *Fernandezia crystallina* (Lindl.) M.W.Chase
ORCHIDACEAE



99 *Gomphichis* cf. *goodyeroides* Lindl.
ORCHIDACEAE



100 *Gomphichis* cf. *goodyeroides* Lindl.
ORCHIDACEAE



101 *Gomphichis* cf. *goodyeroides* Lindl.
ORCHIDACEAE



102 *Maxillaria floribunda* Lindl.
ORCHIDACEAE



103 *Maxillaria floribunda* Lindl.
ORCHIDACEAE



104 *Maxillaria rotundilabia* C.Schweinf.
ORCHIDACEAE



105 *Maxillaria rotundilabia* C.Schweinf.
ORCHIDACEAE

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³, Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja, Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5. Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec

Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818

doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095



106 *Elleanthus cf. aurantiacus* (Lindl.) Rehb.f. ORCHIDACEAE



107 *Elleanthus cf. aurantiacus* (Lindl.) Rehb.f. ORCHIDACEAE



108 *Elleanthus cf. aurantiacus* (Lindl.) Rehb.f. ORCHIDACEAE



109 *Lepanthes series* Luer & Hirtz ORCHIDACEAE



110 *Lepanthes series* Luer & Hirtz ORCHIDACEAE



111 *Maxillaria aurea* (Poepp. & Endl.) LOWilliams ORCHIDACEAE



112 *Maxillaria aurea* (Poepp. & Endl.) LOWilliams ORCHIDACEAE



113 *Maxillaria* Ruiz y Pav. ORCHIDACEAE



114 *Stelis* Sw. ORCHIDACEAE



115 *Stelis* Sw. ORCHIDACEAE



116 *Myrteola phylicoides* (Benth.) Landrum MYRTACEAE



117 *Myrteola phylicoides* (Benth.) Landrum MYRTACEAE



118 *Oxalis cf. lotoides* Kunth OXALIDACEAE



119 *Oxalis cf. lotoides* Kunth OXALIDACEAE



120 *Passiflora cumbalensis* (H.Karst.) Harms PASSIFLORACEAE

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³, Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja, Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5. Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec

Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818

doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095



136 *Hesperomeles obtusifolia* (Pers.) Lindl. ROSACEAE



137 *Hesperomeles obtusifolia* (Pers.) Lindl. ROSACEAE



138 *Arcytophyllum setosum* Schtdl. RUBIACEAE



139 *Arcytophyllum setosum* Schtdl. RUBIACEAE



140 *Cinchona krauseana* L. Andersson RUBIACEAE



141 *Cinchona krauseana* L. Andersson RUBIACEAE



142 *Cinchona krauseana* L. Andersson RUBIACEAE



143 *Palicourea lobbii* Standl. RUBIACEAE



144 *Palicourea lobbii* Standl. RUBIACEAE



145 *Palicourea* Aubl. RUBIACEAE



146 *Palicourea* Aubl. RUBIACEAE



147 *Dendrophthora* aff. *lindeniana* Tiegh. SANTALACEAE



148 *Dendrophthora* aff. *lindeniana* Tiegh. SANTALACEAE



149 *Gordonia fruticosa* (Schrad.) H.Keng THEACEAE



150 *Gordonia fruticosa* (Schrad.) H.Keng THEACEAE

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³, Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja, Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5. Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818 doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095

Nº	Familia	Especie
1	Asteraceae	<i>Baccharis oblongifolia</i> Pers.
2	Asteraceae	<i>Diplostephium espinosae</i> Cuatrec
3	Asteraceae	<i>Gynoxys</i> Cass.
4	Asteraceae	<i>Mikania</i> Willd.
5	Asteraceae	<i>Oritrophium</i> (Kunth) Cuatrec.
6	Asteraceae	<i>Hieracium</i> sp.
7	Asteraceae	<i>Dorobaea pimpinellifolia</i> (Kunth) B. Nord.
8	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea brachysepala</i> Benth.
9	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea setacea</i> (Ruiz & Pav.) Herb
10	Araceae	<i>Anthurium</i> Schott
11	Araliaceae	<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal
12	Arecaceae	<i>Ceroxylon parvifrons</i> (Engel) H. Wendl.
13	Boraginaceae	<i>Moritzia</i> cf. <i>lindenii</i> (A. DC.) Benth. ex Gürke
14	Blechnaceae	<i>Blechnum auratum</i> (Fée) R. M. Tryon & Stolze
15	Calceolariaceae	<i>Calceolaria</i> cf. <i>calycina</i> Benth.
16	Calceolariaceae	<i>Calceolaria</i> L.
17	Campanulaceae	<i>Centropogon steyermarkii</i> Jeppesen
18	Caprifoliaceae	<i>Valeriana punctata</i> F. G. Mey.
19	Columelliaceae	<i>Desfontainia spinosa</i> Ruiz & Pav
20	Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii</i> Killip
21	Cunoniaceae	<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth
22	Cunoniaceae	<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth
23	Cloranthaceae	<i>Hedyosmum translucidum</i> Cuatrec.
24	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea nervata</i> R. Knuth
25	Ericaceae	<i>Disterigma microphyllum</i> (G. Don) Luteyn
26	Ericaceae	<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. f
27	Ericaceae	<i>Cavendishia nobilis</i> Lindl.
28	Ericaceae	<i>Cerastema reginaldii</i> (Sleumer) A. C. Sm.
29	Ericaceae	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.
30	Ericaceae	<i>Macleania farinosa</i> Mansf.
31	Ericaceae	<i>Orthaea fimbriata</i> Luteyn
32	Ericaceae	<i>Psammisia fissilis</i> A. C. Sm
33	Ericaceae	<i>Themistoclesia epiphytica</i> A. C. Sm.
34	Gentianaceae	<i>Gentianella</i> Moench
35	Gentianaceae	<i>Symbolanthus mathewsii</i> (Griseb.) Ewan
36	Hypericaceae	<i>Hypericum quitense</i> R. Keller
37	Lycopodiaceae	<i>Huperzia hippuridea</i> (Christ) Holub



Nº	Familia	Especie
38	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium jussiaei</i> Desv.
39	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium vestitum</i> Desv. ex Poir
40	Melastomataceae	<i>Axinaea scutigera</i> Triana
41	Melastomataceae	<i>Brachyotum campanulare</i> Triana
42	Melastomataceae	<i>Meriania tetragona</i> (Cogn.) Wurdack
43	Melastomataceae	<i>Miconia hexámera</i> Wurdack
44	Orchidaceae	<i>Elleanthus maculatus</i> Rchb. f.
45	Orchidaceae	<i>Epidendrum montistoletanum</i> Hágsater & E. Santiago
46	Orchidaceae	<i>Epidendrum acrorhodum</i> Hágsater & Dodson
47	Orchidaceae	<i>Epidendrum</i> aff. <i>aristisepalum</i> Hágsater & Dodson
48	Orchidaceae	<i>Epidendrum fritzianum</i> Hoehne
49	Orchidaceae	<i>Epidendrum recurvitepalostachyum</i> Hágsater & E. Santiago
50	Orchidaceae	<i>Fernandezia crystallina</i> (Lindl.) M.W.Chase
51	Orchidaceae	<i>Gomphichis</i> cf. <i>goodyeroides</i> Lindl.
52	Orchidaceae	<i>Maxillaria floribunda</i> Lindl.
53	Orchidaceae	<i>Maxillaria rotundilabia</i> C.Schweinf.
54	Orchidaceae	<i>Elleanthus</i> cf. <i>aurantiacus</i> (Lindl.) Rchb. f.
55	Orchidaceae	<i>Lepanthes series</i> Luer & Hirtz
56	Orchidaceae	<i>Maxillaria aurea</i> (Poepp. & Endl.) LOWilliams
57	Orchidaceae	<i>Maxillaria</i> Ruiz y Pav.
58	Orchidaceae	<i>Stelis</i> Sw.
59	Myrtaceae	<i>Myrteola phylloides</i> (Benth.) Landrum
60	Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> cf. <i>lotoides</i> Kunth
61	Passifloraceae	<i>Passiflora cumbalensis</i> (H.Karst.) Harms
62	Piperaceae	<i>Peperomia</i> cf. <i>obtusifolia</i> (L.) A.Dietr.
63	Piperaceae	<i>Peperomia</i> Ruiz & Pav.
64	Poaceae	<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler
65	Poaceae	<i>Aulonemia</i> Goudot
66	Polygalaceae	<i>Monnina crassifolia</i> Kunth
67	Polygalaceae	<i>Monnina</i> Ruiz & Pav.
68	Pteridaceae	<i>Jamesonia aureonitens</i> (Hook.) Christenh
69	Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.
70	Rubiaceae	<i>Arcytophyllum setosum</i> Schldtl.
71	Rubiaceae	<i>Cinchona krauseana</i> L. Andersson
72	Rubiaceae	<i>Palicourea lobbii</i> Standl.
73	Rubiaceae	<i>Palicourea</i> Aubl.
74	Santalaceae	<i>Dendrophthora</i> aff. <i>lindeniana</i> Tiegh
75	Theaceae	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H.Keng



Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³,
Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja,
Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5.
Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay

Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818 doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095

REVISORES

Ángel Marcelo Gutiérrez Riofrío, Técnico del Jardín Botánico "Reinaldo Espinosa", Universidad Nacional de Loja

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la valiosa iniciativa y aporte de Jennifer González-Quevedo, Directora de Reservas de la Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, quien proporciono la logística necesaria para la expedición botánica dentro de la Reserva. Al Dr. Zhofre Aguirre Mendoza, director del Herbario "Reinaldo Espinosa" -LOJA-, por el apoyo en la planificación de actividades y al equipo técnico por el levantamiento de información de campo e identificación de los taxones recolectados.

A los botánicos de Colombia, Ecuador y México por su gran apoyo en la revisión de grupos taxonómicos presentados en esta guía botánica.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

G.P.P y N.J.D. contribuyeron en la curación de datos, la visualización, y la escritura del borrador original del manuscrito. J.S.M.S y E.S.A participaron en la curación de datos y la escritura (revisión y edición) del manuscrito, con especialización en la identificación taxonómica de la familia Orchidaceae, específicamente en los géneros *Lepanthes* Sw. y *Epidendrum* L., respectivamente. D.M.O. y Zh.A.M. se encargaron de la escritura (revisión y edición) del manuscrito. F.M., como guardaparque de la Reserva Tapichalaca, colaboró en la curación de datos y la investigación mediante la guianza y el levantamiento de información en campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., Madsen J.E., Cotton, E. & Balslev, H. (2002). Botánica Austroecuatorial. Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Quito-Ecuador.
- Gentry, A. (1993). A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú). Washington, DC. ISBN 1-881173-01-1
- Harling, G. (1999). Flora of Ecuador Cunoniaceae. (N° 61. Vol. 78). Department of Systematic Botany, University of Göteborg. ISBN 87-88702-66-9
- Harling, G. & Neuendorf, M. (2003). Flora of Ecuador Alstroemeriaceae. (N° 71. Vol. 200). Department of Systematic Botany, University of Göteborg (pp. 3-108). ISBN 87-88702-66-9
- Holm-Nielsen, L., Jørgensen, P. & Lawesson, J. (1988). Flora of Ecuador Passifloraceae. (N° 31. Vol. 126). Department of Systematic Botany, University of Göteborg (pp. 114-117). ISBN 87-88702-27-8
- Henderson, A., Galeano, G. & Bernal R. (1995). Field Guide to the Palms of the Americas. Princeton University Press. USA.
- Instituto Nacional de Biodiversidad. (2023). Base Nacional de Datos de Biodiversidad. <https://bndb.sisbioecuador.bio/bndb/index.php>

Gabriela Pinta Pineda^{1*}, Nelson Jaramillo Díaz², Franco Mendoza³, Jennifer Martínez González-Quevedo³,
Zhofre Aguirre Mendoza², Juan Sebastián Moreno Silva⁴, Elizabeth Santiago Ayala⁵ & Danilo Minga Ochoa⁶.

1. Investigadora asociada al Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, 2. Herbario "Reinaldo Espinosa" - Loja -, Universidad Nacional de Loja,
Proyecto 014-DI-FARNR-2023, 3. Fundación de Conservación Jocotoco Ecuador, 4. Jardín Botánico de Cali, Fundación Zoológica de Cali, 5.
Herbario Asociación Mexicana de Orquideología (AMO), 6. Herbario Azuay-Universidad del Azuay



Email: ¹ gabriela.pinta@unl.edu.ec, ² herbarioloja@unl.edu.ec Vol. 14(2) / julio-diciembre 2024 ISSN: 2528-7818 doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095

- Jørgensen, P. & León-Yáñez, S. (1999). Catalogue of Vascular Plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden. San Louis. Missouri. USA.
- León-Yáñez S. Valencia R. Pitman N. Endara L. Ulloa Ulloa C. & Navarrete H. (2011). Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador. 2^a edn. Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Minga, D., Guzmán, N. & Jiménez, M. (2019). Árboles de los bosques de las estribaciones orientales de la cuenca del río Paute. Universidad del Azuay. Imprenta Digital Universidad del Azuay. Cuenca.
- Pennington, T. (2007). Flora of Ecuador Sapotaceae (N° 80. Vol. 152). Department of Systematic Botany, University of Göteborg (pp. 147-178). ISBN 978-91-85529-02-5
- Renner, S. (1997). Flora of Ecuador Siparunaceae. (N° 59. Vol. 49A). Department of Systematic Botany, University of Göteborg (pp. 3-98). ISBN 87-88702-42-1
- Tropicos.org. (2023). Missouri Botanical Garden. <https://tropicos.org>
- Valencia, R., Montúfar, R., Navarrete, H. & Balslev, H. (2013). Palmas Ecuatorianas: Biología y Uso Sostenible. 1^a Ed. Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- World Flora Online Plant List. (2022). Explore the data. <https://wfo.plantlist.org/plant-list/>
- Wurdack, J. (1980). Flora of Ecuador Melastomataceae (N° 13, Vol. 138). Department of Systematic Botany, University of Göteborg (pp. 352-376). ISBN 91 546 0281 5

Cómo citar:

Pinta, G., Jaramillo, N., Mendoza, F., González-Quevedo, J., Aguirre, Zh., Moreno, J., Santiago E., Minga, D. (2024). Flora del arbustal siempreverde y herbazal de páramo en la Reserva Tapichalaca de la Fundación Jocotoco, Valladolid, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 14(2): 125-140. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2095>



1859

unl

Universidad
Nacional
de Loja



Revista científica digital de publicación periódica semestral, editada por docentes de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, cuyo objetivo es contribuir al conocimiento científico y tecnológico, con enfoque multidisciplinario en los campos de la Silvicultura, Recursos Naturales Renovables, Producción Forestal, Biodiversidad, Productos Forestales Maderables y No Maderables, Tecnologías de la Madera, Cuencas Hidrográficas, Recursos Hídricos, Industrias Forestales, Agroforestería y Silvopasturas, Desarrollo Socioeconómico Rural, Genética y mejoramiento Forestal-Agrícola, Plagas y Enfermedades Agrícolas, Ordenamiento Territorial, Restauración Ecológica y Cambio Climático, entre otros, aportando al desarrollo y fortalecimiento de la investigación en el país.

“Bosques Latitud Cero” publica trabajos originales, bajo la responsabilidad de sus autores de temas académicos y de investigación científica. Es un espacio para la difusión y transferencia de resultados de conocimiento e innovación, cuya cobertura temática va dirigida a profesionales y estudiantes que gustan de estas ciencias.



Volumen 14, Número 2

ISSNe: 2528-7818

Periodicidad: Semestral

Publicación: Digital

Dirección: Av. Pío Jaramillo Alvarado y Reinaldo Espinosa,
La Argelia

PBX: (593) 07 - 2547252

Página Web: www.revistas.unl.edu.ec

e-mail: bosqueslatitudcero@unl.edu.ec

Indizada/Resumida en Latindex-Catálogo 2.0

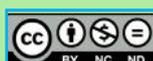
Folio: 3149

Esta obra está sujeta a la licencia Reconocimiento No Comercial/Sin Obra Derivada 4.0 Internacional de Creative Commons.

Para ver una copia de esta licencia visite:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

LOJA-ECUADOR



Diseño, Diagramación y Portada:

Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo

Diseño de logotipo:

Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo

Fotografía:

Francisco Tobar et al.

Revisión de Abstract:

Ing. Clemencia Herrera

Institución Editora:

Universidad Nacional de Loja

Código Postal:

110150

Ciudad: Loja

Parroquia: San Sebastián

Teléfono: (+593) 07 - 2547275

**HERBARIO REINALDO ESPINOSA
LA ARGELIA LOJA - ECUADOR**