

ISSN No. 1390-3683  
Año 4/ Nº 5

# Bosques



*...latitud cero*

*Revista Investigativa de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja,  
Ministerio del Ambiente de Ecuador y Red Agroforestal Ecuatoriana*



Diciembre, 2015

**La revista forestal y agroforestal del Ecuador**



Dr. Gustavo Villacís Rivas Mg. Sc.  
Rector

Dr. Martha Reyes Mg.Sc.  
Vicerectora

**Bosques** 

...latitud cero

**Nº 005**                      **Diciembre – 2015**

Es una revista nacional, un espacio de publicación, difusión y socialización de investigación y experiencias relevantes entre instituciones y personas interesadas en el manejo sustentable de los recursos naturales renovables con énfasis en lo forestal y agroforestal en el Ecuador.

#### **Director/Responsable**

Mg. Sc. Héctor Maza Chamba, Universidad Nacional de Loja

#### **Editor Ejecutivo**

Ph.D. Zhofre Aguirre Mendoza

#### **Miembros Nacionales e Internacionales**

Prof. Jan Barkmann, Georg-August Universität Göttingen, Germany

PhD. Byron Maza, Universidad Regional Amazónica -IKIAM

Ph.D. Ali Saleh, Instituto de Texas para la Investigación

Aplicada Ambiental (TIAER), Tarleton State University

PhD. Tomás Sanchez Jaime, Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Ph.D. Nikolay Aguirre, Universidad Nacional de Loja

Mg. Sc. Kosé Alberto Paillacar Silva, Universidad de los Lagos, Chile

PhD. Zhofre Aguirre, Universidad Nacional de Loja

Ing. Napoleón López, Mg. Sc, Universidad Nacional de Loja

Ing. Victor Hugo Eras G, Mg Sc, Universidad Nacional de Loja

Ing. Hector Maza Ch., Mg Sc, Universidad Nacional de Loja

Ing. Vladimir Placencia, Ministerio del Ambiente de Ecuador

#### **Equipo Técnico Editor**

Ing. Zhofre Aguirre Mendoza, Ph.D.

Ing. Deicy Lozano, Mg.Sc.

Ing. Darlin González, Mg. Sc.

#### **Coordinación:**

Carrera de Ingeniería Forestal – Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Teléfono 2545-198 ext. 118/110. Loja – Ecuador.

#### **Cuarta Edición**

**ISSN: 1390-3683**

**Tiraje:** 1000 ejemplares

**Dirección:** Av. Pio Jaramillo Alvarado y Reinaldo

Epinosa, La Argelia

**PBX:** (593) 07-2547252

[www.unl.edu.ec](http://www.unl.edu.ec)

Correo electrónico: [bosqueslatitud0@gmail.com](mailto:bosqueslatitud0@gmail.com)

<http://issuu.com/universidadnacionaldeloja>

Loja - Ecuador

#### **Fotografías:**

Foto Portada: Ing. Celso Yaguana P.

Foto Contraportada: Ing. Napoleón López T.

#### **Esta revista es editada por**

Carrera de Ingeniería Forestal - Universidad Nacional de Loja, (CIF -UNL)

Ministerio de Ambiente de Ecuador (MAE)

Red Agroforestal Ecuatoriana (RAFE)

El equipo técnico editor de la revista "**Bosques...latitud cero**" no necesariamente comparte el pensamiento y las opiniones vertidas en los artículos. Puede reproducirse el contenido de la revista respetando las normas de la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador.

#### **Agradecimiento**

La revista **Bosques...latitud cero**, es el resultado del fehaciente trabajo mutuo interinstitucional, llevado adelante gracias a una alianza entre tres instituciones de desarrollo ambiental interesadas en el manejo y conservación de los recursos naturales del Ecuador, y que creen conveniente llevar adelante un proceso de difusión e intercambio de información, a través de la publicación de la presente revista.

Por tal razón queremos agradecer a la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja quien retomó el proceso de construcción de la revista mediante la convocatoria y edición. También al Ministerio del Ambiente de Loja y Zamora Chinchipe y a la Red Agroforestal Ecuatoriana quienes dieron la apertura para retomar el proceso de publicación de la revista. Así mismo, extendemos el agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja por el financiamiento para la impresión.

Un agradecimiento sincero a los autores que facilitaron sus artículos por su ardua tarea de redacción, al equipo de editores por la revisión de los artículos y el acompañamiento permanente para mejorar estas publicaciones.

Esperamos que **Bosques...latitud cero** sea un importante referente de información forestal para los profesionales y otros interesados en el desarrollo y manejo de los recursos naturales y a que a su vez se convierta en un espacio y oportunidad para publicar importantes y variadas investigaciones científicas desarrolladas por profesionales e instituciones en el Ecuador.

## EDITORIAL

Ecuador es uno de los 17 países del mundo considerado como megadiverso. Estos países son ricos en biodiversidad (especies de fauna, flora y microorganismos) y endemismo (especies que solo existen en un lugar determinado y en ningún otro). Con todo esto, se ha determinado que estos 17 países albergan el 75 % de todos los animales vertebrados y plantas del planeta.

Dentro de este grupo megadiverso, se encuentra Ecuador, con una superficie de 256 370 km<sup>2</sup>; que representa, el 0,17 % de la superficie total del planeta. Este pequeño país alberga a más del 11 % de todas las especies de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos); también es el hábitat de 18 198 especies de plantas vasculares, y alrededor de 1600 especies de peces.

En el mundo se han identificado 34 zonas de alta prioridad para la conservación, denominadas hotspots. Tres de estas zonas se encuentran en Ecuador: los Andes tropicales (Amazonía occidental), los bosques húmedos de la región de Esmeraldas (la región del Choco), y los bosques occidentales/secos. Además, en el Ecuador existen 11 áreas de endemismo de aves y seis centros de diversidad y endemismo de plantas. A lo que se debe sumar la gran importancia biológica de las Islas Galápagos.

Esta gran riqueza natural del Ecuador se debe a factores como: presencia de la Cordillera de los Andes, que divide al Ecuador de norte a sur; la ubicación geográfica en el Trópico de Cáncer, la región más cálida del planeta; la ubicación dentro del continente americano, la cual permite que se reciba dos fenómenos oceánicos: una corriente marina cálida proveniente del norte, “El Niño”, y otra fría que viene del sur, la de “Humboldt”.

Es importante resaltar que diversidad biológica del Ecuador, es también sustentada por una variedad y multiplicidad de etnias, tradiciones y culturas. Ecuador es rico y diverso en pueblos y culturas ancestrales, en la actualidad habitan 27 nacionalidades, pueblos indígenas y negro-afroecuatorianos.

En este contexto la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, empeñada en formar los mejores forestales del Ecuador, impulsa la publicación de la revista *Bosques...Latitud Cero*, con el propósito de facilitar la comunicación y difusión de resultados de investigaciones de sus profesores, investigadores y técnicos; receptado trabajos relacionados a las ciencias agrícolas y forestales.

**Comite Técnico Editor**

# CONTENIDO

<b>Flora característica de los macro-ecosistemas del sur del Ecuador</b> <b>Flora characteristics in the macro-ecosystems of Ecuador south</b> Zhofre Aguirre Mendoza, Bolívar Merino .....	5
<b>Fenología y calidad de semillas de tres especies forestales nativas, promisorias del bosque seco, provincia de Loja</b> <b>Phenology and seed quality of three native, promising tree species of the dry forest in the province of Loja</b> Patricia Chamba Romero, Víctor Hugo Eras Guamán, Darlin Gonzalez Zaruma, Julia Minchala Patiño, Luis Muñoz Chamba, Magaly Yaguana Arévalo, Ruth Poma Angamarca .....	23
<b>Análisis multi-temporal del cambio de uso de suelo en el cantón Zapotillo, provincia de Loja</b> <b>Multi-temporal analysis of land use change in canton Zapotillo, province of Loja</b> Alvarez Pablo, Veliz Freddy, Muñoz Johana, Aguirre Nikolay .....	33
<b>Cambios de uso del suelo y modelación de escenarios de deforestación en el corredor de conectividad Podocarpus-Yacuambi, Zamora Chinchipe, Ecuador</b> <b>Land use change and modeling deforestation scenarios corridor connectivity Podocarpus-Yacuambi, Zamora Chinchipe, Ecuador</b> Aníbal Eduardo González, Karina Lalangui, Mayra Zambrano y Zhofre Aguirre Mendoza .....	48
<b>Rocas como fuentes minerales para el desarrollo de la agricultura orgánica en la provincia de Loja</b> <b>Rocks as a source of minerals for the development of organic agriculture in the province of Loja</b> Teodoro Feijó Cisneros, Néstor Feijó C y Hugo Betancourt Tituaña .....	58
<b>Superposición de nicho trófico entre <i>Lithobates catesbeiana</i> (rana toro) y <i>Rhinella marina</i> (sapo) en Zamora Chinchipe, Ecuador</b> <b>Trophic niche overlap between <i>Lithobates catesbeiana</i> (bull frog ) and <i>Rhinella marina</i> (toad) in Zamora Chinchipe , Ecuador</b> Katusca Valarezo Aguilar y Patricio Herrera Valladares .....	67
<b>Utilización de lactosuero y microorganismos eficientes en el ensilaje de maíz</b> <b>The use of efficient whey and microorganisms in corn silage</b> Paulina Vanesa Fernández, Dennys AlexanderTene, Luis Aguirre Mendoza .....	83
<b>Trabajabilidad de madera <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake y diseño de un mueble prototipo con madera de pequeñas dimensiones</b> <b>Wood machining <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake and design of a prototype unit with small timber</b> Napoleón López, Guillermo Ruales, Hermel Celi y Heriberto Jiménez .....	95

# Flora característica de los macro-ecosistemas del sur del Ecuador

## Flora characteristics in the macro-ecosystems of Ecuador south

Zhofre Aguirre Mendoza<sup>1\*</sup>, Bolívar Merino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente-Investigador de la Universidad Nacional de Loja. Herbario LOJA,

\*autor para correspondencia para zhofrea@yahoo.es

<sup>2</sup>Técnico del Herbario LOJA

**Recepción:** 27 de mayo de 2015

**Aceptación:** 15 de diciembre de 2015

### Resumen

En base a revisión bibliográfica y conocimientos de campo de los autores se presentan la descripción y especies características de 15 ecosistemas comunes en el sur del Ecuador. Se presenta el nombre común, nombre científico y familia de las especies que se desarrollan en los ecosistemas identificados, no son todas las especies, pero posiblemente las más conspicuas y diagnósticas que con esfuerzo del investigador permitirá tener un acercamiento al conocimiento de la flora de cada ecosistema del sur del Ecuador.

**Palabras claves:** flora cordillera oriental, flora cordillera occidental, especies diagnósticas, especies región sur del Ecuador, estado de conservación.

### Abstract

Based on bibliographical revision and knowledge of the authors field are presented the description and characteristic of the species of 15 common ecosystems in the south of the Ecuador. Is presented the common name, scientific name and family of each species that are developed in the identified ecosystems, is not all the species, but possibly the most conspicuous and diagnostic that with some effort will allow having a good approach to the knowledge of the flora of each ecosystem of southern Ecuador

**Keywords:** eastern cordillera flora, Western Cordillera, microecosystems, diagnostic species, southern region of Ecuador, condition of vegetation.

### INTRODUCCIÓN

Es de importancia comprender tres aspectos básicos en el estudio de un ecosistema: la estructura, la composición y la función. Dentro de la composición y estructura, entendiéndose por composición, el número de elementos de la flora o número de especies que habitan un determinado lugar o ecosistema, mientras que la estructura hace referencia a la distribución de las especies dentro de un área, a los tipos de vegetación que forman y a la importancia relativa, por número de individuos y tamaño, de cada una de ellas. Por tanto, la flora, según el clima y otros factores ambientales, determina la vegetación. La función en cambio es el papel que cumple cada elemento florístico en un determinado tipo de vegetación.

El conocimiento de las especies típicas y/o características que crecen en los diferentes tipos de cubierta vegetal (ecosistemas) en el sur del Ecuador es muy importante, ya que ayuda a que los técnicos e investigadores, manejen la nomenclatura botánica adecuada de una determinada especie vegetal, que les permita buscar y acceder a información científica en los diferentes medios impresos y digitales. En este listado se presentan las especies características de los ecosistemas, que significa que aparecerán con mayor frecuencia y su presencia es muy conspicua, situación que puede convertirse en una herramienta útil para la correcta definición y reconocimiento de los ecosistemas.

Este listado de especies se elaboró para brindar a los estudiantes y profesionales de las ciencias forestales y biológicas un apoyo para que conozcan las principales especies vegetales que se pueden encontrar en los diferentes ecosistemas de la región sur del Ecuador. Se ha revisado los nombres vernáculos que con más frecuencia se usan en el campo y aserraderos, a estos se acompaña el nombre científico, familia y el hábito de crecimiento de las especies enumeradas. Los nombres científicos están revisados en base a Jorgensen y León Yáñez (1999) y Neill y Ulloa (2011).

Para ilustrar al lector y mejorar la concepción técnica de los ecosistemas tratados en el cuadro 1 se presenta de cada ecosistema: la zona donde se localiza, rango altitudinal, uso actual y estado de conservación; no se indican todos los sitios de ocurrencia, se dan pautas para su ubicación geográfica.

**Cuadro 1.** Ecosistemas existentes en la región sur del Ecuador, con la zona geográfica de ocurrencia, el rango altitudinal, uso actual del territorio y estado de conservación.

Ecosistemas	Zona donde se puede encontrar	Rango altitudinal msnm	Uso actual	Estado de conservación
Bosque amazónico de tierras bajas	Zamora, El Padmi, Yanzatza, Bombuscaro.	800-1100	Extracción maderas y conversión de uso, minería	Regular
Bosque piemontano de la vertiente oriental	San Ramón-Zamora-Valladolid, Palanda, Zumba	1100-1800	Extracción de madera, conversión de uso	Malo
Bosque piemontano de la vertiente occidental	Alamor, Pindal, Espíndola.	900-1700	Conversión de uso para agricultura y ganadería	Malo
Bosque andino/montano.	Loja, Santiago, Saraguro.	1900-2500	Conversión de uso para agricultura y ganadería. Extracción de maderas	Malo
Bosque andino de neblina	Yangana, Cajanuma, Villonaco	2400-2900	Extracción de productos madereros, conversión de uso.	Regular
Bosque andino alto – nublado	Parte alta de Cajanuma, zona alta de Yangana	2500-2900	Extracción de productos forestales maderables y no maderables	Regular

Matorral andino (Montano)	Laderas de la hoya de Loja, Zamora Huayco, Cajanuma, Saraguro.	2000-2700	Conversión de uso, incendios forestales.	Regular a Malo
Páramo herbáceo seco	Fierro Urco, Carboncillo, Paquishapa, Cerro de Arcos, Río Negro (Manú), Jimbura	2800-3400	Incendios, pastoreo, plantaciones de pino	Regular
Páramo herbáceo húmedo	Cajanuma, Cerro Toledo, Sananilla, El Tiro	3000-2500	Turismo, recreación, protección	Bueno
Páramo arbustivo	Sabanilla, Cajanuma, El Tiro. Amaluzá	3000-3550	Turismo, protección, Incendios	Bueno
Bosque seco sobre terrenos colinados	Zapotillo, La Ceiba, Lalamor, Tronco quemado, Malvas.	200-600	Extracción madera, pastoreo, conversión de uso	Regular
Bosque seco sobre pendientes moderadas y fuertes	Macará, Pindal, Alamor, Sozoranga, Cética, Paltas.	400-1000	Extracción madera, pastoreo, conversión de uso	Regular
Matorral seco	Larama, Lucarqui, Casanga.	400-1000	Extracción madera, pastoreo, conversión de uso	Malo
Matorral seco montano de los valles secos interandinos del sur	Malacatos, Vilcabamba, Quinara	1200-1700	Extracción madera, pastoreo, conversión de uso	Malo
Matorral seco de los valles interandinos del sur	Catamayo, San Pedro de la Bendita	1000-1400 (1500)	Extracción madera, pastoreo, conversión de uso	Malo

## FLORA CARACTERÍSTICA DE CADA ECOSISTEMA DEL SUR DEL ECUADOR

### 1. Bosque amazónico de tierras bajas del sur del Ecuador

La vegetación se presenta exuberante, el dosel alcanza hasta 25 m, con árboles emergentes de hasta 30-35 m; en promedio los árboles tienen DAP de 1,20 m, cubiertos de abundantes epifitas. El sotobosque con abundancia de palmeras pequeñas, anturios, helechos, aráceas y regeneración natural de las especies arbóreas, se observan claros de bosques naturales, según la madurez sucesional es fácil caminar por el sotobosque, existe una capa de necromasa de hasta 50 cm. Ecosistema que ocurre en las hondonadas, planicies y valles aluviales de los ríos Zamora, Nangaritza y Yacuambi. Estos bosques han sido alterados por la extracción de las especies maderables comerciales típicas como: *Terminalia amazonia* (yumbingue), *Otoba parvifolia* (guangare), *Cedrelinga cateniformis*

(zeique), *Cedrela odorata* (cedro), *Jacaranda copaia* (aravisco), se encuentra muy fragmentado.

**Cuadro 2.** Especies vegetales características del bosque amazónico de tierras bajas

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Hábito de Crecimiento
Jíbaro	<i>Sclerolobium</i> sp.	Fabaceae	Árbol
Peine de mono	<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.	Malvaceae	Árbol
Remo	<i>Aspidosperma laxiflorum</i> Kuhlman.	Apocynaceae	Árbol
Chonta	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Arecaceae	Árbol
Maní de árbol	<i>Caryodendron orinocense</i> H. Karst.	Euphorbiaceae	Árbol
Zeique	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Fabaceae	Árbol
Pituca	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae	Árbol
Laurel	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	Árbol
Copal	<i>Dacryodes peruviana</i> (Loes.) J.F. Macbr.	Burseraceae	Árbol
Porotillo	<i>Erythrina ulei</i> Harms	Fabaceae	Árbol
Higuerón	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	Árbol
Apai, aguacate de monte	<i>Grias peruviana</i> Miers.	Lecythidaceae	Árbol
Guayusa	<i>Ilex guayusa</i> Loes.	Aquifoliaceae	Árbol
Pambil	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Arecaceae	Árbol
Arabisco	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae	Árbol
Barbasco	<i>Lonchocarpus nicou</i> (Aubl.) DC.	Fabaceae	Árbol
Sota	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Steud.	Moraceae	Árbol
Morete, Hacho	<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.	Arecaceae	Árbol
Payanchillo amarillo	<i>Aniba riparia</i> (Ness) Mez	Lauraceae	Árbol
Caoba, almendro	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	Fabaceae	Árbol
Uva de monte	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Cecropiaceae	Árbol
Yarazo	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Sapotaceae	Árbol
	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk	Sapotaceae	Árbol
Copal	<i>Protium macrophyllum</i> (Kunth) Engl.	Burseraceae	Árbol
Yumbingue	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Combretaceae	Árbol
Yumbingue	<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud	Combretaceae	Árbol
Macairo	<i>Huerteia glandulosa</i> Ruiz & Pav.	Staphyleaceae	Árbol
Juan Colorado	<i>Vochysia aurantiacea</i> Stapf.	Vochysiaceae	Árbol
Bella María	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	Vochysiaceae	Árbol
Llora sangre, Guangare	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry	Myristicaceae	Árbol
Sande	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	Moraceae	Árbol
Chanul	<i>Humiriastrum procerum</i> (Little) Cuatrec.	Humiriaceae	Árbol
Forastero	<i>Aniba flexuosa</i> A.C. Sm.	Lauraceae	Árbol
Canelo blanco	<i>Endlicheria sericea</i> Ness	Lauraceae	Árbol
Alcanfor	<i>Lycaria</i> sp.	Lauraceae	Árbol
Mascarey, Guacora colorada	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemao	Euphorbiaceae	Árbol
Yantzaó	<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	Meliaceae	Árbol
Yantzaú	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	Árbol
Pachaco	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Fabaceae	Árbol
Limoncillo	<i>Mollinedia ovata</i> Ruiz & Pav.	Monimiaceae	Árbol
Samike	<i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Britton & Rose	Fabaceae	Árbol

Yamila, Chimi	<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	Moraceae	Árbol
Guarumo	<i>Cecropia montana</i> Warb. Ex Snethl.	Cecropiaceae	Árbol
Guayacan, porotillo	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S. O. Grose	Bignoniaceae	Árbol
Palmito	<i>Euterpe precatória</i> Mart.	Arecaceae	Palma
Membrillo de montaña	<i>Eugenia stipitata</i> Mc Vaugh	Myrtaceae	Arbusto
Ajo silvestre	<i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A. H. Gentry	Bignoniaceae	Bejuco

## 2. Bosque piemontano del lado oriental del sur del Ecuador

Vegetación siempreverde, densa, el dosel alcanza entre 18-20 m y diámetros de 1 m, con árboles emergentes aislados de hasta 25 m. Se desarrollan en terrenos de pendientes moderadas, riveras de ríos de montaña y zonas con fuertes pendientes. El sotobosque es denso con arbustos de rubiáceas, solanáceas, melastomatáceas, helechos arbóreos, en ocasiones se vuelve casi impenetrable. Es característico observar palmeras en el dosel superior. Por las condiciones climáticas y edáficas estos ecosistemas han sido transformados de uso, para dedicar a pastizales y cultivos agrícolas.

**Cuadro 3.** Especies características del bosque piemontano del lado oriental del sur del Ecuador

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	Árbol
Sangre de drago	<i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	Árbol
Balsilla	<i>Heliconia americana</i> L.	Malvaceae	Árbol
Cascarillón	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Anderson	Rubiaceae	Árbol
Hueso	<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.	Violaceae	Árbol
Sacha sapote	<i>Leonia crasa</i> L.B. Sm. & A. Fernández	Violaceae	Árbol
Llashín	<i>Lophosoria quadripinnata</i> (J.F.Gmel.) C. Chr.	Lophosoriaceae	Árbol
Sierra	<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	Melastomataceae	Árbol
Romerillo mollon	<i>Nageia rospiglosii</i> (Pilg.) de Laub.	Podocarpaceae	Árbol
Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam) Urb.	Malvaceae	Árbol
Sangre	<i>Otoba glycyarpa</i> (Ducke) W. Rodríguez	Myristicaceae	Árbol
Romerillo	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lam.	Podocarpaceae	Árbol
Cedrillo	<i>Ruarea pubescens</i> H. Karst.	Meliaceae	Árbol
Achotillo	<i>Vismia baccifera</i> (L) Triana & Planch.	Clusiaceae	Árbol
Sangre de gallina	<i>Vismia tomentosa</i> Ruiz & Pav.	Clusiaceae	Árbol
Pigue, Tunashi	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Asteraceae	Árbol
Cedro Colorado	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Árbol
Guabillo	<i>Inga acreana</i> Harms	Fabaceae	Árbol
Caucho	<i>Sapium marmieri</i> Huber	Euphorbiaceae	Árbol
Monte del oso	<i>Saurauia bullosa</i> Wawia in Mart	Actinidaceae	Árbol
Guarumo	<i>Cecropia pastazae</i> Diels	Cecropiaceae	Árbol
Cansa	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Euphorbiaceae	Árbol
Canelón	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	Árbol
Sacha zapote	<i>Leonia crassa</i> L.B.Sm. & A. Fernández	Violaceae	Árbol
Guabo	<i>Inga densiflora</i> Benth.	Fabaceae	Árbol
Guacora	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemao	Euphorbiaceae	Árbol
Pambil	<i>Wettinia maynensis</i> Spruce	Arecaceae	Palma
	<i>Dyctyocarium lamarckianum</i> (Mart.) H. Wendl.	Arecaceae	Palma
Ungurahua	<i>Oenocarpus batahua</i> Mart.	Arecaceae	Palma

### 3. Bosque piemontano de la vertiente occidental del sur del Ecuador

La vegetación es semicaducifolia con elementos florísticos que pierden su follaje en la temporada seca. En los remanentes boscosos se diferencian perfectamente tres estratos, con un dosel de hasta 22 m, con árboles gruesos y frondosos. El sotobosque contiene una cantidad considerable de arbustos de rubiáceas, aráceas y poáceas leñosas como la chinchá *Chusquea scandens*. Estos bosques crecen en la zona geográfica denominada la “franja del café”, zona muy productiva para actividades pecuarias y agrícolas, por esta razón los bosques han desaparecido “casi” totalmente, por la conversión de uso, quedando pequeños remanentes aislados y ubicados en terrenos de fuertes pendientes, en las riveras de ríos y quebradas.

**Cuadro 4.** Especies características del bosque piemontano de la vertiente occidental

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento
Chirimoya	<i>Annona cherimola</i> Mill.	Annonaceae	Árbol
Vainillo, Changue, Guarango	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	Fabaceae	Árbol
Chora	<i>Capparidastrium petiolare</i> (Kunth) Hutch.	Capparaceae	Árbol
Amarillo	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rose ex Rudd.	Fabaceae	Árbol
Guabo blanco	<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	Sapindaceae	Árbol
Arupo	<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth	Oleaceae	Árbol
Guaba musga	<i>Inga oerstediana</i> Benth. ex. Seem.	Fabaceae	Árbol
Arabisco	<i>Jacaranda sparrei</i> A.H. Gentry	Bignoniaceae	Árbol
Guararo	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Lvthraceae	Árbol
Niguito	<i>Muntingia calabura</i> L.	Flacourtiaceae	Árbol
Chaquino	<i>Mvroxylon balsamum</i> (L.) Harms.	Fabaceae	Árbol
Canelón	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae	Árbol
Tagua	<i>Phvtelephas aequatorialis</i> Spruce	Arecaceae	Árbol
Chereco, Checo	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Árbol
Fernán Sánchez, Romblón	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A. Mey. ex C.A. Mey.	Polygonaceae	Árbol
Guallache	<i>Fulcaldea laurifolia</i> (Bonpl.) Poir. ex Less.	Asteraceae	Árbol
Guacora	<i>Sorocea trophoides</i> W. Burger	Moraceae	Árbol
Higuerón	<i>Ficus cuatrecasana</i> Dugand	Moraceae	Árbol
Saco	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.	Myrtaceae	Árbol
Laurel	<i>Cordia macrantha</i> Chod.	Boraginaceae	Árbol
Guaylo	<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	Bignoniaceae	Arbusto
Fresno	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex. Kunth	Bignoniaceae	Arbusto
Pico – Pico	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schidl.	Solanaceae	Arbusto
Condurango	<i>Marsdenia cundurango</i> Rchb. f.	Asclepiadaceae	Trepadora

### 4. Bosque andino/montano del sur del Ecuador

Vegetación siempreverde con árboles grandes, retorcidos, frondosos, cargados de epifitas, especialmente orquídeas y anturios. El dosel alcanza 16 m con árboles de diámetros de 60

cm. Ubicada sobre suelos superficiales, por lo que es común observar las raíces de los árboles en la superficie. En el sotobosque se aprecia gran cantidad de hierbas: gesneriáceas, begonias y helechos, una capa de hojarasca de hasta 30 cm. Los helechos arbóreos también son abundantes. Están presentes en terrenos de fuertes pendientes, en las riberas de los ríos, hondonadas formando pequeños remanentes entre áreas de potreros y cultivos. La vegetación original ha sido convertida a áreas de uso agropecuario.

**Cuadro 5.** Especies características del bosque andino/montano del sur de Ecuador

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento
Cedro	<i>Cedrela montana</i> Moritz cx Turcz.	Meliaceae	Árbol
Cascarilla	<i>Cinchona officinalis</i> L.	Rubiaceae	Arbusto
Cascarilla	<i>Cinchona macrocalix</i> Pav. ex DC.	Rubiaceae	Arbusto
Cascarilla	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	Rubiaceae	Arbusto
Almizcle	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Clethraceae	Árbol
Almizcle, Tolapo blanco	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Clethraceae	Árbol
Sierrilla	<i>Meriania sanguinea</i> Wurdack	Melastomataceae	Árbol
Pumamaqui	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae	Árbol
Pacarco	<i>Persea brevipes</i> Meisn.	Lauraceae	Árbol
Aguacatillo	<i>Persea ferruginea</i> Kunth	Lauraceae	Árbol
Romerillo	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb	Podocarpaceae	Árbol
Sacha capulí	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	Rosaceae	Arbusto
Roble andino	<i>Roupala obovata</i> Kunth	Proteaceae	Árbol
Cedrillo	<i>Ruagea hirsuta</i> (C.DC.) Harms	Meliaceae	Árbol
Rañez	<i>Viburnum tryphyllum</i> Benth.	Caprifoliaceae	Árbol
Cashco	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Cunoniaceae	Árbol
Cashco	<i>Weinmannia macrophylla</i> Kunth	Cunoniaceae	Árbol
Upacedro	<i>Brunellia acostae</i> Cuatrec.	Brunelliaceae	Árbol
Aliso	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae	Árbol
Laurel del cera	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Wilbur	Myricaceae	Árbol
Yuber	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Myrsinaceae	Árbol
Duco	<i>Clusia alata</i> Triana & Planch.	Clusiaceae	Árbol
Duco	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	Árbol
Violeta de campo	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	Loranthaceae	Arbusto
Cucharillo chico	<i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	Proteaceae	Arbusto
Sarnoso	<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	Anacardiaceae	Arbusto
Resna, Crespillo	<i>Maytenus</i> sp.	Celastraceae	Arbusto

## 5. Bosque andino de neblina del sur del Ecuador

Vegetación densa, cuyo dosel tiene una altura de 12 m, con árboles muy ramificados desde muy bajo, retorcidos, cargados de abundantes epifitas debido a la presencia de precipitación horizontal. También se destaca la abundancia de plantas hemiepifitas de la familia Ericaceae, Araliaceae y Araceae. Una característica muy particular es la presencia de abundante bamba (raíces, troncos y hojarasca) en el piso que cumple una función muy especial para almacenar y regular el agua. Por lo general están ubicados en hondonadas de pendientes medias a fuertes formando vegetación de galería, generalmente limitando con los páramos.

**Cuadro 6.** Flora característica del bosque andino de neblina del sur de Ecuador

Nombre común	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento
Guarumo	<i>Cecropia andina</i> Cuatrec.	Cecropiaceae	Árbol
Palma de ramos	<i>Ceroxylon parvifrons</i> (Engel) H. Wendl.	Arecaceae	Árbol
Duco blanco	<i>Clusia alata</i> Triana & Planch.	Clusiaceae	Árbol
Duco colorado	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	Árbol
Guayusa de monte, Borracho	<i>Hedyosmum scabrum</i> (R. & P.) Solms	Chloranthaceae	Árbol
Arrayán	<i>Mvrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) Mc. Vaugh	Myrthaceae	Árbol
Yuber	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Myrsinaceae	Árbol
Canelón	<i>Nectandra laurel</i> Nees	Lauraceae	Árbol
Coco	<i>Panopsis ferruginea</i> (Meisn) Pittier	Proteaceae	Árbol
Romerillo colorado	<i>Prumnopytis montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub.	Podocarpaceae	Árbol
Monte del oso	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidaceae	Árbol
Cheflera	<i>Schefflera acuminata</i> (Pavón) Harms	Araliaceae	Árbol
Limoncillo	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	Monimiaceae	Árbol
Higo de pava	<i>Symplocos fuscata</i> B.Stahl	Symplocaceae	Árbol
Cashco, Sara	<i>Weinmannia glabra</i> L.f.	Cunoniaceae	Árbol
Sara blanca	<i>Weinmannia macrophylla</i> Kunth	Cunoniaceae	Árbol
Sara, cashco	<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	Cunoniaceae	Árbol
Cascarilla roja	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl.	Rubiaceae	Árbol
Negrillo	<i>Ilex myricoides</i> Kunth	Aquifoliaceae	Arbusto
Espinocarpa	<i>Berberis loxensis</i> Benth.	Berberidaceae	Arbusto
Llashín	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	Cyatheaceae	Arbusto
	<i>Cybianthus marginatus</i> (Benth.) Pipoly	Myrsinaceae	Arbusto
Yuber	<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly	Myrsinaceae	Arbusto
Maco maco, Shiripe	<i>Myrsine dependens</i> (Mez) Pipoly	Myrsinaceae	Arbusto
Golondrina	<i>Vallea stipularis</i> L.f.	Elaeocarpaceae	Arbusto
Anturios	<i>Anthurium</i> spp.	Araceae	Epífita

## 6. Bosque andino alto – nublado del sur del Ecuador

Ecosistema con vegetación muy densa con árboles pequeños, ramificados y retorcidos, cubiertos con abundantes epifitas por el influjo de la humedad que provoca la precipitación horizontal. El dosel alcanza hasta 10 m de altura. El sotobosque está cubierto por especies de las familias gesneriácea, solanáceas y en forma abundante *Rhpidocladum armonicum*. Se desarrollan en hondonadas de pendientes suaves, aquí las plantas son más grandes y en áreas de fuertes pendientes limitando con los páramos las plantas son achaparradas, a este ecosistemas se denomina bosque enano/achaparrado. Son muy importantes en la regulación hidrológica, ya que mantienen gran cantidad de materia orgánica y favorecen procesos de interceptación, infiltración, almacenamiento y regulación.

**Cuadro 7.** Flora característica del bosque andino alto –nublado- del sur de Ecuador

Nombre común	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento
Duco blanco	<i>Clusia alata</i> Triana & Planch.	Clusiaceae	Árbol

Duco colorado	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Clusiaceae	Árbol
Borracho	<i>Hedyosmun racemosum</i> (Ruiz & Pav.) Don	Chloranthaceae	Árbol
Jicamilla grande, Borracho	<i>Hedyosmun scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	Chloranthaceae	Árbol
Higo de pava	<i>Symplocos fuscata</i> B. Stahl	Symplocaceae	Árbol
Sara	<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	Cunoniaceae	Árbol
Sara blanca	<i>Weinmannia macrophylla</i> Kunth	Cunoniaceae	Árbol
Sara	<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	Cunoniaceae	Árbol
Palmiche	<i>Geonoma arbignyana</i> Mart	Arecaceae	Arbusto
Tunashi grande	<i>Gynoxys chagalensis</i> Hieron	Asteraceae	Arbusto
Tunashi blanco	<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass	Asteraceae	Arbusto
Quique	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae	Arbusto
Sierrilla	<i>Meriania furvanthera</i> Wurdack	Melastomataceae	Arbusto
Café de monte	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	Rubiaceae	Arbusto
Limoncillo	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Monimiaceae	Arbusto
	<i>Zinowiewia madsenii</i> C. Ulloa & P. Jorg.	Celastraceae	Arbusto
Chachacomillo	<i>Escallonia myrtilloides</i> L.f	Escalloniaceae	Arbusto
Payamo	<i>Bejaria aestuans</i> L.	Ericaceae	Arbusto
	<i>Cybianthus marginatus</i> (Benth.) Pipoly	Myrsinaceae	Arbusto
Payamo	<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L.f.	Ericaceae	Arbusto
	<i>Rumex tolimensis</i> Wedd.	Polygonaceae	Hierba

## 7. Matorral andino (montano) del sur del Ecuador

Ecosistema con vegetación arbustiva alta, entrecruzada, a veces con plantas espinosas (*Barnadesia* y *Berberis*), es el producto de procesos sucesionales derivados de conversión de uso, incendios forestales, derrumbes, aunque existen áreas donde se ha desarrollado matorral debido a factores limitantes como la pendiente y la profundidad de suelos. Las plantas que crecen alcanzan hasta 6 m de altura, en las hondonadas posiblemente más. Esta vegetación si no es intervenida nuevamente se convierte en bosque secundario clímax con una interesante diversidad florística. Las especies típicas de este ecosistema son:

**Cuadro 8.** Flora característica del matorral andino (montano) del sur de Ecuador

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Habito de crecimiento
Chilca larga	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Asteraceae	Arbusto
Chilca redonda	<i>Baccharis obtusifolia</i> Kunth	Asteraceae	Arbusto
Espino	<i>Berberis lehmannii</i> Hieron	Berberidaceae	Arbusto
Chola Chola	<i>Cantua quercifolia</i> Juss.	Polemoniaceae	Arbusto
Salapa	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. cx J st. Hil.) Hoerold	Ericaceae	Arbusto
Almizcle	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Clethraceae	Arbusto
Poleo del inca	<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Harley	Lamiaceae	Arbusto
Chachacomó	<i>Escallonia micrantha</i> Mattf.	Grossulariaceae	Arbusto
Piglo, lechero	<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss.	Euphorbiaceae	Arbusto
Violeta de campo	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	Loranthaceae	Arbusto
Tushashi blanco	<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass.	Asteraceae	Arbusto
Quique	<i>Hesperomeles ferruginea</i> (Pers) Benth.	Rosaceae	Arbusto

Quíque	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae	Arbusto
Sierrilla	<i>Huberia peruviana</i> Cogn.	Melastomataceae	Arbusto
Casa Casa, shalshon	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	Lamiaceae	Arbusto
Casa Casa	<i>Lepechinia paniculata</i> (Kunth) Epling	Lamiaceae	Arbusto
Cucharillo chico	<i>Lomatia hirsuta</i> Lam.	Proteaceae	Arbusto
Joyapa blanca	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm.	Ericaceae	Arbusto
Joyapa	<i>Macleania salapa</i> (Benth) Hook. F. ex Hoerold	Ericaceae	Arbusto
Campanilla	<i>Macrocarpaea bupos</i> J.R. Grant & Struwe	Gentianaceae	Arbusto
Maco maco	<i>Mvrsine sodiroana</i> (Mez.) Pipoly	Myrsinaceae	Arbusto
Cucharillo	<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) Diels	Proteaceae	Arbusto
Tarapo	<i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero	Asteraceae	Arbusto
Llashipa	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Dennstaedtiaceae	Arbusto
Roble andino	<i>Roupala obovata</i> Kunth	Proteaceae	Arbusto
Zarzamora	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Rosaceae	Arbusto trepador
Sol	<i>Senesio iscoensis</i> Hieron.	Asteraceae	Arbusto
Tarapo	<i>Verbesina pentantha</i> J.F. Blake	Asteraceae	Arbusto
Golondrina	<i>Vallea stipularis</i> L.f.	Elaeocarpaceae	Arbusto
Zarzaparilla	<i>Smilax benthamiana</i> A. DC.	Smilacaceae	Arbusto trepador
Payamo	<i>Bejaria subsessilis</i> Benth.	Ericaceae	Arbusto rastrero
Violeta de campo	<i>Viola donbeyana</i> DC.	Violaceae	Hierba trepadora

## 8. Páramo herbáceo seco del sur del Ecuador

Ecosistema altoandino con vegetación abierta, seca, con dominio de hierbas graminoideas que crecen en penacho; ubicado sobre terrenos de pendientes suaves y en filos de cordilleras. En el día se dan temperaturas elevadas (30°C) y en la noche bajan hasta 8°C, la precipitación es escasa y los días de sol son muy intensos. Debido a las constantes quemadas, estos páramos han perdido la mayoría de sus especies y se vuelven muy homogéneas con predominio de paja *Calamagrostis intermedia*. Pero cuando no han sido quemados, la riqueza florística es muy interesante. En otras zonas este ecosistema ha sido reforestado con *Pinus patula* y *Pinus radiata*.

**Cuadro 9.** Flora característica del páramo herbáceo seco del sur de Ecuador

Nombre Común	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento
Cafetillo	<i>Arcvtophyllum rivetii</i> Danguy & Cherm.	Rubiaceae	Hierba
Paja de cerro	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl.) Steud.	Poaceae	Hierba
Pinito de altura	<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	Clusiaceae	Hierba
Orejuela	<i>Lachemila orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	Rosaceae	Hierba
Trensilla	<i>Lorycaria thujoides</i> (Lam.) Sch.Bip.	Asteraceae	Hierba leñosa
Bora	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> (Kunh) Baker	Iridaceae	Hierba
Achupalla	<i>Puya eryngioides</i> André	Bromeliaceae	Hierba
Escoba	<i>Schyzachyrium condensatum</i> (Kunth) Ness	Poaceae	Hierba
Escoba, Pasto rojo	<i>Schyzachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	Poaceae	Hierba

Valeriana	<i>Valeriana plantaginea</i> Kunth	Valerianaceae	Hierba roseta
Sierra	<i>Miconia bracteolata</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	Arbusto
Mano de dios	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	Asteraceae	Arbusto
Tunashi	<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass.	Asteraceae	Arbusto
Valeriana del cerro	<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	Valerianaceae	Arbusto

### 9. Páramo herbáceo húmedo del sur del Ecuador

Vegetación altoandina con dominio de especies graminoideas que se desarrolla en densos penachos con abundancia de *Neurolepis* y *Chusquea microphylla*. Lo particular es que en las hondonadas y lugares protegidos por el viento se desarrollan arbustos pequeños entremezclados con el pajonal. La superficie del suelo está cubierta de *Sphagnun* que crece abundantemente por la influencia de la humedad. Son extremadamente diversos, debido a que son favorecidos por la presencia de neblina y lluvia horizontal nocturna, que provoca elevada humedad atmosférica. Existe intensa heliofania, la temperatura es elevada durante el día y muy baja en la noche. Estos páramos son de los más diversos del Ecuador.

**Cuadro 10.** Flora característica del páramo herbáceo húmedo del sur de Ecuador

Nombre común	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento
Cafetillo	<i>Arcytophyllum rivetti</i> Danguy & Cherm	Rubiaceae	Hierba
Sacha Zanahoria	<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. ex Spreng.	Apiaceae	Hierba
Ojo de venado	<i>Eryngium humile</i> Cav.	Apiaceae	Hierba
Mano de dios	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	Asteraceae	Hierba
Paja de cerro	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud	Poaceae	Hierba penacho
Pinito de altura	<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	Clusiaceae	Hierba
Chocho silvestre	<i>Lupinus tauris</i> Benth.	Fabaceae	Hierba
	<i>Neurolepis asymetrica</i> L.G. Clark	Poaceae	Hierba
	<i>Neurolepis laegaardii</i> L. G. Clark	Poaceae	Hierba
Mote pelado	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	Ericaceae	Hierba leñosa
Huaminga	<i>Huperzia sarmentosa</i> (Spring.) Trevis.	Lycopodiaceae	Hierba epífita
Licopodio	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Lycopodiaceae	Hierba rastrera
Sacha zanahoria	<i>Nyphogeton dissecta</i> (Benth.) J.F. Macbr.	Apiaceae	Hierba
Periquita	<i>Paepalanthus ensifolius</i> (Kunth) Kunth	Eriocaulaceae	Hierba roseta
Achupalla	<i>Paya lanata</i> (Kunth) Schult. f.	Bromeliaceae	Arbusto roseta
Musgo	<i>Sphagnum</i> sp.	Musci	Musgo
Valeriana	<i>Valeriana plantaginea</i> Kunth	Valerianaceae	Hierba
Huevo frito	<i>Werneria nubigena</i> Kunih	Asteraceae	Hierba
Valeriana	<i>Valeriana convallarioides</i> (Schmale) B.B. Larsen	Valerianaceae	Hierba roseta
Orquídea	<i>Gomphichis caucana</i> Schltr.	Orchidaceae	Orquídea terrestre
Cafetillo	<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schtdl	Valerianaceae	Hierba leñosa
Zarcillo	<i>Brachyotum benthamianum</i> Triana	Melastomataceae	Arbusto
Zarcillo	<i>Brachyotum campanulare</i> Triana	Melastomataceae	Arbusto
Tunashi blanco	<i>Gynoxys cuicochensis</i> Cuatrec.	Asteraceae	Arbusto
Galloruro	<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth.	Ericaceae	Arbusto

## 10. Páramo arbustivo del sur del Ecuador

Tipo de vegetación particular que se presenta con frecuencia en las zonas altoandinas del sur del Ecuador. Se mezclan hierbas, arbustos, bromelias y enredaderas. Ubicados por lo general en las laderas suaves y hondonadas, donde predominan las gramíneas y bajo éstas se encuentra creciendo gesnerias, valerianas, gentianelas, geranios y, en las áreas de pendientes planas y favorecidos por el microclima, la vegetación es arbustiva con leñosas que en los bosques de zonas de menos altitud sobre el nivel del mar son árboles, como el caso de *Weinmannia fagaroides*, *Escallonia myrtilloides*.

**Cuadro 11.** Flora característica del páramo arbustivo del sur de Ecuador

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Hábito de crecimiento
Zarcillo	<i>Brachyothum gracilescens</i> Triana	Melastomataceae	Arbusto
Salapa	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.- Hil.) Hoerold	Ericaceae	Arbusto
Chachacomillo	<i>Escallonia mvrtilloides</i> L. f.	Grossulariaceae	Arbusto
	<i>Fuchsia harlingii</i> Munz	Oenotheraceae	Arbusto
Violeta de campo	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	Loranthaceae	Arbusto
Guayusa de monte	<i>Hedyosmum scabrun</i> (Ruiz & Pav.) Solms	Chloranthaceae	Arbusto
Joyapa blanca	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm.	Ericaceae	Arbusto
Campanilla	<i>Macrocarpaea noctiluca</i> J.R. Gant & Struwe	Gentianaceae	Arbusto
Sierrilla	<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	Arbusto
Iguilán	<i>Monnina arbuscula</i> Chordat	Polygalaceae	Arbusto
Higo de pava	<i>Symplocos fuscata</i> B. Stahl	Symplocaceae	Arbusto
Mortiño	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	Ericaceae	Arbusto
Cashco	<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	Cunoniaceae	Arbusto
Pumamaqui	<i>Oreopanax sessiliflorus</i> (Benth.) Decne & Planch.	Araliaceae	Arbusto
Huicundo	<i>Tillandsia aequatorialis</i> L.B. Sm.	Bromeliaceae	Hierba
	<i>Neurolepis asymmetrica</i> L.G. Clark	Poaceae	Hierba
Pinito de altura	<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	Clusiaceae	Hierba
Pasto	<i>Neurolepis aperta</i> (Munro) Pilg.	Poaceae	Hierba
Paja de cerro	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl.) Steud.	Poaceae	Hierba
Zapatilla	<i>Calceolaria microbefaria</i> Kraenzl.	Scrophulariaceae	Hierba
Zapatilla de la reina	<i>Calceolaria stricta</i> Kunth	Scrophulariaceae	Hierba

## 11. Bosque seco deciduo sobre terrenos colinados del sur occidente del Ecuador

Vegetación decidua con un dosel entre 16-25 m con árboles de copas aparasoladas. Estos bosques pertenecen a los bosque secos ecuatoriales, que se desarrollan en Zapotillo y, son más secos, menos diversos, producto de la intensa alteración que han sufrido, actualmente su fisonomía y composición están claramente empobrecidas y queda muy poco de su extensión original con remanentes en buen estado de conservación a esto se suma la

estación seca de más de 4 meses. La vegetación es estacionalmente seca, que tiene dos facetas, en la época lluviosa son verdaderas selvas, con sotobosque exuberante; y, en la época seca se nota la influencia del clima cuando las plantas pierden sus hojas y los elementos arbustivos y herbáceos son escasos. Se localizan sobre terrenos de pendientes moderadas y de fisiografía colinada. Según la densidad de la vegetación se pueden diferenciar bosques densos, semidensos y ralos.

**Cuadro 12.** Flora característica del bosque seco deciduo sobre terrenos colinados del sur de Ecuador.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Hábito de Crecimiento
Angolo	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W. Grimes	Fabaceae	Árbol
Palo Santo	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	Burseraceae	Árbol
Charan blanco	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth	Fabaceae	Árbol
Sapote de perro	<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem	Capparaceae	Árbol
Pretino	<i>Cavanillesia platanifolia</i> (Bonpl.) Kunth	Malvaceae	Árbol
Ceibo	<i>Ceiba trichistandra</i> (A. Cray) Bakh.	Malvaceae	Árbol
Añalque	<i>Coccoloba ruiziana</i> Lindau	Polvgonaceae	Árbol
Polo Polo	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bixaceae	Árbol
Negro negro, laurel	<i>Cordia macrantha</i> Chodat	Boraginaceae	Árbol
Charan blanco	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	Fabaceae	Árbol
Porotillo	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Fabaceae	Árbol
Almendra	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Fabaceae	Árbol
Guazimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Árbol
Guayacán	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S. O. Grose	Bignoniaceae	Árbol
Gualtaco	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	Anacardiaceae	Árbol
Barbasco	<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.	Fabaceae	Árbol
Quiriquinche	<i>Pitecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	Fabaceae	Árbol
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC.	Fabaceae	Árbol
Borrachera	<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	Convolvulaceae	Arbusto
Vainillo	<i>Senna mollissima</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	Arbusto
Cactus	<i>Armatocereus matucanensis</i> Backeb. ex A.W. Hill	Cactaceae	Arbusto
Papelillo	<i>Bougainvillea peruviana</i> Bonpl.	Nvctaginaceae	Arbusto
Soroca	<i>Cereus diffusus</i> (Britton & Rose) Werderm.	Cactaceae	Arbusto
Overall	<i>Cordia lutea</i> Lam.	Boraginaceae	Arbusto

## 12. Bosque seco sobre terrenos de pendientes moderadas y fuertes del suroccidente del Ecuador.

Vegetación semidecidua, con dominio de *Ceiba trichistandra* gigantes, son más diversos y existe mayor vegetación herbácea, arbustiva y presencia de chopos de bejucos sobre los árboles. El dosel puede alcanzar hasta 22 m, con abundancia de *Eriotheca ruizii* (pasallo), *Cochlospermum vitifolium* (polo polo), *Erythrina velutina*, *Erythrina smithiana* (porotillo) y *Pisonia aculeata* (pego-pego). Los bosques igual soportan severa intervención antrópica, pero por efectos de altitud sobre el nivel del mar, suelos y clima es menos árido el ambiente. Ubicados sobre terrenos de pendientes moderadas y colinados. Considerando la densidad de la vegetación pueden clasificarse en densos, medianamente densos y ralos.

**Cuadro 13.** Flora característica del bosque seco sobre terrenos de pendientes moderadas y fuertes del sur de Ecuador.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento
Angolo	<i>Albizia multiflora</i> (Kunth) Barneby & J.W. Grimes	Fabaceae	Árbol
Palo Santo	<i>Bursera graveolens</i> (Kunth) Triana & Planch.	Burseraceae	Árbol
Añalque	<i>Coccoloba ruiziana</i> Lindau	Polvgoniaceae	Árbol
Zapote de perro	<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seen	Capparaceae	Árbol
Ceibo	<i>Ceiba trichistandra</i> (A. Gray) Bakh.	Malvaceae	Árbol
Uña de pava	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Ulmaceae	Árbol
Polo-Polo	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bixaceae	Árbol
Porotillo	<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff	Fabaceae	Árbol
Pasallo	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	Malvaceae	Árbol
Ajo sango	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Phytolaccaceae	Árbol
Almendo	<i>Geoffroea spinosa</i> Jacq.	Fabaceae	Árbol
Guazimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Árbol
Avillo	<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae	Árbol
Gualtaco	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	Anacardiaceae	Árbol
Sota	<i>Maclura tinctoria</i> (L) Steud.	Moraceae	Árbol
Chapra	<i>Macherium millei</i> Standl.	Fabaceae	Árbol
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae	Árbol
Molle	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	Árbol
Ciruelo, Hobo	<i>Spondias purpurea</i> L.	Anacardiaceae	Árbol
Guayacán madero	<i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau & K. Schum.) S. O. Grose	Bignoniaceae	Árbol
Guayacán oreja de león	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S. O. Grose	Bignoniaceae	Árbol
Pego-pego	<i>Pisonia aculeata</i> L.	Nyctaginaceae	Arbusto
Guapala	<i>Simira ecuadorensis</i> (Standl.) Steyerm.	Rubiaceae	Arbusto
Fresno	<i>Tecoma castanifolia</i> (D. Don) Meich.	Bignoniaceae	Arbusto
Clavelillo	<i>Barnadesia arborea</i> Kunth	Asteraceae	Arbusto
Jacapa	<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.	Apocynaceae	Arbusto
Lechero	<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.	Apocynaceae	Arbusto
Cebolleta	<i>Eucharis bakeriana</i> Spruce ex Engl	Amaryllidaceae	Hierba

### 13. Matorral seco del sur del Ecuador

Vegetación arbustiva decidua, poco densa (rala), alcanza alturas de 4-5 m con plantas espinosas de las familias Cactaceae y Fabaceae, en temporada lluviosa abundancia de hierbas de la familia Poaceae. Este tipo de ecosistema es el resultado de la recuperación luego de la conversión de uso, deforestación e incendios forestales, en el caso de las ubicadas sobre terrenos de pendientes moderadas. Pero los que se encuentran en pendientes abruptas, son ecosistemas naturales donde la escasa profundidad del terreno, baja fertilidad, falta de humedad, han sido las limitantes para el desarrollo de las plantas.

**Cuadro 14.** Flora característica del matorral seco del sur de Ecuador.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Hábito de Crecimiento
Faique	<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae	Árbol
Casposo, negrillo, Curicaspe	<i>Achatocarpus pubescens</i> C. H. Wright	Achatocarpaceae	Arbusto
Chaquiro	<i>Pithecellobium excelsum</i> (Kunth) Mart.	Fabaceae	Arbusto
Barba de chivo	<i>Calliandra taxifolia</i> (Kunth.) Benth.	Fabaceae	Arbusto
Moshquera	<i>Croton wagneri</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	Arbusto
Mote-mote	<i>Durantha dombeyana</i> Moldenke	Verbenaceae	Arbusto
Borrachera blanca	<i>Ipomoea pauciflora</i> M. Martens & Galeotti	Convolvulaceae	Arbusto
Borrachera	<i>Ipomoea carnea</i> Jacq	Convolvulaceae	Arbusto
Dormilona	<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae	Arbusto
Sierrilla	<i>Piptadenia flava</i> (Spreng. ex DC.) Benth.	Fabaceae	Arbusto
Choclitos	<i>Lantana trifolia</i> L.	Verbenaceae	Arbusto
Espino	<i>Xylosma velutina</i> (Tul.) Triana & Planch	Fabaceae	Arbusto
Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	Arbusto
Tunilla	<i>Opuntia quitensis</i> F.A.C. Weber	Cactaceae	Arbusto
Palo verde	<i>Cercidium praecox</i> (Ruiz & Pav.) Harms	Fabaceae	Arbusto

#### 14. Matorral seco montano de los valles secos interandinos del sur del Ecuador.

Vegetación arbustiva densa que han sufrido intervención antrópica desde tiempos precolombinos y actualmente la vegetación es tipo matorral achaparrado, muy enmarañado y es una mezcla de plantas armadas de espinas y especies que poseen látex, alcanzando alturas máximas de 3-4 m. En las hondonadas, debido a la profundidad del suelo y humedad, se desarrollan bosquetes de *Acacia macracantha*, *Anadenanthera colubrina*, *Ceiba insignis*, donde el dosel superior puede alcanzar hasta 10 m, también son sobresalientes *Echinopsis pachanoi* y *Dodonaea viscosa*. Este ecosistema se ubica entre 1 200 y 1700 msnm, en las parroquias de Vilcabamba, Quinara y Malacatos.

**Cuadro 15.** Flora característica del matorral seco montano de los valles secos interandinos del sur de Ecuador.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Hábito de Crecimiento
Penco	<i>Agave americana</i> L.	Agavaceae	Arbusto
Faique	<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae	Árbol
Wilco	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	Árbol
Chilca blanca	<i>Baccharis trinervis</i> Pers.	Asteraceae	Arbusto
Ceibo	<i>Ceiba insignis</i> (Kunth) P.E. Gibbs & Semir	Malvaceae	Árbol
Moshquera	<i>Croton wagneri</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	Arbusto
Chamana	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Sapindaceae	Arbusto
Mote-mote	<i>Durantha dombeyana</i> Moldenke	Verbenaceae	Arbusto
Sanpedrillo	<i>Echinopsis pachanoi</i> (Britton & Rose)	Cactaceae	Arbusto

	Friedrich & G.D. Rowley		
Cabuya blanca	<i>Furcraea andina</i> Trel.	Agavaceae	Arbusto
Piñón	<i>Jatropha curcas</i> L.	Euphorbiaceae	Arbusto
Borrachera	<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	Convolvulaceae	Arbusto
Casa-casa	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling.	Lamiaceae	Arbusto
Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	Arbusto
Tunilla	<i>Opuntia quitensis</i> F.A.C. Weber	Cactaceae	Arbusto
Guayabilla	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Myrtaceae	Arbusto
Sasamande	<i>Senna incarnata</i> (Pav. ex Benth.) H.S. Irwin & Barbeby	Fabaceae	Arbusto
Flor de novia	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	Agavaceae	Arbusto
Clavelillo	<i>Barnadesia aculeata</i> (Benth.) Chung	Asteraceae	Arbusto
Candelabro	<i>Espositoa lanata</i> (Kunth) Britton & Rose	Cactaceae	Arbusto
Soroca	<i>Cereus diffusus</i> (Britton & Rose) Werderm. F.A.C.	Cactaceae	Arbusto

### 15. Matorral seco del valle seco interandino de Catamayo.

Vegetación tipo matorral con una mezcla de plantas armadas de espinas y suculentas donde sobresalen en forma aislada *Colicodendron scabridum* y *Cynophalla mollis* y; bosques de galería que debido a la profundidad del suelo y humedad ha permitido el crecimiento de: *Acacia macracantha*, *Ceiba insignis*, *Geoffroea spinosa*, *Ziziphus thyrsoiflora*, donde el dosel superior puede alcanzar hasta 12 m. Este ecosistema ha sufrido intervención antrópica fuerte por pastoreo caprino y conversión de uso a cañaverales.

**Cuadro 16.** Flora característica del matorral seco del valle seco interandino de Catamayo.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Habito de Crecimiento
Faique	<i>Acacia macracantha</i> Hurnh. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae	Árbol
Wilco	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	Árbol
Ebano	<i>Ziziphus thyrsoiflora</i> Benth.	Rhamnaceae	Árbol
Ceibo	<i>Ceiba insignis</i> Kunth P.E. Gibas & Semir	Malvaceae	Árbol
Zapote de perro	<i>Cynophalla mollis</i> (Kunth) J. Presl	Capparaceae	Árbol
Zapote de perro	<i>Colicodendron scabridum</i> (Kunth) Seem	Capparaceae	Árbol
Moshquera	<i>Croton wagneri</i> Mdl. Aro.	Euphorbiaceae	Arbusto
Mote-mote	<i>Durantha dombeyana</i> Moldenke	Verbenaceae	Arbusto
Sanpedrillo	<i>Echinopsis pachanoi</i> (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley	Cactaceae	Arbusto
Cabuya blanca	<i>Furcraea andina</i> Trel.	Agavaceae	Arbusto
Piñón	<i>Jatropha curcas</i> L.	Euphorbiaceae	Arbusto
Borrachera	<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	Convolvulaceae	Arbusto
Casa-casa	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling.	Lamiaceae	Arbusto
Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	Arbusto
Tunilla	<i>Opuntia quitensis</i> F.A.C. Weber	Cactaceae	Arbusto
Flor de novia	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	Agavaceae	Arbusto
Candelabro	<i>Espositoa lanata</i> (Kunth) Britton & Rose	Cactaceae	Arbusto
Soroca	<i>Cereus diffusus</i> (Britton & Rose) Werderm. F.A.C.	Cactaceae	Arbusto
Tunilla	<i>Opuntia pubescens</i> J.C. Wendl. Ex Pfeiffer	Cactaceae	Arbusto
Porotillo	<i>Cyathostegia mathewsii</i> (Benth.) Schery	Fabaceae	Arbusto
	<i>Cercidium praecox</i> (Ruiz & Pav.) Harms	Fabaceae	Arbusto
Añil	<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Fabaceae	Arbusto

Vainillo	<i>Senna millisima</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	Arbusto
Chilca blanca	<i>Baccharis trinervis</i> Pers.	Asteraceae	Arbusto

## Conclusiones

El sur del Ecuador es una zona muy especial por la presencia de una diversidad ecosistémica única, que a la vez permite el desarrollo de una diversidad florística espectacular con presencia de especies forestales útiles para la humanidad y la conservación.

Debido a la influencia de clima, suelos y la particularidad de la fisonomía del terreno denotada en la depresión de Huancabamba, es posible la presencia de una diversidad de microhábitats especiales que han permitido el desarrollo de un elevado número de especies florísticas, diferentes a las existentes en el centro y norte del Ecuador.

Los procesos de intervención antrópica son frecuentes en la zona, razón que se ha provocado la disminución de la superficie de los diferentes ecosistemas y por ende la degradación de la flora allí existente.

## Bibliografía

Aguirre-Mendoza, Z.; Betancourt-Figueras, Y.; Geada-López, G. 2012. Productos forestales no maderables de los bosques secos del cantón Macará, Loja-Ecuador. Revista Forestal Baracoa 31 (Special Electronic).

Aguirre Z. y L. Kvist. 2009. Composición florística y estructura de bosques estacionalmente secos en el sur-occidental de Ecuador, provincia de Loja, municipios de Macara y Zapotillo. Arnaldoa 16(2): 87 – 99. ISSN: 1815-8242.

Aguirre Z. y P. Kvits. 2005. Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. Lyonía. Volumen 8 (2): 41-67.

Aguirre Z. y T. Delgado. 2005. Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro-Cazaderos, Occidente de la Provincia de Loja. En: M.A. Vásquez, J.F. Freile y L. Suárez (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. Pp. 9-24. EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco. Quito, Ecuador.

Aguirre Z., E. Cueva, B. Merino, W. Quizhpe y A. Valverde. 2001. Evaluación ecológica rápida de la vegetación en los bosques secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador. Pp. 15-35. En M.A. Vásquez, M. Larrea, L. Suárez & P. Ojeda (eds.). Biodiversidad en los Bosques Secos del Sur-Occidente de la Provincia de Loja. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco, Quito. Ecuador.

Aguirre Z., P. Kvist y R. Linares. 2006. Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. Arnaldoa. 13(2): 324 – 350. ISSN: 1815-8242.

HERBARIO LOJA, UNISIG, CINFA. 2001. Zonificación y determinación de los tipos de Bosque seco en el suroccidente de la provincia de Loja. Informe Final. Herbario Loja — Proyecto Bosque Seco, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 144 pp.

HERBARIO LOJA, CINFA, SNV. 2003. Zonificación ecológica de los seis cantones de influencia del Proyecto Bosque Seco. Fase II. Informe Final. Herbario Loja — Proyecto Bosque Seco, Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 144 pp.

Jørgensen, P. M. y S. León-Yáñez (Eds.). 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden. Saint Louis. USA. 1181 p.

Neill D. y C. Ulloa. 2011. Adiciones de la flora del Ecuador: segundo suplemento 2005-2010. MAE. Jatun Sacha, Missouri Botanical Garden. RG. Grafista, Quito, Ec. 202 p.

## Fenología y calidad de semillas de tres especies forestales nativas, promisorias del bosque seco, provincia de Loja

### Phenology and seed quality of three native, promising tree species of the dry forest in the province of Loja

Patricia Chamba Romero<sup>1\*</sup>, Víctor Hugo Eras Guamán<sup>2</sup>, Darlin Gonzalez Zaruma<sup>2</sup>, Julia Minchala Patiño<sup>3</sup>, Luis Muñoz Chamba<sup>3</sup>, Magaly Yaguana Arévalo<sup>3</sup>, Ruth Poma Angamarca<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tesista de la carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja

<sup>2</sup> Docente-Investigador, Universidad Nacional de Loja

<sup>3</sup> Laboratorio de Micropropagación Vegetal, Universidad Nacional de Loja

\* autor para correspondencia: [prchamba@gmail.com](mailto:prchamba@gmail.com)

**Recepción:** 24 de marzo de 2015

**Aceptación:** 18 de diciembre de 2015

#### RESUMEN

La presente investigación corresponde al estudio fenológico, producción y calidad de semillas de tres especies forestales (*Prosopis* sp, *Handroanthus billbergii* y *Loxopterygium huasango*) nativas del bosque seco del sur occidente de la provincia de Loja; las cuales fueron identificadas en tres sectores: Limones (cantón Zapotillo), Lucarqui – Bramaderos (cantón Paltas) y los sectores de Vizin y Puente Internacional (cantón Macará), situados en la gradiente altitudinal de los 300 a 1000 msnm. Se identificaron 39 individuos (9 o 10 por especie), en los cuales se realizó el registro fenológico mensual. Para determinar la producción y calidad de semillas se recolectó los frutos de tres individuos por especie, donde se consideró el potencial productivo de frutos, semillas por árbol (kilogramos); y los parámetros de las normas ISTA 2007. *Prosopis* sp presentó períodos de floración entre los meses de agosto a noviembre y la fructificación de octubre a febrero; *Loxopterygium huasango* registró el ciclo de floración desde enero a abril y la mayor intensidad de fructificación se dio entre mayo y junio; los períodos de floración y fructificación para *Handroanthus billbergii* se presentaron en los meses de enero y febrero respectivamente. En cuanto a la productividad: *Handroanthus billbergii* y *Loxopterygium huasango* obtuvieron el mayor potencial productivo de semillas por árbol.

**Palabras claves:** *Prosopis* sp, *Tabebuia billbergii*, *Loxopterygium huasango*, reforestación.

#### Abstract

This research study corresponding to phenological, production and quality of seeds of three native tree species (*Prosopis* sp., *Handroanthus billbergii* and *Loxopterygium huasango*) of dry forest south west of the province of Loja; which they were identified in three sectors: Lemons (canton Zapotillo) Lucarqui - Bramaderos (Canton Paltas) and sectors Vizin and International Bridge (Canton Macará), located in the altitudinal gradient of 300-1000 meters. 39 individuals (9 or 10 species), in which the registration was performed monthly phenological identified. To determine the quality seed production and the fruits of three individuals per species, where the productive potential of fruits, seeds per tree (kg) was considered was collected; and parameters of 2007. ISTA rules introduced *Prosopis* sp. flowering periods between the months of August to November and fruiting from October to

February; *Loxopterygium huasango* recorded the flowering cycle from January to April and the greater intensity of fruiting occurred between May and June; periods of flowering and fruiting for *Handroanthus billbergii* occurred in the months of January and February respectively. In terms of productivity: *Handroanthus billbergii*, *Loxopterygium huasango* and obtained the highest production potential of seeds per tree.

**Keywords:** *Prosopis* sp, *Tabebuia billbergii*, *Loxopterygium huasango*, reforestation

## INTRODUCCIÓN

El Ministerio del Ambiente del Ecuador en los últimos años ha diseñado diferentes estrategias para restauración forestal a nivel del país, las cuales tienen como finalidad recuperar la conectividad y la funcionalidad de ecosistemas más frágiles y degradados, por medio de la implementación de programas que aporten de forma efectiva a la conservación, recuperación de los servicios Ecosistémicos, manejo sustentable de los recursos forestales; así como, al mejoramiento de la calidad de vida de la gente y al fortalecimiento del desarrollo humano y económico (Terán, 2014). Un ejemplo de ello es el Plan Nacional de Restauración Forestal, cuya meta principal es reforestar 500 mil hectáreas (2014 – 2017), utilizando especies forestales nativas de interés para la biodiversidad, de uso maderable y no maderable (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012).

El desarrollo de una cultura de conservación y la implementación de actividades que permitan preservar y aprovechar los bosques de una manera sustentable, son necesidades urgentes en los ecosistemas secos de la provincia de Loja, que están amenazados por la destrucción que producen las actividades humanas. En la actualidad la mayor parte de las áreas antes denominadas bosque seco presentan apenas pequeños remanentes y en otros casos solamente algunos árboles aislados (Herbario Loja *et al.*, 2001).

Sin embargo, para satisfacer estas necesidades es preciso contar con información biológica básica, que lamentablemente es escasa y para la mayor parte de estas áreas inexistente. Ordoñez (2014), señala que en el país aún no existen laboratorios especializados de investigación forestal para cuidar, reproducir y conservar semillas de especies nativas; y que las escasas investigaciones que se dan a nivel de universidades son de propagación, pero no de disponibilidad, recolección y almacenamiento de material genético.

Bajo esta perspectiva, se realizó el estudio fenológico y análisis de calidad de semillas de tres especies forestales nativas, promisorias del bosque seco, en la Provincia de Loja. La misma que busca determinar los períodos de floración, fructificación, defoliación; producción y calidad física de las semillas, mediante ensayos de laboratorio de especies de importancia ecológica y económica en la región sur del Ecuador; contribuyendo de esta manera a generar información sobre esta temática.

En este contexto los objetivos de la presente investigación estuvieron orientados a determinar la época de floración, fructificación y defoliación de *Prosopis* sp. (algarrobo); *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum) Standley (guayacán); y *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl. (hualtaco); así como analizar la relación existente entre las fases fenológicas de las tres especies forestales con los factores climáticos de la zona; y, con base a ello determinar el potencial productivo y analizar la calidad de semillas a nivel de laboratorio de las tres especies forestales, mediante las normas ISTA (2007).

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El material vegetal fue colectado en los sectores de: Lucarqui–Bramaderos (Paltas), Puente Internacional-Vizin (Macará) y Limones (Zapotillo). Lugares en los que se identificaron los individuos y recolectó el material vegetal necesario para realizar el análisis de calidad y productividad de semillas (Figura 1). La zona cuenta con representatividad de bosque seco. El área tiene una extensión total de 2 940 Km<sup>2</sup> y posee una variación altitudinal que va de 200 a los 1000 msnm. La temperatura media anual es de 26 °C y la precipitación anual fluctúa entre 300 y 700 mm, dependiendo del año (Paladines, 2003).

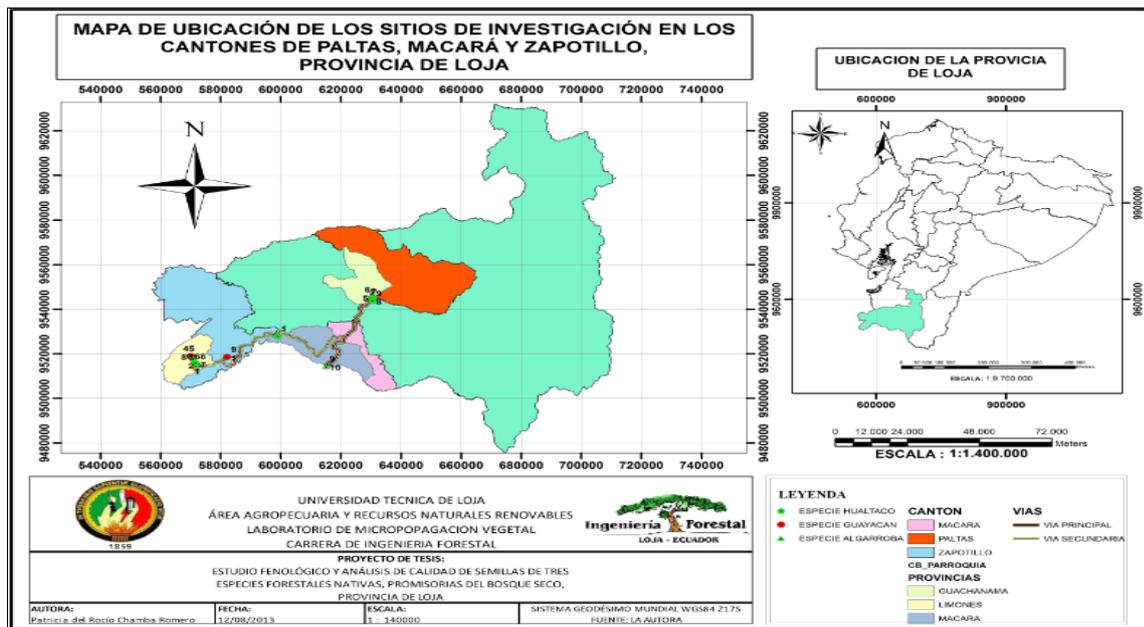


Figura 1. Ubicación del área de estudio

### Determinación de las épocas de floración, fructificación y defoliación de *Prosopis* sp, *Handroanthus billbergii* y *Loxopterygium huasango*; y la relación con los factores climáticos de la zona

Se seleccionaron aquellos individuos que presentaron las mejores características fenotípicas como: i) copa grande sin competencia, ii) fuste recto, sano y grueso, iii) ángulo de inserción de las ramas mayor o igual a 45°, iv) capacidad y edad para producir semillas, v) facilidad de recolección de frutos; y, vi) buen estado fitosanitario (menos del 25 % de lesiones del área foliar). Se identificaron entre 9 a 10 individuos por especie.

Las observaciones fenológicas se realizaron cada mes, en *Prosopis* sp y *Loxopterygium huasango* se realizó desde agosto del 2012 a junio del 2013; para *Handroanthus billbergii* el período de recolección de datos para floración y fructificación se extendió desde agosto del 2012 hasta marzo del 2014. Las características fenológicas de floración y fructificación se evaluaron por medio del conteo de las flores, frutos y hojas por cuadrante (se dividió la copa del árbol en cuatro cuadrantes). Se registró los datos fenológicos de acuerdo a la presencia o ausencia de cada fenómeno, en base a la escala de evaluación propuesta por Fournier (1976):

- 0: ausencia de la característica, con un ámbito de 0%
- 1: presencia de la característica, con un ámbito desde 1-25%
- 2: presencia de la característica, con un ámbito desde 26-50%
- 3: presencia de la característica, con un ámbito desde 51-75%
- 4: presencia de la característica, con un ámbito desde 76-100%

Con los datos obtenidos en la evaluación fenológica, se relacionó el porcentaje de ocurrencia de las floración, fructificación y defoliación con los datos climatológicos (precipitación y temperatura) de la zona.

Para la utilización de los datos climatológicos de precipitación y temperatura, se revisó los registros meteorológicos del periodo 2012 – 2014, de las estaciones climatológicas de Mangahurco, Zapotillo y Saucillo pertenecientes al INAMHI.

### **Determinación del potencial productivo y análisis de la calidad de semillas a nivel de laboratorio de tres especies forestales, mediante protocolos de germinación de Internacional Seed Testing Association ISTA 2007**

Cuando una especie estaba en periodo de fructificación, se procedió a estimar la producción de frutos y semillas por árbol en las tres especies forestales en estudio, para posteriormente analizar en el laboratorio la calidad de las mismas. Se realizó el conteo de frutos en tres ramas (Nfp), posteriormente se multiplicó este valor el número de ramas con frutos totales (Nrf) y se obtuvo una estimación del número de frutos por árbol (NFT), utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{NFT} = \text{Nfp} * \text{Nrf}.$$

A partir del conteo de semillas en un número determinado de frutos (50 – 100 frutos) de varios individuos, para cada especie, se obtuvo la media del número de semillas por fruto (Nfm). Se realizó la estimación del número de semillas producidas por árbol (Nsa) con la siguiente fórmula:

$$\text{Nsa} = \text{NFT} * \text{Nsf}$$

Se obtuvo el peso de la muestra (Psm) al pesar las semillas que se extraen de los frutos para obtener el (Nfm). Finalmente se obtuvo la producción de semillas en gramos de los árboles a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Ps} = \text{NFT} * \text{Psm} / \text{Nfm}$$

Para la determinación de la calidad de las semillas mediante ensayos de laboratorio se utilizó la metodología estandarizada (ISTA, 2007), donde se obtuvo los siguientes parámetros en las semillas de las tres especies forestales: pureza, peso de la semilla, número de semillas por kilogramo, contenido de humedad en las semillas, germinación y viabilidad.

## **RESULTADOS**

### **Fases fenológicas de *Prosopis* sp. y su relación con las variables de precipitación y temperatura de la zona de estudio**

En *Prosopis* sp. el mayor período de floración se registró durante el mes de septiembre, octubre y noviembre (época seca), en este período las precipitaciones fueron nulas y la

temperatura varió entre los 24,5 °C. La fructificación se dio desde octubre hasta mayo (época seca y lluviosa), donde la mayor intensidad se presentó en noviembre (época seca) con valores del 40 % (Figura 2).

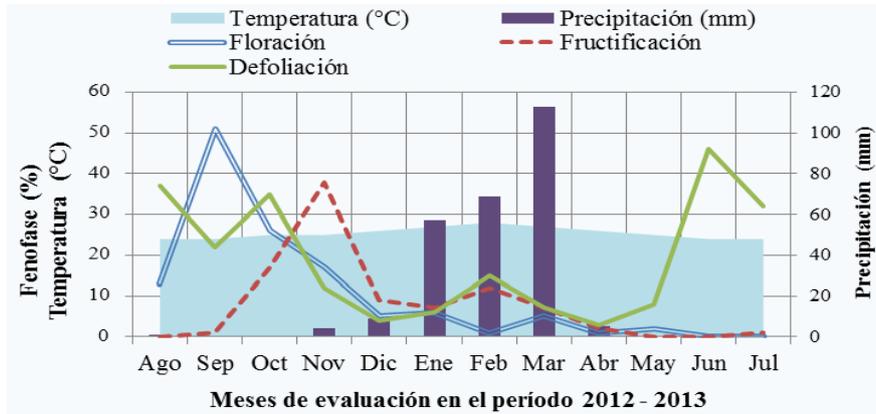


Figura 2. Relación de las fases fenológicas de *Prosopis sp* con la temperatura y precipitación.

### Fases fenológicas de *Handroanthus billbergii* y su relación con las variables de precipitación y temperatura de la zona de estudio

La floración de *Handroanthus billbergii* inició con las primeras lluvias en enero, este fenómeno se dio en forma uniforme y se presentó una sola vez al año; en cambio la fructificación en este estudio siguió un patrón bianual, presentando variaciones de fructificación de un año a otro (Figura 3).

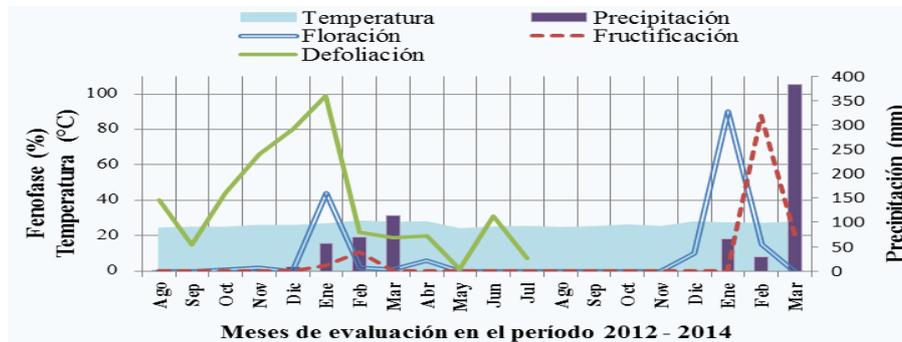


Figura 3. Relación de las fases fenológicas de *Handroanthus billbergii* con la temperatura y precipitación

### Fases fenológicas de *Loxopterygium huasango* y su relación con las variables de precipitación y temperatura de la zona de estudio

*Loxopterygium huasango* presentó flores y frutos simultáneamente, la mayor cantidad de flores se registró durante la temporada de lluvias (enero a abril) alcanzando un gran porcentaje de producción de flores en enero. En cuanto a la fructificación se presentó casi todo el año a excepción de los meses de diciembre y enero, la mayor producción de frutos se dio durante la época seca en el mes de junio con 47 % (Figura 4).

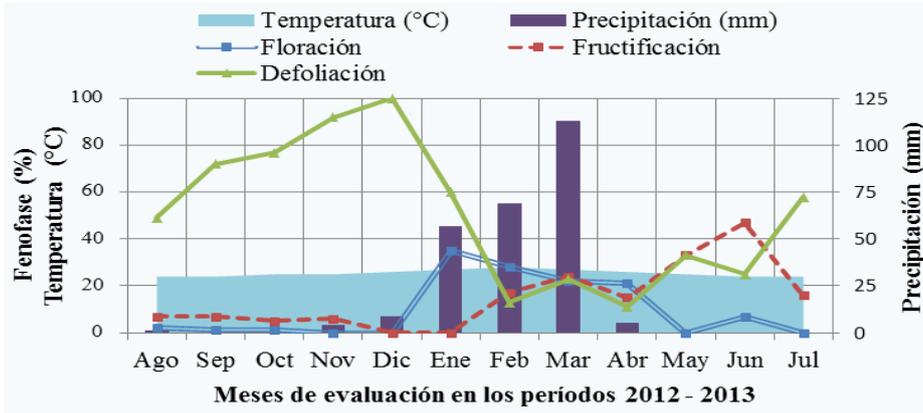


Figura 4. Relación de las fases fenológicas de *Loxopterygium huasango* con la temperatura y precipitación

### Potencial productivo de las tres especies forestales nativas del bosque seco en la provincia de Loja

El diagnóstico del potencial productivo se realizó de forma particular para cada uno de los individuos por especie (Tabla 1)

Tabla 1. Potencial productivo de las tres especies forestales nativas en estudio.

Especies	N° frutos / rama	N° frutos / árbol	N° semillas / árbol	Peso semillas / árbol (g)
<i>Prosopis</i> sp.	41,5±22,6	430,0±261,4	6659,5±3651,9	289,07±136,19
<i>Tabebuia billbergii</i>	43,6±18,8	786,3±432,3	209992,0±87520,0	766,18±318,19
<i>Loxopterygium huasango</i>	75,3±17,0	1216,6±349,1	75624,6±19855,9	717,41±239,17

### Pruebas estándar de calidad de semillas, en tres especies forestales promisorias del bosque seco, provincia de Loja

En la tabla 2, se muestra en resumen los resultados obtenidos sobre la calidad fisiológica de las semillas de las tres especies forestales estudiadas.

Tabla 2. Pruebas estándar de calidad de semillas de tres especies forestales.

Especies	Pureza (%)	Peso de 1000s (g)	N° semillas/Kg	CH (%)	Germinación (%)	Viabilidad (%)
<i>Prosopis</i> sp	97,05	40,91	24.390	5,00	96,75	92,00
<i>Tabebuia billbergii</i>	70,10	5,30	188.679	11,65	76,25	82,00
<i>Loxopterygium huasango</i>	95,38	10,10	99.010	5,95	39,25	63,00

\*n= 400 semillas y +n= 100 semillas

## DISCUSIÓN

### Fases fenológicas y su relación con datos climatológico de la zona

Mejía (1990) señala en su trabajo sobre fundamentos y métodos en fenología, que para el trópico existe la relación entre variaciones en el suministro de agua y sus efectos en los procesos biológicos, en particular en los vegetales.

La floración y fructificación de *Prosopis* sp ocurrió desde agosto y noviembre, dándose la máxima intensidad de aparición de frutos en noviembre (38 %), sin embargo, para esta especie en febrero se produjo una segunda aparición de la fructificación en porcentajes menores al 15 %. Tanto la floración y fructificación se dio en la época seca (mayo-diciembre), se observa que la reproducción en esta especie fue más constante e independiente de la precipitación.

Martos *et al.*, (2008), realizaron el seguimiento fenológico en árboles de *Loxopterygium huasango* en la Reserva Ecológica Privada Chaparrí, Chongoyape, Lambayeque, Perú, y mencionan que la producción de frutos para esta especie ocurrió entre los meses de marzo y mayo, el potencial productivo que obtuvieron fue de 11 %, en los sectores de Vizin y Limones donde se desarrolló el estudio la aparición de la fructificación fue mayor con 47 % en el mes de junio (época seca). La floración que se da en los meses de más lluvias entre enero a marzo, pero la mayor intensidad se dio en febrero con 35 %.

En *Handroanthus billbergii* la floración se presentó en enero y la fructificación en febrero, pero al realizar la evaluación en dos años seguidos se observó que tanto la floración como la fructificación es escasa para un año y abundante para el siguiente (las intensidades de aparición se incrementaron notablemente de un año u otro en floración entre 40 – 90 % y en fructificación entre 11 – 90 %). La floración es el principal factor que determinó la caída total del follaje en la especie (en enero alcanzó el 100 % en defoliación). Al relacionar la condiciones del clima con los fenómenos fenológicos de la especie se observó que el incremento de precipitación de enero 2013 (57,2 mm) a enero 2014 (64,3 mm) provocó un mayor desarrollo de flores y frutos.

La precipitación se relacionó con la cantidad de follaje, es importante destacar que la caducidad ocurrió en todas las especies en estudio, y se dio principalmente en las épocas secas. Esto explica que el follaje de estas especies, tanto en su brotación como en su caída, se ven altamente afectados por la precipitación, donde la recuperación de las hojas es completamente sincrónica, es decir, a medida que aparecieron las lluvias los árboles volvieron a encontrarse con follaje.

### Potencial productivo de tres especies forestales nativas

En *Handroanthus billbergii* la intensidad de fructificación en febrero del 2014 fue de 88 %, con lo que se obtuvo un rendimiento productivo de semillas de 0.76 Kg/árbol, en cambio en febrero del 2013 la intensidad de fructificación no superó el 11 %, en este año el rendimiento productivo de semillas no llegaría ni al 0.11 Kg/árbol, seis veces menos de lo obtenido en el 2014. En los resultados de calidad de las semillas esta especie tuvo un probabilidad de ataque por plagas de 29,9 %, el porcentaje de germinación fue moderadamente alto con 76,25 %. Por lo tanto esta especie presentaría muchas dificultades para propagarla anualmente debido principalmente a la variación de fructificación que tiene de un año a otro.

En *Loxopterygium huasango* la época de recolección de frutos para el análisis de productividad se realizó en el mes de mayo (la fructificación llegó a 33 %), con lo que se obtuvo un rendimiento de semillas de 0,71 Kg/árbol; el mes de junio la intensidad de

fructificación se incrementó considerablemente a 44 %, incrementando el rendimiento productivo por árbol (0,94 Kg/árbol). La semilla de esta especie resultó tener altos porcentajes de pureza (95,38 %), el inconveniente para la propagación en laboratorio se dio debido a que la especie presentó baja viabilidad de las semillas (61 %) y alto porcentaje de contaminación (23,75 %) que redujo considerablemente el poder germinativo de la semilla (39,25 %).

*Prosopis* sp presentó la máxima intensidad de fructificación en el mes de noviembre con 38 %, obteniendo una producción de semillas de 0,28 Kg/árbol; la producción por árbol se redujo considerablemente en relación con las otras especies en estudio, pero esta especie tuvo el mayor porcentaje de semillas puras (97,05 %), bajas tasas de contaminación durante la germinación (2 %), y el mayor porcentaje de viabilidad (92 %), lo que favoreció su germinación en laboratorio (96,75 %) reduciendo al máximo la pérdida de semilla.

### **Pruebas estándar de calidad de semillas de tres especies forestales**

En los análisis físicos realizados a las semillas, las especies con mayor pureza fueron: *Prosopis* sp. (97,05 %), debido a que las semillas estuvieron dentro de vainas que al extraerlas quedaron casi libres de impurezas; y *Loxopterygium huasango* (95,38 %) las semillas presentaron una especie de ala a los extremos que al manipularla se desprendió fácilmente. En cambio *Handroanthus billbergii* (70,10 %), presentó el más bajo porcentaje de pureza en relación a las dos especies anteriores.

Las tres especies forestales presentaron pesos muy bajos en sus semillas, el peso de las semillas se relacionó con el número de unidades por kilogramo, donde se observó que fue inversamente proporcional, ya que a mayor peso de las semillas menor fue el número de unidades por kilogramo. En *Handroanthus billbergii* se obtuvo un peso de 0,0053 gramos por semilla, proporcionando el mayor número de unidades por kilogramo (188679 semillas); en *Loxopterygium huasango* el peso fue de 0,0101 gramos por semilla y las unidades por cada kilogramo estuvo en 99010 semillas aproximadamente; mientras tanto que *Prosopis* sp. debido al peso de sus semillas (0,0409 gramos por semilla), presentó el menor número de unidades por kilogramo (24390 semillas).

En las pruebas de contenido de humedad las tres especies presentaron porcentajes menores al 40 % (*Prosopis* sp. con 5 %, *Handroanthus billbergii* con 11,65% y *Loxopterygium huasango* con 5,95 %), de acuerdo a las aseveraciones de Quinapallo y Vélez (2013), quienes indican que el contenido de humedad en las muestras permite identificar y clasificar las semillas en dos clases: ortodoxas (menor 40 % de CH) y recalcitrantes (mayor 40 % CH), se consideró que las tres especies presentaron semillas ortodoxas.

FAO (2011) menciona que el contenido de humedad también afecta la calidad de las semillas forestales, cuando el contenido de humedad de la semilla es alto, la tasa de respiración es mayor lo que induce a un deterioro más rápido de la misma provocando la infección con insectos, el crecimiento de microorganismos/hongos y disminuyendo la aptitud para el almacenamiento debido a que se pierde el vigor y la capacidad germinativa de la semilla. FAO (2011), se menciona el caso de *Handroanthus billbergii* que al recolectar la semilla en el campo y realizar los ensayos de pureza se determinó: que el 29.9 % de las semillas fue propensa al ataque de plagas y contenido de humedad de la especie fue el más alto con 11,65 %, a diferencia de las otras especies en estudio donde los porcentajes estuvieron por debajo del 6 %.

Acercas de la viabilidad Perry (1984) citado por Rodríguez, 2008, señala que las semillas que presentan alta viabilidad, tiene alto vigor y tienden a germinar en forma más sincronizada y

rápida, las plántulas crecen más rápido y uniformemente e incluso dentro de una amplia gama de condiciones ambientales.

En el análisis de calidad realizado, las semillas de *Prosopis* sp. y *Handroanthus billbergii* presentaron altos porcentajes de viabilidad 90 y 83 % respectivamente, en tanto que *Loxopterygium huasango* la viabilidad fue de 61 % (moderadamente alta). Se concuerda con Perry 1984, que a mayor viabilidad más rápida la germinación, ya que las tres especies tuvieron una germinación inmediata que se presentó en los primeros cinco días. Pero mientras disminuyó la viabilidad el patrón germinativo fue asincrónico, como ocurrió en *Loxopterygium huasango*, donde las semillas germinadas totales fue de 39,25 %, de este porcentaje únicamente el 48 % de ellas germinó antes de 28 días; en cambio el 52 % de las semillas restante germinó después de los 28 días, es decir, transcurridos los 28 días a partir de la siembra la germinación fue mucho más rápida.

## CONCLUSIONES

La floración y fructificación de *Prosopis* sp. se presenta con máxima intensidad en la época seca (entre agosto y noviembre), los árboles de *Loxopterygium huasango* florecen en época de lluvias (enero – abril) y presenta altos porcentajes de fructificación en época seca (mayo – junio); en *Handroanthus billbergii* los árboles florecen y fructifican en la temporada lluviosa (enero y febrero respectivamente).

La producción de frutos de los árboles seleccionados en las tres especies fue: en *Prosopis* sp. con 0,28 Kg, *Handroanthus billbergii* con 0,76 Kg y *Loxopterygium huasango* con 0,71 Kg; si bien los resultados expresan datos significativos, la producción anual de semillas disminuiría debido al criterio que de aprovechar el 50 % de la producción de frutos para evitar los impactos negativos en el ambiente.

*Prosopis* sp. (96,75 %) y *Handroanthus billbergii* (70,25 %) son las especies que alcanzaron mayor capacidad germinativa a nivel de laboratorio, mientras que *Loxopterygium huasango* (39,25 %) presenta el más bajo porcentaje de germinación; los porcentajes de germinación en las especies en estudio dependieron de la calidad de sus semillas (viabilidad, pureza y energía germinativa).

## AGRADECIMIENTOS

A las Autoridades de la Universidad Nacional de Loja, y al Equipo Técnico del Proyecto de Investigación "Generación de protocolos para la propagación *in vivo* e *in vitro* de genotipos élites de especies forestales nativas y promisorias para la reforestación en la región sur del Ecuador", por el apoyo financiero y técnico brindado para la ejecución de la presente investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2000. Nota Técnica No. 23 – *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson. p. 45-46. Turrialba, Costa Rica.

FAO. 2011. Manual técnico: Semillas en emergencias. Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal 2002. Roma – Italia. Departamento de Agricultura. Fecha de consulta: 22 de mayo del 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/i1816s/i1816s00.pdf>.

Fournier, L. 1976. El Dendrofenograma. Una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. Revista de Biología Tropical. 26 – 96 pp. Turrialba, Costa Rica.

Herbario Loja, CINFA y UNISIG. 2001. Zonificación y determinación de los tipos de vegetación del bosque seco en el suroccidente de la provincia de Loja. Proyecto Bosque Seco. Loja – Ecuador.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2014. Dirección de gestión meteorológica. Boletín climatológico anual - año 2012 y 2013, Boletín mensual enero, febrero, marzo 2014. Quito – Ecuador.

International Seed Testing Association (ISTA). 2007. International Rules for Seed Testing. Edición 2007p.

Martos, J., Scarpati, M., Rojas, C., y G. Delgado. 2008. Fenología de algunas especies que son alimento para la pava aliblanca *Penélope albipennis*. Fecha de consulta: 23 de abril del 2014. Disponible: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/v15n2/pdf/a09v15n2.pdf>

Mejía, M. 1990. Fundamentos y métodos. Palmira – El Valle. Facultad de Ciencia Agrícolas. Universidad Nacional de Colombia. Consultado: 02 de mayo del 2014. Disponible en: <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/18362/18362.pdf>

Ordoñez, L. 2014. Deforestación Vs Forestación. Diario La Hora. Pág. B2. Fecha de consulta: 23 de abril del 2014. Publicado online: 06 de julio del 2014. Disponible en: <http://www.lahora.com.ec/frontEnd/includeTemplates/edicionImpresa.php?idRegional=7&dateEdition=2014-07-06&fecha=Domingo,%207%20de%20Julio%20de%20%202014>

Paladines, R. 2003. Propuesta de conservación del bosque seco del Ecuador. Lyonía v. 4. n.2. 186 pp.

Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012. Plan Nacional de Forestación y Reforestación. Quito 56 p.

Rodríguez, M. 2008. Influencia de la temperatura en la germinación de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, de cuatro localidades del Departamento La Libertad, Perú. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. Consultado: 23 de mayo del 2014. Disponible en: <http://revistas.concytec.gob.pe/pdf/arnal/v15n1/a08v15n1.pdf>.

Terán, C. 2014. Deforestación Vs Forestación. Diario La Hora. Pág. B2. Fecha de consulta: 23 de abril del 2014. Publicado online: 06 de julio del 2014. Disponible en: <http://www.lahora.com.ec/frontEnd/includeTemplates/edicionImpresa.php?idRegional=7&dateEdition=2014-07-06&fecha=Domingo,%207%20de%20Julio%20de%20%202014>

# Análisis multi-temporal del cambio de uso de suelo en el cantón Zapotillo, provincia de Loja

## Multi-temporal analysis of land use change in canton Zapotillo, province of Loja

Alvarez Pablo<sup>123\*</sup>, Veliz Freddy<sup>2</sup>, Muñoz Johana<sup>124</sup>, Aguirre Nikolay<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos-Universidad Nacional de Loja

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente-Universidad Nacional de Loja

<sup>3</sup>Carrera de Ingeniería Agronómica- Universidad Nacional de Loja

<sup>4</sup>Institute of Silviculture-Technical University of Munich

\*Autor para correspondencia: [pablo.alvarez@unl.edu.ec](mailto:pablo.alvarez@unl.edu.ec)

**Recepción:** 17 de junio de 2015

**Aceptación:** 30 de noviembre de 2015

### Resumen

Los cambios de uso del suelo han sido reconocidos como una de las principales causas de deterioro del medio natural. En este estudio se realizó un análisis multi-temporal del cambio de uso del suelo en un periodo de diez años en el cantón Zapotillo, provincia de Loja, empleando imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica, con el fin de observar los cambios ocurridos en la zona. Se utilizó la Matriz de Tabulación Cruzada para determinar la persistencia, pérdidas, ganancias, intercambios, cambio total y cambio neto de uso de suelo, deforestación total anual promedio y tasa anual de cambio. La cobertura vegetal natural disminuyó 4,58% (6 612 ha), principalmente por la pérdida de superficie del bosque ralo y semidenso, mientras que el bosque denso y las zonas agrícolas aumentaron su superficie en 1,9% y 5,0% respectivamente; se realizó además una modelación de los cambios de uso del suelo para el año 2025, observándose la misma tendencia para el bosque denso y los cultivos que se incrementarán 2 324 ha y 6 093 ha en relación al año 2010. La deforestación total anual promedio en el cantón Zapotillo fue de 639 ha y la tasa anual de cambio de 3,8%. Finalmente se pudo concluir que en el área de estudio se han producido cambios de uso del suelo significativos de pérdidas y ganancias, insumos que pueden ser utilizados para mejorar las acciones de gestión y conservación de los ecosistemas de esta zona del país.

**Palabras clave:** modelación, cobertura vegetal, bosque seco, deforestación, zona Tumbesina

### Abstract

The changes in land use have been recognized as one of the main causes of natural environment deterioration. In this study, a multi-temporal analysis of land use change in a period of ten years was carried out in canton Zapotillo, province of Loja, using satellite images and Geographic Information Systems in order to observe the changes taking place in the area. The Cross Tabulation Matrix was use to determine the persistence, losses, gains, exchanges, total change and net change in land use, average annual total deforestation and annual rate of change. The natural vegetation cover decreased 4.58% (6 612 ha), mainly due to the loss of sparse and semi-dense forest surface, while the dense forest and agricultural areas increased their surface by 1.9% and 5.0% accordingly. A modeling of changes in land use by the year 2025 was also developed, and the same trend was observed for the dense forest and crops that will increase 2 324 ha and 6 093 ha in relation to the year 2010. The average annual total deforestation in canton Zapotillo was 639 ha and the annual rate of

change was 3.8%. Finally, it was possible to conclude that there have been significant gain and loss land use changes in the study area, inputs that can be use to improve ecosystems' management and conservation actions in this area of the country.

**Key words:** modeling, vegetation cover, dry forest, deforestation, Tumbesian region

## Introducción

Los cambios de uso del suelo han sido reconocidos en muchos países como una de las principales causas de deterioro ambiental (Ibarra *et al.*, 2011), América Latina registra pérdidas de bosques a un ritmo alarmante (Mas y Flamenco, 2011) contribuyendo de forma importante a la pérdida de la biodiversidad (Miranda *et al.*, 2009; Pineda *et al.*, 2009; Núñez y Madero, 2009; Aguayo *et al.*, 2009; Mas y Flamenco, 2011) de una región determinada. Según, el Ministerio del Ambiente (2012), la tasa de deforestación es de -0,66% para el periodo 2000-2008, esto corresponde a una deforestación promedio de 77 647 ha/año.

Durante las últimas décadas, las actividades humanas se han convertido en el principal desencadenador de la transformación de los ecosistemas del bosque seco. No obstante, en la provincia de Loja la deforestación es de -1,12% lo que equivale a 3 678 ha/año (MAE, 2012), estos cambios de uso de la cobertura del suelo son promovidos por la presión de incrementar los ingresos económicos para mejorar su frágil economía. (Morochó y Romero, 2003). Medir los cambios de uso de lugares tan diversos como los bosques secos es de vital importancia, sin embargo, son escasas las investigaciones que tratan de evaluar y explicar las causas de estos cambios y para el caso del bosque seco del suroccidente de provincia de Loja que es parte de la región Tumbesina existe vacío de información considerable (Aguirre y Kvist, 2005).

El procedimiento más confiable para medir el grado de conversión es el estudio de la dinámica espacio temporal de la cubierta vegetal o *análisis del cambio de uso/cobertura del suelo* (Lambin *et al.*, 2001), por ello el presente artículo se enfocó en a) Determinar los cambios de uso del suelo actual mediante un análisis Multi-temporal para el periodo 2000 a 2010, en el cantón Zapotillo; y, b) Modelar la tendencia de cambio en los usos del suelo. La información generada permitirá que los organismos locales gubernamentales y no gubernamentales coordinen acciones conjuntas para la gestión adecuada y conservación de los recursos de esta zona de Ecuador.

## Materiales y Métodos

### Área de Estudio

El estudio se realizó en el cantón Zapotillo, ubicado al Suroccidente del país, región sur del Ecuador, provincia de Loja (Figura 1); El cantón tiene una extensión de 1215 km<sup>2</sup>, en un rango altitudinal de 100 - 1075 m.s.n.m. (Gobierno Autónomo Descentralizado de Zapotillo, 2013).

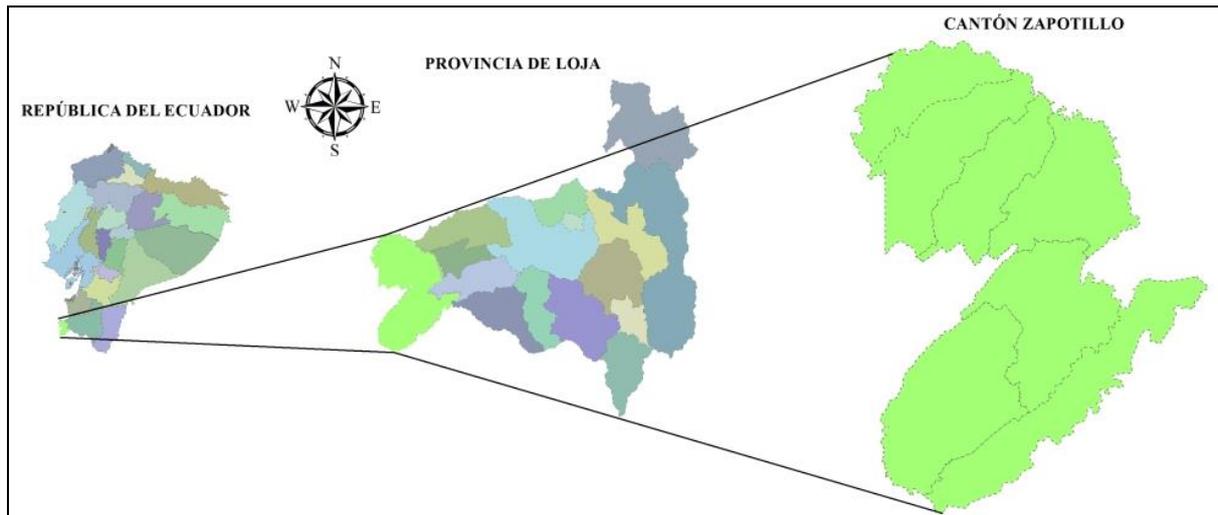


Figura 1. Ubicación del Área de estudio para el análisis multi-temporal del cambio de uso del suelo en el cantón Zapotillo.

## Métodos

Para el análisis multi-temporal y cambios de uso del suelo, se usaron dos imágenes de satélite: Landsat 7 ETM + con una resolución de 30 m, la primera con fecha 25 de diciembre de 2000 fue descargada de la página web del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), en el siguiente link: <http://gloisapp.glois.umd.edu/> y, la segunda imagen del 08 de mayo del año 2010 adquirida en [www Landsat.org](http://www Landsat.org).

Los mapas de uso del suelo para los años 2000 y 2010, se los elaboró mediante la técnica de clasificación supervisada a través del algoritmo de máxima probabilidad incluido en el "software" ArcGis 10.1. Según García y Mas (2008), este método analítico es uno de los más utilizados para este tipo de estudios. Los usos del suelo que se consideró para la generación de los mapas fueron: bosque denso, bosque semidenso, bosque ralo, matorrales, cultivos, pastizales, cuerpos de agua, infraestructura y suelos desnudos.

La cartografía generada se la validó por medio de un análisis de exactitud o aciertos por medio de puntos de control tomados en campo y en imágenes u ortofotos de alta resolución (MINAM, 2014), cuyo proceso se lo realiza utilizando una matriz de confusión o de contingencia y el Coeficiente Kappa (Santos, 2007; MINAM, 2014), tal como se observa en el Cuadro 1. Con este procedimiento se validó el mapa de uso del suelo del año 2010. Para validar el mapa del periodo 2000, se utilizó la técnica señalada por Santos (2007), la cual consistió en comparar un mapa de uso del suelo con otro declarado como absoluto.

Los procedimientos mencionados se los realizo en dos etapas. La Etapa 1, fue en campo y se la ejecutó en base al método señalado en la Guía Técnica del Mapa de Usos y Coberturas Vegetales de Andalucía (2007), el cual recomienda que para este tipo de análisis se debe efectuar un recorrido a lo largo de las principales vías de comunicación, independientemente de la distribución superficial de los usos, ya que el interés no está en la estimación de dichas superficies sino en la estimación de los errores/aciertos cometidos en su interpretación. La Etapa 2, consistió en la captura de puntos representativos de los diferentes usos del suelo, utilizando fotografías aéreas del Programa SIGTierras y las ortofotos del IGM. Para ello se siguió lo propuesto por Congalton (1991), quien sugiere al menos 45 a 50 puntos de muestreo por clase temática, y de 75 a 100 si existen más de 12 categorías.

La información alfanumérica obtenida en las dos etapas, fue procesada y utilizada como archivo de entrada, para generar la matriz de confusión y determinar el Coeficiente Kappa.

Este coeficiente es un estadístico, propuesto por Cohen (1960), que mide la concordancia obtenida en un producto cartográfico con la realidad (MINAM, 2014). Su fórmula se presenta en la Ecuación 1.

$$CK = \frac{\sum_{i,j=1}^r X_{ij} - \sum_{i,j=1}^r (\sum xi. \sum xj) / N^2 - \sum_{i,j=1}^r (\sum xi. \sum xj)}{N^2 - \sum_{i,j=1}^r (\sum xi. \sum xj)} \quad (1)$$

Donde r es el número de filas en la matriz;  $x_{ij}$ , número de píxeles de la fila i, columna j, es decir la diagonal mayor; xi, fila i; xj, columna j y N el total de píxeles de la matriz. El formato utilizado para la Matriz de confusión se presenta en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Matriz de confusión o de contingencia para la validación de los usos del suelo del cantón Zapotillo

Categorías	*PC1	*PC2	*PC3	Total	EU	Ec
<b>Categoría 1</b>	A1	A2	A3	A1+A2+A3=P	EU1	Ec1
<b>Categoría 2</b>	B1	B2	B3	B1+B2+B3=Q	EU2	Ec2
<b>Categoría 3</b>	C1	C2	C3	C1+C2+C3=R	EU3	Ec3
<b>Total</b>	A1+B1+C1=X	A2+B2+C2=Y	A3+B3+C3=Z	A1+B2+C3=N		
<b>EP</b>	EP1	EP2	EP3		(P+Q+R)=D	
<b>Eo</b>	Eo1	Eo2	Eo3			(X.P)+(Y.Q)+(R.Z)

\*PC1, \*PC2 y \*PC3 son los puntos de control obtenidos por categorías.

Fuente: Rodríguez, 2011; MINAM, 2014.

Para aceptar o rechazar la clasificación de los mapas se utilizó los valores del coeficiente Kappa, el cual varía entre 0 y 1. Entre más se acerque a la unidad la concordancia es más alta, tal como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa (Cerde y Villarroel, 2008; MINAM, 2014).

Rango	Concordancia
0	Nula
0,01 - 0,20	Leve
0,21 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Considerable
0,81 - 1,00	Casi perfecta

Finalmente, una vez validado el mapa de uso del suelo del periodo 2010, se procedió a validar el mapa del periodo 2000 utilizando el modulo Cross-Tab contenido en el Software IDRISI Selva 17.00. Producto de la multiplicación de las dos cartografías se obtuvieron dos tablas, la primera describe la concordancia de los píxeles de las dos imágenes; mientras que la segunda tabla indica la probabilidad y, por último el coeficiente general Kappa.

## Determinación de los cambios de uso del suelo en el cantón Zapotillo

Para conocer los cambios de los diferentes usos del suelo se realizó una tabulación cruzada del tiempo 1 ( $t_1$ ) año 2000 y del tiempo 2 ( $t_2$ ) para el periodo 2010 siguiendo la metodología de Pontius *et al.*, (2004) quienes manifiestan que lo importante es analizar los datos fuera de la diagonal principal ya que permite identificar patrones dominantes presentes en los cambios de uso del suelo. Analizada la matriz de esta forma se calculó la ganancias ( $G_{ij}$ ) que indican la proporción de aumento en superficie de los diferentes usos del suelo en el ( $t_2$ ), es decir, es la diferencia entre la columna del Total ( $T_2$ ) ( $P+1$ ) y la persistencia ( $P_{jj}$ ) que son todos los valores que se mantuvieron estables por categoría (Ecuación 2). También se determinó las pérdidas ( $L_{ij}$ ) que es la diferencia entre la fila del total del Tiempo 1 ( $P1+$ ) y la persistencia ( $P_{jj}$ ), tal como se observa en la Ecuación 3.

$$G_{ij} = P + 1 - P_{jj} \quad (2)$$

$$L_{ij} = P1 + -P_{jj} \quad (3)$$

El cambio neto ( $D_{ij}$ ) entre las categorías dado en valores absolutos se calculó por la diferencia entre el total del  $T_2$  y el total en el  $T_1$  (Ecuación 4).

$$D_{ij} = T_2 - T_1 \quad (4)$$

Se calculó el Intercambio ( $I_{ij}$ ), y su valor fue determinado por la diferencia entre el cambio total y el cambio neto (Ecuación 5) (López y Plata, 2008). Además se determinó el cambio total ( $DT_{ij}$ ), resultado de la suma de las pérdidas y ganancias (Pontius *et al.*, 2004; Pontius y Malanson, 2005) (Ecuación 6).

$$I_{ij} = DT_{ij} - D_{ij} \quad (5)$$

$$TD_{ij} = G_{ij} + L_{ij} \quad (6)$$

El cálculo de la tasa de cambio anual (TCA), se obtuvo por medio de la comparación de un área cubierta por bosque en la misma región en dos épocas diferentes (MAE, 2012). La fórmula empleada (Ecuación 7) constituye una tasa porcentual anual, usada frecuentemente para cálculos de esta índole (Puyravaud, 2003).

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{1/t_2-t_1} - 1 \quad (7)$$

Dónde:

$q$  = Tasa de cambio anual;

$A_2$  y  $A_1$  = Son las áreas en la fecha final e inicial respectivamente; y,

$t_2$  y  $t_1$  = Son la fecha final e inicial.

El cálculo de la deforestación total anual promedio (DTAP) (Ecuación 8), se lo realizó mediante el modelo determinado por Puyravaud (2003).

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1} \quad (8)$$

Donde  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  se definen como en la Ecuación 7.

## Modelación de cambio en los usos del suelo en el cantón Zapotillo

La modelación del escenario futuro se realizó en base a los mapas de uso del suelo del año 2000 y 2010, a partir de los cuales se realizó la proyección para el año 2025, es decir 15 años después a partir del tiempo dos (t2) considerado en esta investigación. Para ello se aplicó el Modulo Markov del programa IDRISI Selva, el cual según afirma Paegelow *et al.*, (2003) simula la predicción del estado de un sistema en un tiempo determinado a partir de dos estados precedentes. Esto significa que la predicción a futuro no tiene en cuenta las variables explicativas y descriptivas, sino que se basa exclusivamente en el análisis de la dinámica interna del sistema. Por lo tanto, la probabilidad de que ocurra un suceso o cambio dependerá de lo que ocurra en los estados anteriores.

Este método compara los usos observados en dos tiempos distintos t1 y t2 y proyecta al tiempo t3. Cabe mencionar que al momento de hacer correr el programa se asignó un error proporcional que debe ser igual a 0,15 del cálculo de las probabilidades arrojadas por el módulo Markov (Eastman, 2006). Finalmente se aplicó el módulo Cadenas de Markov (Ca\_Markov) ya que este módulo puede simular los cambios de varias clases temáticas (Pontius *et al.*, 2004).

## Resultados

De acuerdo al análisis multi-temporal realizado, el mapa de uso del suelo del cantón Zapotillo del año 2010 tiene un coeficiente Kappa de 0,937, lo que significa que la relación con la realidad es casi perfecta y, la concordancia entre los dos planos del año 2000 y 2010 es del 0,658 mostrando que más del 65% de la clasificación de los mapas tienen relación entre ellos, lo cual está por encima del valor aceptable.

## Evaluación de los cambios de uso del suelo en el cantón Zapotillo

El área analizada del cantón Zapotillo corresponde al 99,75%. Para el año 2000, la cobertura vegetal natural fue de 103 573,14 ha, que representan el 85,46% del área del cantón Zapotillo, mientras que para el año 2010 disminuyó 4,58%, ocupando una superficie de 96 961,21 ha, lo cual representa el 80,88% de la superficie total del cantón. Paralelo a esta disminución existe un aumento en la superficie ocupada por la categoría bosque denso que en datos porcentuales significa 1,85% (2 241,43 ha) más en relación al periodo inicial (Cuadro 2), aunque también se observa una reducción en el resto de los estratos de vegetación lo cual indica que se transformaron en otros usos del suelo, no descartando la posibilidad que parte de estos se hayan convertido en bosque con mayor densidad (Figura 2).

El Bosque semidenso en el 2010 tuvo una superficie de 49 255,94 ha, disminuyendo 2,02% con respecto al año 2000, observándose la misma tendencia en el Bosque ralo con el 3,89% (15 425,61 ha) y los Matorrales con un porcentaje de 0,52% (8 343,74 ha). La misma realidad sucede con los cuerpos de agua donde se reduce el 0,69% (2 435,76 ha) con respecto al año 2000, debido específicamente a la regeneración de la cobertura vegetal en los márgenes de la hidrografía existente en el cantón (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Superficies y porcentajes de los usos del suelo del cantón Zapotillo en los años 2000 y 2010.

N°	Uso del Suelo	Año 2000		Año 2010		Cambio Neto (Dij)	
		ha.	%	ha.	%	ha.	%
1	Bosque denso	22758,59	18,78	25000,02	20,63	2241,43	1,85
2	Bosque semidenso	51699,93	42,66	49255,94	40,64	-2443,99	-2,02
3	Bosque ralo	20142,33	16,62	15425,61	12,73	-4716,72	-3,89
4	Matorral	8972,29	7,40	8343,74	6,88	-628,55	-0,52
5	Cultivos	9698,13	8,00	15723,86	12,97	6025,73	4,97
6	Pastizales	97,07	0,08	197,83	0,16	100,76	0,08
7	Cuerpos de Agua	3277,31	2,70	2435,76	2,01	-841,55	-0,69
8	Infraestructura	692,64	0,57	818,06	0,67	125,42	0,10
9	Suelos Desnudos	3856,17	3,18	3993,64	3,30	137,47	0,11
<b>TOTAL</b>		<b>121194,46</b>	<b>100</b>	<b>121194,46</b>	<b>100%</b>		

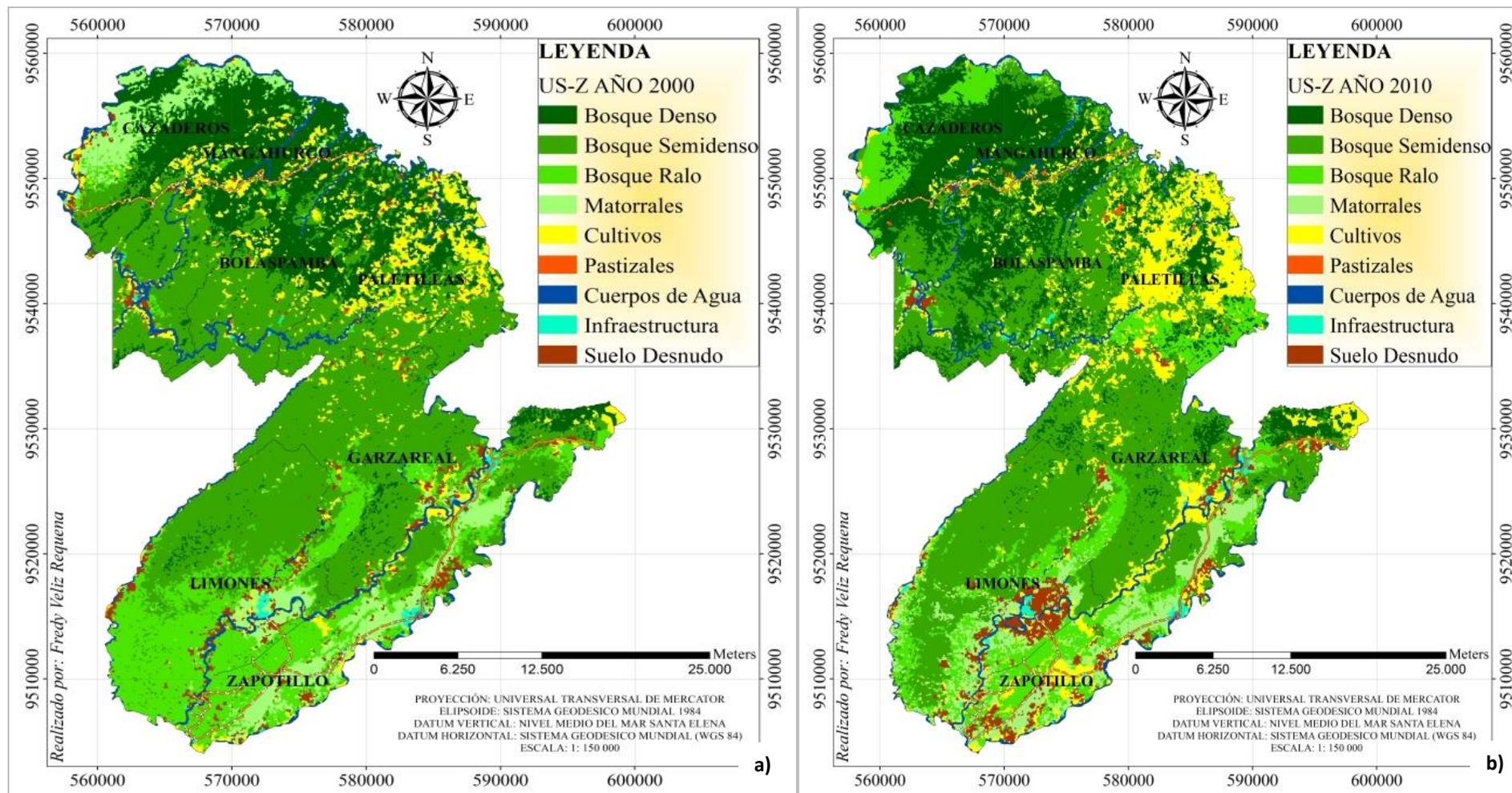


Figura 2. Cambios en el uso del suelo en el cantón Zapotillo en un periodo de 10 años: a) año 2000. b) año 2010.

Los cultivos y pastizales para este periodo ocuparon 15 921,69 ha, repartidas en 15 723,86 ha dedicadas a la agricultura y 197,83 ha a pastos, registrando incrementos de 4,97% y 0,08% respectivamente. Similar particularidad se evidencia con la infraestructura con 0,10% (125,42 ha) y, las áreas sin cobertura vegetal con 0,11% (137,47 ha) mostrando crecimientos en el periodo de análisis (Cuadro 2).

### **a) Detección de los cambios**

El 55% de la superficie del cantón Zapotillo se mantuvo sin cambios mientras que el 45% restante se produjeron transformaciones, de pérdidas y ganancias (Cuadro 3). En la clase Bosque semidenso se ha producido las transiciones más significativas, donde 17 379,69 ha se han perdido y 14 935,70 ha se han ganado, seguido por el Bosque semidenso, ralo y matorrales con respecto a la vegetación natural.

En lo relativo a las tierras agropecuarias, los cultivos y los pastizales son los que mayor superficie han ganado con 10 676,20 ha y 190,54 ha respectivamente. La infraestructura en estos diez años estudiados ha ganado 125,42 ha y los suelos desnudos prácticamente mantiene el mismo valor de pérdidas y ganancias, pero no deja ser importante con lo que ha avanzado en esta década.

### **b) Cambio neto, total e intercambios**

El cambio neto como punto de partida para identificar los cambios de uso del suelo, arroja que los cultivos en el periodo analizado aumentaron en un 4,97% (6 025,73 ha) con respecto al 2000, seguido de la categoría bosque denso en 1,85% (2 241,43 ha) en relación al periodo uno y la categoría que aumenta en menor proporción con respecto a su extensión son los pastizales con el 0,08%; mientras que los usos del suelo que más pierden son bosques ralo y semidenso con el -3,89% y -2,02% respectivamente. Los matorrales prácticamente se mantuvieron sin cambios con el 0,52% (Cuadro 3).

Para ilustrar el cambio total, se puede tomar como ejemplo la categoría de bosque semidenso y la infraestructura. En la primera se observa que el cambio total es mayor al cambio neto. En el segundo, al presentar sólo ganancias, no tuvo intercambio de su superficie con ninguna otra categoría por lo que el cambio neto y total son iguales, tal como se observa en el Cuadro 3. Es decir, si se estima el cambio ocurrido, únicamente a partir del cambio neto, se obtendría que la zona presentó 2 443,99 ha de cambio entre el 2000 y 2010, lo cual está muy por debajo del cambio total ocurrido que fue alrededor de 32 315,39 ha; y, del intercambio que fue de 29 871,40 ha; lo cual determinó su variación espacial, por lo que esta clase temática resultó ser una de las que más cambios tuvo en el territorio, por encima del bosque denso, ralo y matorral.

### **c) Deforestación total anual promedio y tasa anual de cambio**

La deforestación en el periodo de análisis ha tenido un crecimiento porcentual de 5,27%, lo que significa que paso de 14 344,01 ha en el año 2000 a 20 733,39 ha al año 2010, degradándose 6 389,38 ha. Lo que ha conllevado a una disminución de las áreas con cobertura vegetal natural en 4,58%.

Estos cambios muestran que los cultivos desde el año 2000 al 2010 se han incrementado 602,57 ha/año y su tasa anual de cambio es del 4,95%; además, los suelos carentes de

cobertura vegetal al año se incrementan 13,75 ha, (0,35%), y los pastizales e infraestructura 10,08 ha y 12,54 ha anuales respectivamente, donde estas transiciones en el periodo analizado, han aportado a la deforestación.

### Modelación de los cambios de usos del suelo al año 2025

Para el año 2025, se pronostica que el Bosque denso en el cantón Zapotillo aumente su superficie un 1,90% (2 324,34 ha) en relación al año 2010 y la tendencia del resto de los remanentes de vegetación tiende a reducir. Sin embargo, los cultivos presentaran crecimientos significativos al periodo modelado en 6 093,15 ha lo cual en relación a la extensión del cantón este representara el 17,99%, mientras que los pastizales en términos porcentuales ocuparan al año 2025 el 0,21% de la superficie, significando un aumento del 0,05% en relación al año 2010.

La infraestructura se predice que en los próximos 15 años aumente 84,72 ha (0,07%) mientras que en las áreas desprovistas de cobertura vegetal se espera disminución en un 0,38% lo que equivale a 451,44 hectáreas.

**Cuadro 3.** Valores de las transiciones entre categorías en hectáreas

N°	Uso del Suelo	Sup. 2000	Sup. 2010	Dif. 2000-2010	Pérdidas (Lij)	Ganancias (Gij)	Intercambio (Iij)	Cambio Neto (Dij)	Cambio Total (DTij)
1	Bosque denso	22758,59	25000,02	2241,43	10256,58	12498,01	20513,16	2241,43	22754,59
2	Bosque semidenso	51699,93	49255,94	-2443,99	17379,69	14935,7	29871,4	2443,99	32315,39
3	Bosque ralo	20142,33	15425,61	-4716,72	12118,74	7402,02	14804,04	4716,72	19520,76
4	Matorral	8972,29	8343,74	-628,55	5947,99	5319,44	10638,88	628,55	11267,43
5	Cultivos	9698,13	15723,86	6025,73	4650,49	10676,22	9300,98	6025,73	15326,71
6	Pastizales	97,07	197,83	100,76	89,78	190,54	179,56	100,76	280,32
7	Cuerpos de Agua	3277,31	2435,76	-841,55	1619,4	777,85	1555,7	841,55	2397,25
8	Infraestructura	692,64	818,06	125,42	0	125,42	0	125,42	125,42
9	Suelos Desnudos	3856,17	3993,64	137,47	2815,61	2953,08	5631,22	137,47	5768,69

### Discusión

Los cambios de uso del suelo presentan dinámicas complejas que dependen del tipo de cobertura, las interacciones ecológicas, físicas, ambientales y de las actividades socioeconómicas (Guerrero *et al.*, 2008).

Vázquez *et al.*, (2001) y Aguirre y Kvist (2005), señalan que en la provincia de Loja se encuentra la mayor superficie de bosque seco del país, albergando una diversidad única de flora con un alto nivel de endemismo; que actualmente se encuentran amenazada. Vázquez *et al.*, (2001) mencionan que en el periodo 1986-1996, la extensión de Bosque fue de 82 854,18 ha, mientras que para el año 2000, el MAE en su informe sobre la Línea base de Deforestación del Ecuador Continental, reportó un total de 94 304,80 ha. En esta investigación para el mismo año (2000), el Bosque conformado por vegetación

densa, semidenso, rala y los matorrales la superficie fue de 103 573,14 ha. Cueva y Chalán (2010), basándose en información satelital del año 2006 señala que esta misma cobertura abarca 105 589,17 ha, evidenciándose un aumento en relación al valor obtenido en el presente estudio. La información más actual corresponde al año 2008, donde el bosque alcanzó una superficie de 80 868,49 ha (MAE, 2012). En la presente investigación se determinó que para el año 2010 el área de bosque fue de 98 025,31 ha. En base a la información previamente mencionada, se observa que los cambios no tienen una tendencia definida, sino que se observa aumentos y disminuciones de la vegetación natural a lo largo del tiempo.

En los 10 años analizados, se presentaron 73 transiciones entre categorías de 81 posibles, lo que significa que en el cantón Zapotillo se han presentado transiciones importantes entre los diferentes usos del suelo. El bosque denso ha aumentado de 22 758,59 ha en el año 2000 a 25 000,02 ha al año 2010, que en datos porcentuales representa el 1,85%. Este incremento probablemente se deba a que en el cantón Zapotillo fueron declaradas tres áreas protegidas, un bosque protector, y además, una extensa superficie ha sido destinada al programa gubernamental Socio-Bosque (Paladines, 2003; PDOT-Z, 2011; MAE, 2009). Otros factores que podrían contribuir a la regeneración, es la dispersión de semillas consumidas por el ganado caprino (Aguirre y Kvist, 2005; Valencia, 2010) y los rebrotes que se producen a partir de la raíces viejas, que es posiblemente el mecanismo más eficiente (Espinosa *et. al.* 2012). Es importante señalar que aunque la regeneración natural es evidente, ésta es difícil de cuantificar (Valencia, 2010).

El resto de remanentes de vegetación natural: bosque semidenso, bosque ralo, y matorral, se observó una reducción en sus superficies, sin embargo no se puede afirmar si los cambios de uso del suelo son debido a que se han convertido en bosque denso o son por la ampliación de las zonas agropecuarias.

En el año 2000 los cultivos y pastizales ocuparon una extensión de 9 795,20 ha, mientras que para el año 2010 la superficie fue de 15 921,69 ha, presentando un incremento de 5,05%, desplazando posiblemente importantes remanentes de cobertura vegetal natural. Las parroquias que presentaron un mayor crecimiento de la superficie agrícola fueron: Zapotillo, Garzareal y Limones, impulsadas principalmente por el canal de riego donde esta infraestructura actualmente riega el 7% de las áreas cultivadas (PDOT-Z, 2011), mejorando las condiciones económicas de sus habitantes, ya que pueden producir durante todo el año.

En los Cuerpos de Agua, se presentó un decrecimiento de 841,55 ha, debido principalmente a que la resolución espacial de las imágenes satelitales utilizadas no permitieron visualizar todos los drenajes y canales de riego existentes en la zona de estudio. Otra razón es que la vegetación ribereña influenciada por las condiciones de humedad del suelo, presenta un constante crecimiento del follaje cubriendo la superficie ocupada por este factor (Felisa e Ibarlucea, 2003).

Las Zonas Antrópicas para el año 2010, presentaron un crecimiento de 0,10% lo que significa 125,42 ha más en relación al año 2000, debido principalmente al crecimiento demográfico. Entre el año 1990 al año 2010 la población creció de 10 234 a 12 312 habitantes, lo que a su vez explica el crecimiento en infraestructura (INEC, 2010).

Los suelos desnudos o carentes de cobertura vegetal, muestran un incremento del 0,12% pasando de 3 856,17 ha en el año 2000 a 3 993,64 ha al 2010. Con respecto a la superficie del cantón representan el 3,30%. Esta pérdida de cubierta vegetal puede estar siendo provocada por actividades antrópicas como la deforestación (Morocho y Romero 2003) y factores ambientales como sequías prolongadas que históricamente se han presentado en el cantón Zapotillo en los años 1960, 1996, 2004 y 2005 (PDOT-Z, 2011).

Finalmente, la deforestación que en el 2000 fue de 14 344,01 ha, al año 2010 se incrementó a 20 733,39 ha, degradándose 6 389,38 hectáreas, que han conllevando a una disminución de las áreas de cobertura vegetal natural en 4,58%. Considerar las tasas de cambio de uso de suelo en lugares como Zapotillo es de vital importancia por los remanentes de bosque seco que albergan, los cuales a pesar de los esfuerzos que se han desarrollado en los últimos años no están siendo protegidos eficientemente, a ello se suma que son poco conocidos, muy amenazados y mantienen una importancia económica para grandes segmentos de la población rural que depende de los bienes y servicios que este tipo de ecosistemas les brinda (Muñoz *et al.*, 2014).

## Conclusiones

- La cobertura vegetal natural muestra una disminución en superficie; no obstante, el estrato de bosque denso presentó un incremento considerable, mientras que los estratos bosque semidenso, bosque ralo y matorral reportan pérdidas.
- El uso del suelo ocupado por la categoría de cultivos muestra un incremento significativo en parroquias como Zapotillo, Garzareal y Limones, debido a la influencia del canal de riego, que en la actualidad cubre el 7% del total de las áreas cultivadas.
- En los diez años analizados, la deforestación se incrementó a pesar de los esfuerzos de conservación realizados en los últimos años.
- Para el año 2025 se prevé una disminución de la cobertura vegetal natural, mientras que los cultivos y pastizales se incrementarán, por lo que se requiere de la aplicación de medidas de conservación conjuntas entre los tomadores de decisiones.
- El 55% del área total del cantón Zapotillo no presenta cambios en el periodo evaluado sin embargo se requiere de la implementación de un modelo de gestión sostenible para el manejo de los recursos naturales de la zona.

## Agradecimiento

A la Universidad Nacional por el financiamiento para el desarrollo de esta investigación, que permitió ejecutar el proyecto: Análisis funcional de un ecosistema del bosque seco de la región sur del Ecuador-2014.

## Literatura citada

Aguayo M., Pauchard A., Azócar G. y Parra O. 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 361-374.

Aguirre Z. y Kvist L. 2005. Floristic composition and conservation status of the dry forests in Ecuador. *Lyonia* 8: 41 - 67.

Cerda J., y Villarroel L. 2008. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría* 79 (1): 54-58.

Cohen J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*. 20: 37-46.

Congalton R. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environment* 37: 35-46.

Cueva J. y Chalán L. 2010. Cobertura vegetal y uso actual del suelo de la provincia de Loja: informe técnico. Departamento de Sistemas de Información Geográfica de Naturaleza & Cultura Internacional. Loja, Ecuador.

Eastman J. 2006. *IDRISI Andes, Guide to GIS and Image Processing*. Worcester, MA: Clark Labs, Clark University. 328 p.

Espinosa C., Luzuriaga A. y Escudero A. 2012. Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas* 21 (1-2): 167-179.

Felisa M. y Ibarlucea S. 2003. Estudio de la vegetación macrofita y de factores físico-químico del agua en las Lagunas Marginales del Canal de Castilla (Palencia). *Revista Redalyc* 12 (1):1-3.

García T. y Mas J. 2008. Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. (67): 7-19.

Gobierno Autónomo Descentralizado de Zapotillo. 2013. Disponible en: [http://www.gobiernodezapotillo.gob.ec/zapotillo/index.php/2013-02-09-18-32-12/d\\_atos-utiles](http://www.gobiernodezapotillo.gob.ec/zapotillo/index.php/2013-02-09-18-32-12/d_atos-utiles). (Consultado Mayo 10, 2013).

Guerrero G., Masera O. y Mas, J. 2008. Land use/Land cover change dynamics in the Mexican Highlands: current situation and long term scenarios. In: *Modelling Environmental Dynamics: Advances in Geomatic Solutions*. Paegelow, M. & M. T. Camacho (Eds). Environmental Science and Engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 390 pp.

Guía Técnica del Mapa de Uso y Coberturas Vegetales de Andalucía. 2007. Andalucía, España. ISBN 978-84-96776-07-4. Depósito Legal SE-2401-2007.

Ibarra J., Román R., Gutiérrez K., Gaxiola J., Arias V. y Bautista M. 2011. Cambio en la cobertura y uso de suelo en el norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático. *Ambiente y Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6 (19).

INEC (Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos). 2010. Censo de Población y Vivienda.

Lambin E., Turner B., Geist H., Agbola S., Angelsen A., Bruce J., Combes O., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E., Mortimore M., Ramakrishnan P., Richards J., Skanes H., Steffen W., Stone G., Svedin U.,

Veldkamp T., Vogel C. y Xu J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*. 11(4):261-69.

López V. y Plata W. 2008. Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (México)* 68: 85-101.

MAE (Ministerio del Ambiente EC). 2009. Estudio de Factibilidad: Sistema Nacional de Áreas Protegidas y otras Áreas de Conservación. Quito, Ecuador. 468 p.

MAE (Ministerio del Ambiente EC) 2012. Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador.

Mas J. y Flamenco A. 2011. Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *GeoTropico*, 5 (1), Artículo 1: 1-24

MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2014. Protocolo: Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. Dirección General de Ordenamiento Territorial. Lima, Perú. 32 p.

Miranda L., Ibáñez A., Valdez R. y Hernández P. 2009. Empirical-based hydrologic modeling of the 100-year return period of Overland flow in the Rio Grande Watershed, Tlalchapa, Guerrero, Using two land use scenarios. *Agrociencia* 43: 333-344.

Morocho D. y Romero J. 2003. Bosques del Sur. El estado de 12 remanentes de bosques andinos de la provincia de Loja. Fundación Ecológica Arcoíris/PROBONA/DICA. Loja, Ecuador.

Muñoz J., Erazo S. y Armijos D. 2014. Composición florística y estructura del bosque seco de la Quinta Experimental El Chilco en el suroccidente del Ecuador. *CEDAMAZ* 2014 · Vol. 4, No. 1, pp 53–61.

Núñez C. y Madero E. 2009. Cambios en coberturas de áreas y usos del suelo en tres humedales en el Valle del Cauca. Colombia. 12 p.

Paegelow M., Camacho M. y Menor T. 2003. Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje, *GeoFocus* 3, ISSN: 1578-5157.

Paladines R. 2003. Propuesta de conservación del Bosque seco en el Sur de Ecuador. *Lyonia* 4(2): 183-186.

PDOT-Z (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zapotillo). 2011. Ecuador.

Pineda N., Bosque J., Gómez M. y Plata W. 2009. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* ISSN 0188-4611, N° 69, 2009, pp. 33-52.

Pontius R., Shusas E. y McEachern M. 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 101 (2-3): 251-268.

Pontius R. y Malanson J. 2005. Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science* 19 (1-2): 243-265.

Primack R., Rozzi F., Massardo P. y Feinsinger. 2001. Destrucción y Degradación del Hábitat. En *Fundamentos de Conservación Biológica, Perspectivas Latinoamericanas*. Primera edición, Fondo de Cultura Económica, México.

Puyravaud J. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* 177: 593-596.

Rodríguez A. 2011. Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta. Tesis Magister en Geomática. Universidad Nacional de Colombia. p 1-94.

Santos J. 2007. Extração de atributos de forma e seleção de atributos usando algoritmos genéticos para classificação de regiões. Tesis de maestría. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil. p 1-102.

USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos). 2007. Initial Data Characterization, Science Utility and Mission Capability Evaluation of Candidate Landsat Mission Data Gap Sensors. Reporte Técnico. Versión 1.0

Valencia R. 2010. Evaluación de la desertificación en el cantón Zapotillo, sus principales causas y efectos. Tesis en Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. 172 p.

Vázquez M., Larrea M., Suárez L. y Ojeda P. (Eds.). 2001. Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. *EcoCiencia*, Ministerio del Ambiente, Herbario Loja y Proyecto Bosque Seco. Quito, Ecuador.

# **Cambios de uso del suelo y modelación de escenarios de deforestación en el corredor de conectividad Podocarpus-Yacuambi, Zamora Chinchipe, Ecuador**

## **Land use change and modeling deforestation scenarios corridor connectivity Podocarpus-Yacuambi, Zamora Chinchipe, Ecuador**

Aníbal Eduardo González<sup>1</sup>, Karina Lalangui<sup>2</sup>, Mayra Zambrano<sup>3</sup> y Zhofre Aguirre Mendoza<sup>4</sup>

1. Universidad Nacional de Loja - Docente investigador: g\_gonzalez52@hotmail.com.

2. Ingeniera en Manejo y Conservación del Ambiente. lalangui@gmail.com.

3. Ingeniera en Manejo y Conservación del Ambiente. mayrazambranofejoo@gmail.com

4. Docente-investigador. Universidad Nacional de Loja. zhofrea@yahoo.es

**Recepción:** 16 de abril de 2015

**Aceptación:** 26 de junio de 2015

### **RESUMEN**

Se analizó los cambios de uso del suelo en El corredor Podocarpus-Yacuambi (CPY) ubicado en los cantones Zamora y Yacuambi, provincia de Zamora Chinchipe, para lo cual se recopiló información geográfica de la base de datos de la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) y, se generaron variables mediante digitalización manual (poblados, vías y ríos). Las imágenes de los años 1987, 2001 y 2012 se sometieron a pre procesamiento (correcciones geométricas y atmosféricas, índice de vegetación) y procesamiento (trabajo de campo, clasificación supervisada, reclasificación y ajuste de imágenes). Se realizó el cruce de mapas, obteniéndose que 2 657,8 km<sup>2</sup> de terreno (84,3 %) no presenta cambio de cobertura en este periodo; mientras que 495,6 km<sup>2</sup> (15,7 %) ha experimentado cambios por deforestación, conversión de usos a pastos para ganado y agricultura. Entre los años 1987 y 2012 se han deforestado, dentro del CPY, cerca de 295,5 km<sup>2</sup> de bosque (9,37 %), es decir 10,4 km<sup>2</sup> al año, lo que representa una tasa de deforestación anual de 0,45 %. Para modelar los cambios futuros de deforestación se realizó un procedimiento que implicó el análisis de variables que determinan cambios, se modelaron dos mapas, para el año 2030 y 2050, se observa que para el año 2030 el bosque se reducirá a un 2,15 %, y para el 2050 al 3,69 %; al contrario los pastos y cultivos aumentarían para el 2030 a 2,45 % y al 2050 a 4 %.

Palabras Clave: Cambio de uso del suelo, teledetección, cobertura vegetal.

### **ABSTRACT**

Changes in land use are analyzed in Podocarpus-Yacuambi (CPY) located in the corridor and Yacuambi-Zamora province of Zamora Chinchipe, cantons for which geographical information database of the German Development Cooperation was collected ( GIZ) and variables were generated by digitizing (villages, roads and rivers). The images of the years 1987, 2001 and 2012 were subjected to pre-processing (geometric and atmospheric corrections, vegetation index) and processing (fieldwork, supervised classification,

reclassification and adjustment of images). Maps crossing was performed, yielding than 2 657,8 km<sup>2</sup> of land (84,3 %) no change in coverage in this period; while 495,6 km<sup>2</sup> (15,7 %) experienced by deforestation, conversion of applications to agriculture and livestock grazing changes. Between 1987 and 2012 they have been deforested within the CPY, about 295,5 km<sup>2</sup> of forest (9,37 %), 10,4 km<sup>2</sup> per year, which represents an annual deforestation rate of 0,45 %. To model future changes in deforestation a procedure that involved the analysis of variables determining changes were made, two maps, 2030 and 2050 were modeled, it shows that by 2030 the forest was reduced to 2,15 % and for 2050 to 3,69 %; unlike pastures and crops increase by 2030 and 2,45 % 2050-4 %.

*Keywords:* land use change, remote sensing, vegetation cover.

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el cambio de uso del suelo constituye una de las principales preocupaciones en el sector forestal, debido a la presión que se ejerce sobre los bosques nativos, en cierta forma explica el proceso de deforestación del país, por lo que su análisis reviste especial importancia en el desarrollo socio-económico del Ecuador. Su magnitud y distribución reflejan la ausencia de políticas de ordenamiento territorial que orienten el desarrollo de actividades productivas, tomando en consideración la capacidad de uso del suelo (Barrantes *et al.*, 2010).

En los cantones de Zamora y Yacuambi, se evidencian problemas de tala descontrolada de los bosques cuyas causas son inherentes a actividades antropogénicas, entre éstas se destacan: comercialización ilegal de madera debido al desacato de la normativa forestal vigente, necesidad de tierras para la producción agropecuaria, prácticas agrícolas y ganaderas insostenibles, uso inadecuado del suelo de acuerdo a su aptitud y capacidad; éstas traen como consecuencia la contaminación de los recursos hídricos, disminución de la cantidad y calidad del agua, pérdida de la cobertura vegetal, fragmentación de ecosistemas prístinos y frágiles; y, conflictos de índole socio-ambiental.

Por lo tanto, la importancia de realizar un estudio multitemporal y generar modelos que permitan estimar escenarios futuros de deforestación, radica en anticipar, prevenir y mitigar dinámicas insostenibles de las actuales formas de desarrollo socioeconómico.

En la presente investigación se analizó los cambios de uso del suelo y se modeló los escenarios futuros de deforestación del corredor de conectividad Podocarpus-Yacuambi, tomando como herramienta el Modelador de Cambios en el Terreno (LCM), del Sistema de Información Geográfico Idrisi Selva, para lo cual se utilizó imágenes de cobertura vegetal de tres fechas diferentes (1987, 2001 y 2012), y variables estáticas (ríos, mapa de altitud) y dinámicas (proximidad a caminos y poblados); con esto se obtuvo como resultado un análisis de cambios pasados de la cobertura del suelo, el potencial de transición de coberturas en el terreno y la predicción de cambios en el futuro.

Se cumplieron los siguientes objetivos:

- Identificar las variables que influyan en los cambios de uso del suelo del corredor de conectividad Podocarpus – Yacuambi.
- Analizar los cambios de uso del suelo en el corredor de conectividad Podocarpus-Yacuambi, de los periodos 1987 al 2012.

- Modelar los cambios futuros de deforestación del corredor de conectividad Podocarpus-Yacuambi, en base al Modelador de Cambios en el Terreno (LCM), del Sistema de Información Geográfica Idrisi Selva.

## MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio y características biofísicas

El Corredor de conectividad Podocarpus-Yacuambi (CPY) ubicado en la cordillera Oriental del Ecuador dentro de las áreas protegidas: Parque Nacional Podocarpus y la Reserva Municipal Yacuambi. Integra otras áreas naturales como el Bosque Protector Corazón de Oro y las reservas Shuar Kiim, Kurintz y Washikiat.

Tiene una extensión de 3 153,4 km<sup>2</sup>, abarcando las parroquias de Imbana, Sabanilla, Timbara, San Carlos de las Minas perteneciente al cantón Zamora; y, las parroquias de Tutupali y La Paz, pertenecientes al cantón Yacuambi, de la provincia de Zamora Chinchipe

Se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas: 03° 20' 26" - 04° 18' 15" de latitud Sur; y, 78° 57' 05" - 78° 57' 10" de Longitud Oeste (Figura 1).

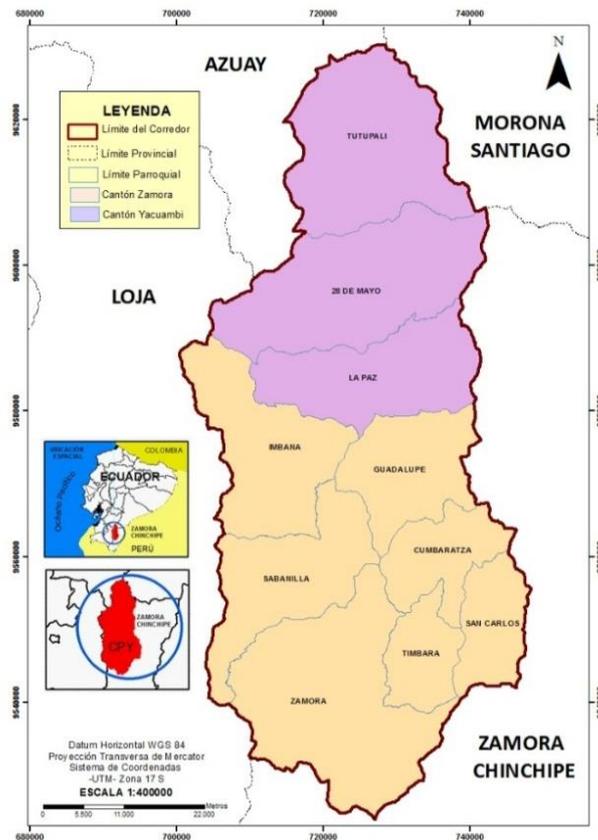


Figura 1. Mapa de ubicación del corredor de conectividad Podocarpus-Yacuambi

## Metodología

Para realizar la identificación y tratamiento de las variables que influyen en los cambios de uso del suelo del corredor de conectividad Podocarpus – Yacuambi, se realizó la corrección geométrica de imágenes satélite del sector, empleando como puntos de control la información geográfica de las fotografías aéreas de Yacuambi y del servidor de aplicaciones de mapas Google Maps; y, la corrección atmosférica a través del módulo de análisis de componentes principales (PCA) del software Idrisi Selva, con la finalidad de reducir las condiciones atmosféricas y los efectos que la radiación provoca en la calidad de los datos.

Posteriormente, se utilizaron imágenes de fechas cercanas (2011 y 1989) a las empleadas en el estudio (2012 y 1987), para hacer mosaicos que permitan eliminar la mayor cantidad de nubes en las imágenes y mejorar la clasificación.

A continuación se generó el índice de vegetación utilizando la combinación de las bandas roja e infrarroja cercano (3 y 5 para imágenes Rapideye; y 3 y 4 para imágenes Landsat) como se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Rapideye NDVI} = (5-3) / (5+3)$$

$$\text{Landsat NDVI} = (TM4-TM3) / (TM4+TM3)$$

NDVI = Índice de vegetación

Posteriormente se efectuó el procesamiento de las imágenes, realizándose en primera instancia en una salida de campo para reconocer a través de la observación los tipos de cobertura que no se visualizaban correctamente en la imagen. Luego se realizó la clasificación supervisada sobre una composición color RGB 5, 4, 3 para las imágenes Rapideye y 4, 5, 3 para las imágenes Landsat, identificándose 12 categorías o clases de cubierta para las imágenes rapideye y 8 categorías para las Landsat. Una vez obtenida la clasificación se efectuó una reasignación de clases (reclasificación) y un ajuste de las imágenes.

Para el análisis de los cambios de uso del suelo en el corredor de conectividad Podocarpus -Yacuambi, de los periodos 1987 al 2012, se utilizó la técnica de tabulación cruzada, con ayuda del módulo de Intersect, del programa ArcGis, donde se superpusieron las imagen de 1987 y 2012, generándose una base de datos, donde se especifica el tipo de cambio entre coberturas; para finalmente obtener como resultado un mapa con los cambios que han sucedido entre estos dos periodos.

Para calcular las distintas métricas de deforestación, se utilizaron fórmulas empleadas en el estudio “Estimación de la Tasa de Deforestación del Ecuador Continental”. La primera (a) corresponde a la deforestación total anual promedio para un período determinado, y la segunda (b) a la tasa de cambio anual; definidos como:

$$\text{a) } R = \frac{A_1 - A_2}{t_1 - t_2} \qquad \text{a) } q = \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)} - 1$$

Donde R es la deforestación total anual promedio, q es la tasa de cambio anual A2 y A1 son las áreas de bosque en la fecha final (t2) e inicial (t1), respectivamente (Puyravaud, 2003).

Para facilitar la interpretación de los resultados, se agrupó los tipos de cobertura, en ocho clases y se utilizó la ficha de Análisis de Cambios (Change Analysis) del módulo Land Change Modeler, de Idrisi Selva, donde se empleó las imágenes clasificadas de 1987 y 2012, y como variables opcionales el MNA y el raster de vialidad. Con esto se obtuvo una descripción gráfica de las ganancias y pérdidas de las clases de cubierta de terreno, así como de las contribuciones experimentadas por una sola clase. También se creó un mapa de tendencias espaciales de cambios, dejando por defecto una tendencia de tercer orden, para generalizar ampliamente el patrón de cambio.

Para la modelación de los cambios futuros de deforestación del Corredor de Conectividad Podocarpus-Yacuambi, en base al Modelador de Cambios en el Terreno (LCM), se trabajó con variables dinámicas como vías y variables estáticas como ríos, comunidades y el MNA, que tuvieron que ser ajustadas a los mapas anteriormente adecuados. Se pasó por varias etapas, la primera fue analizar los cambios de uso del suelo, utilizando las imágenes clasificadas de 1987 y 2012; en la segunda fase se modeló las tres transiciones más importantes (bosque- agricultura y agricultura-bosque y bosque-matorral) utilizando las variables explicativas. En la tercera fase se especificó la fecha final de predicción de cambios, eligiendo el modelo de predicción suave, dando como resultado un mapa de vulnerabilidad al cambio para el conjunto de transiciones seleccionadas.

## RESULTADOS

Se construyeron mosaicos de la región, con las imágenes satélite, luego se realizó el análisis de la información obtenida, donde se pudo entender el comportamiento progresivo de los cambios del uso y cobertura del suelo, en un periodo de 25 años, en el Corredor de Conectividad Podocarpus-Yacuambi. En el cuadro 1 se observa los cambios en la vegetación:

Cuadro 1. Datos en kilómetros cuadrados y porcentajes de las unidades de cobertura de los años 1987 y 2012.

COBERTURA	1987		2001		2012	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área ( km <sup>2</sup> )	%	Área ( km <sup>2</sup> )	%
Bosque	2417,20	76.65	2357,26	74.74	2175,86	68.99
Páramo	437,81	13.88	425,7	13.5	411,58	13.05
Matorral	13,96	0.44	48,38	1.53	68,23	2.16
Pastos y Cultivos	245,94	7.80	275,18	8.73	425,64	13.50
Infraestructura	7,17	0.23	15,15	0.48	22,64	0.72
Área Quemada	-	-	0,01	0.0004	15,46	0.49
Cuerpos de Agua	31,19	0.99	30,33	0.96	31,80	1.01
Otros	0,46	0.01	1,65	0.05	2,51	0.08
Total	3153,74	100.00	3153,74	100.00	3153,74	100.00

Del cuadro anterior el ecosistema páramo se ha reducido en los últimos 25 años en un 0,83 %; por las actividades que los pobladores realizan, como quemas para la apertura de pastizales y minería (Páramo de Tutupali). La apertura de nuevas vías y caminos vecinales también ha sido un factor que ha ejercido presión sobre los ecosistemas; en este periodo la infraestructura aumentó de 7,2 km<sup>2</sup> a 22,6 km<sup>2</sup> (0,49 % del corredor), especialmente en el Cantón Zamora (22,25 %).

El área agrícola y pastizales ocupan el 13,5 % del corredor, y está representada principalmente por pastos para ganado y en un 0,3 % por cultivos agrícolas (yuca, plátano, maíz) ubicados en la suelos aluviales y coluviales, de los ríos Zamora y Yacuambi. El cuadro 2 presenta los tipos de cambio de uso del suelo:

Cuadro 2. Cambios de uso del suelo del CPY, de los periodos 1987-2012.

<b>Cambios</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Deforestación	295,6	9,37
Degradación de páramo	2,1	0,07
Infraestructura	14,1	0,45
Movimiento de cauces	13,4	0,42
Quemas	691,42	0,22
Regeneración	102,7	3,26
Sin análisis	2,6	0,08
Sin cambios	2657,8	84,28
Sucesión	58,4	1,85

Deforestación Total Anual	1048,54
Tasa de Cambio Anual	0,45%

Entre los años 1987 y 2012 se deforestaron, dentro del corredor CPY, cerca de 295,6 km<sup>2</sup> de bosque (9,37 %), es decir 10,5 km<sup>2</sup> por año, lo que representa una tasa de deforestación anual de 0,45 %. La ganadería es la actividad que está ocasionando la pérdida de los bosques, se calcula un área deforestada de 295,6 km<sup>2</sup> (9,37 % del corredor), lo que representa una tasa de deforestación de 0,45 %, es decir 10,9 km<sup>2</sup> al año.

Como se muestra en la figura 2, las coberturas que mayormente han contribuido para el cambio del bosque, son los cultivos, seguido del matorral y en menor proporción las áreas quemadas.

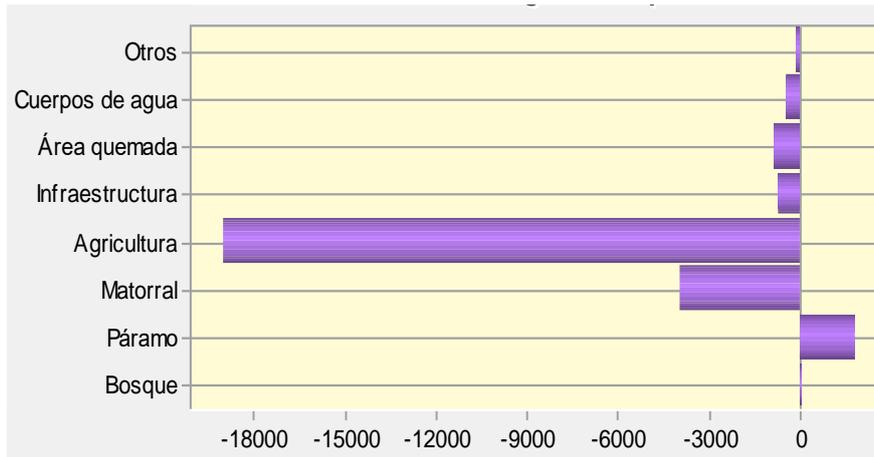


Figura 2. Contribución de las coberturas de vegetación en el cambio de uso del suelo

También hay zonas que se han recuperado naturalmente (3,66 %), donde ha existido un proceso de sucesión; debido a que las personas han detenido las actividades que normalmente realizaban, como las quemas (Figura 3).

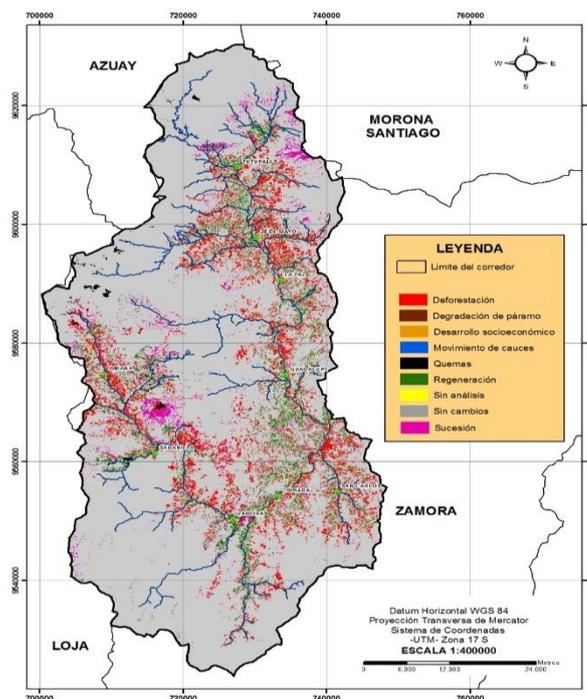


Figura 3. Mapa de cambios de uso del suelo del corredor de CPY

En cuanto a la predicción de cambios, se estima que las áreas mayormente presionadas por la intervención humana estarán relacionadas directamente con la infraestructura. En la Figura 4 se presentan los mapas con proyección a los años 2030 y 2050.

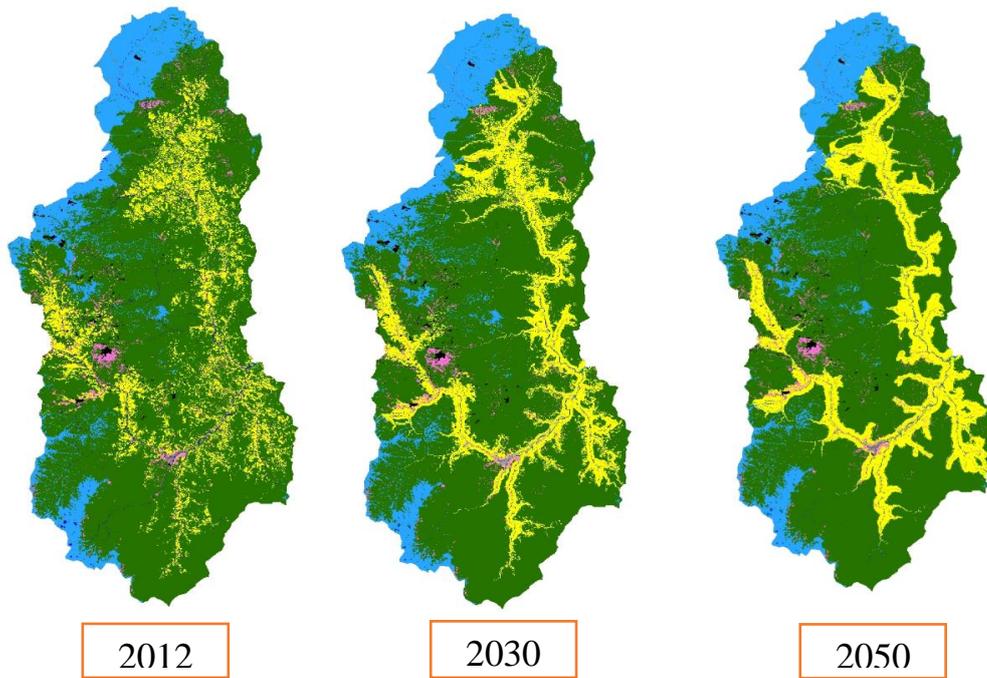


Figura 4. Tendencia de cambio para los años 2030 y 2050

Para el bosque hay un descenso importante, la cobertura que se podría perder entre estos periodos es de 357,8 km<sup>2</sup>, lo que equivale al 11 % de todo el corredor; en cambio, la cobertura que aumentaría es la de pastos y cultivos. La tendencia está directamente relacionada con la disminución de los bosques, entre los dos periodos señalados se estima un aumento de pastos y cultivos de 305,8 km<sup>2</sup>, lo que representa el 9,7 % del corredor.

Para el año 2030 el bosque se reducirá a un 2,15 %, y para el 2050 a un 3,69 %; al contrario de pastos y cultivos, que aumentarán para el 2030 en un 2,45 % y al 2050 en un 4 % (Figura 5 y 6; cuadro 3).

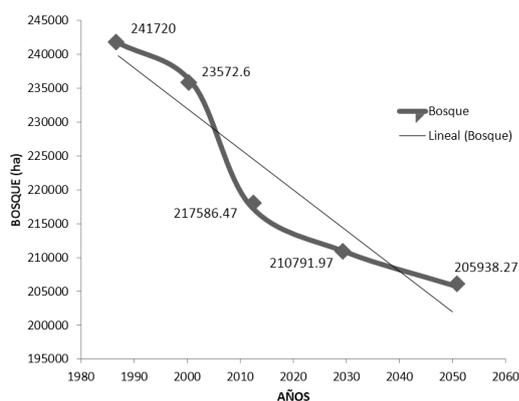


Figura 5. Estadística de la estimación a treinta y cincuenta años del comportamiento del bosque.

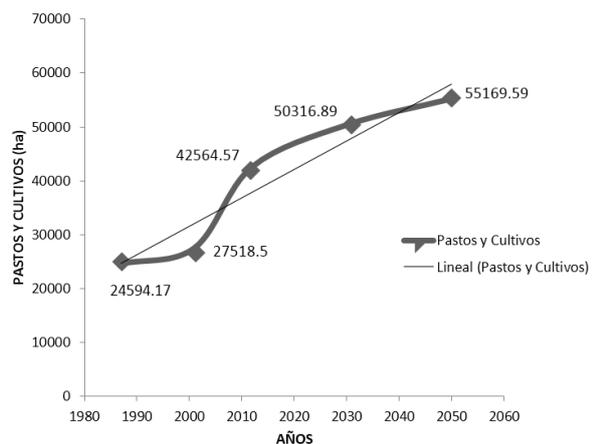


Figura 6. Estadística de la estimación a treinta y cincuenta años del comportamiento de los pastos y cultivos.

Cuadro 3. Estimación de la pérdida y aumento de coberturas en el CPY, para el año 2030 y 2050.

COBERTURA	2012		2030		2050	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Bosque	2.175,8	68.99	2.107,9	66.84	2.059,4	65.3
Pastos y Cultivos	425,6	13.5	503,2	15.95	551,7	17.5

## DISCUSIÓN

El uso y manejo del suelo puede afectar significativamente a la cantidad y calidad de agua disponible en una cuenca o en un territorio. El balance hidrológico se ve alterado producto de la deforestación, los cambios del uso del suelo y la cobertura vegetal. Vale destacar que el suelo es un excelente reservorio de humedad, lo que reafirma la conveniencia de manejar integralmente suelo y agua (FAO, 2015).

En el Corredor de Conectividad Podocarpus-Yacuambi, según la investigación realizada, el ecosistema páramo y los bosques se han reducido, debido a las quemadas que los agricultores realizan para la ampliación de los pastizales con fines ganaderos. Otro de los factores que ha influido es la apertura de vías y caminos vecinales, sin planificación; mientras que el uso de suelo con fines de infraestructura, ha crecido. Además, dentro del periodo de análisis se ha deforestado gran cantidad de bosque y el ecosistema cultivado y pastos se ha incrementado. Las coberturas que mayormente han remplazado al bosque, son la agricultura, seguido del matorral y en menor proporción las áreas quemadas. Existen zonas que se han recuperado en forma natural a través de un proceso de sucesión.

Situación que en parte coincide con lo que sucede a nivel nacional, según una serie estadística de la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) para el periodo 2005-2012 donde se observa que la superficie dedicada a cultivos permanentes en estos años presenta una tasa media de crecimiento positiva, mientras que la categorías de pastos cultivados que presenta reducción de su área; en el caso de pastos naturales presentan un incremento muy pequeño; y, la superficie ocupada por montes y bosques registró una tasa media anual de crecimiento según el INEC (2012).

La degradación del suelo, a través del uso inadecuado, está asociada con la pobreza y la falta de acceso a los recursos de tierras y aguas. Los agricultores pobres tienen menor acceso a la tierra y al agua, trabajando suelos de mala calidad y con una alta vulnerabilidad a la degradación. Un 40 % de las tierras más degradadas del mundo están en zonas con elevadas tasas de pobreza (FAO, 2015), lo que se corrobora en este estudio al ver que las zonas se degradan cada vez más, especialmente los páramos.

Para el 2030 y 2050, en el Corredor de Conservación, se estima que las áreas mayormente presionadas por la intervención humana estarán relacionadas con la infraestructura. Para el bosque habrá un descenso importante; mientras que la cobertura de pastos y cultivos, aumentará, si es que no se ejecutan las políticas relacionadas al ordenamiento territorial y a los planes de uso del suelo.

Este cambio de uso del suelo incidirá directamente en la regulación de los recursos hídricos, sobre todo por la actividad ganadera a campo abierto, que genera pisoteo

permanente en el territorio y que impide el proceso adecuado del ciclo hidrológico, coincidiendo con lo expresado por Kaimowitz (1996), que indica que en las últimas décadas, el cambio más importante en el uso del suelo en el trópico latinoamericano es la conversión de bosques a pasturas.

## CONCLUSIONES

- El CPY tiene un área de 3 153,4 km<sup>2</sup>; que en el 2012 estuvieron distribuidas, así: el 89 % por bosques, 13,5 % por pastos y cultivos, 13,0 % de páramos, 2,2 % de matorral, 1,0 % cuerpos de agua, 0,7 % infraestructura, 0,5 % área quemada y 0,1 % otras coberturas.
- Entre el año 1987 y 2012, las coberturas que disminuyeron son el bosque en un 7,91 % y el páramo en un 0,83 %; y, las coberturas que han aumentado son los pastos y cultivos en 4,8
- El área que ha cambiado durante el periodo analizado es de 494,9 km<sup>2</sup>, lo que representan el 15,7 % del corredor; y, el área que se ha mantenido intacta es de 2657,8 km<sup>2</sup>, es decir el 84,3 % del corredor.
- Anualmente se deforestan dentro del CPY, 10,5 km<sup>2</sup> de bosque, lo que representa una tasa anual de -0,45%. Esto es ocasionado principalmente por la extracción de madera, actividades agropecuarias y quemas para la apertura de pastizales.
- Las parroquias con mayor superficie deforestada son 28 de Mayo e Imbana con 64,8 km<sup>2</sup> (21,9 %) y 41,7 km<sup>2</sup> (14,1 %), lo que representa una tasa de deforestación de 0,7 % y 0,8 % respectivamente, es decir, que anualmente se deforesta en la parroquia 28 de Mayo 2,2 km<sup>2</sup> y en Imbana 1,9 km<sup>2</sup>.
- Para el 2030 se estima que el bosque se reducirá en 2,2 % y para el 2050 en 3,7 %; en cambio los pastos y cultivos su área aumentará para el 2030 a un 2,5 % y al 2050 en un 4,0 %.

## BIBLIOGRAFÍA

Barrantes G., H. Chaces y M. Vinuesa. (2010). El bosque en el Ecuador: una visión transformada para el desarrollo y la conservación. Quito, Ecuador. 47p.

INEC (2012). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa. Dirección de estadísticas económicas. Quito, Ecuador.

Kaimowitz, D. (1996). Livestock and Deforestation Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. Indonesia, CIFOR. 88 p

FAO (2015). Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.

Puyravaud, J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 117 p.

## **Rocas como fuentes minerales para el desarrollo de la agricultura orgánica en la provincia de Loja**

### **Rocks as a source of minerals for the development of organic agriculture in the province of Loja**

Teodoro Feijoo Cisneros <sup>1\*</sup>, Néstor Feijoo C <sup>2</sup> y Hugo Betancourt Tituaña <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Director del proyecto Diseño y Producción Ecológica Permacultural, Area Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja. Correo electronico: [teofejoo@hotmail.es](mailto:teofejoo@hotmail.es)

<sup>2 y 3</sup> Investigadores del proyecto proyecto Diseño y Producción Ecológica Permacultural

\*Autor de correspondencia

**Recepción:** 31 de julio de 2015

**Aceptación:** 20 de noviembre de 2015

#### **Resumen**

Los suelos agrícolas de la provincia de Loja en forma general posee escasos minerales, en macro y micro nutrientes, es decir existe desequilibrio mineral, por el uso exagerado de agrotóxicos, fertilizantes sintéticos, no aplicación de materia orgánica y producción en monocultivos; se realiza esta investigación con el propósito de remineralizar los suelos y cultivos, cuyos objetivos es la identificación de tipos de rocas, minerales y elementos que contienen, caracterización química; la distribución de las rocas en la provincia y evaluar los costos de producción para la elaboración de harina de rocas. Se determina que en la provincia de Loja existe diversidad de rocas, con diferentes minerales y elementos, que se podría fertilizar los suelos en mezcla con abonos o materia orgánica que esten al alcance de las condiciones socio económicas de los agricultores; y, que permitan obtener alimentos sanos y nutricionalmente equilibrados, con márgenes económicos para los productores.

Palabras claves: fertilizantes orgánicos, suelos agrícolas, rocas, mineralización suelos.

#### **Abstract**

Agricultural soils of the province of Loja in general has few minerals, macro and micro nutrients, ie mineral imbalance exists, by the excessive use of pesticides, synthetic fertilizers, no application of organic matter and production in monocultures. This research is conducted in order to mineralize soils and crops whose objectives is to identify rock types, minerals and elements that contain chemical characterization; the distribution of rocks in the province and assess production costs for the production of rock flour. It is determined that in the province of Loja there is diversity of rocks, with different minerals and elements that could be fertilize the soil mixed with fertilizer or organic matter are available to the socio economic conditions of the farmers; and that permitam get healthy and nutritionally balanced food, with economic margins for producers.

**Keywords:** organic fertilizers, agricultural soils, rocks, soil mineralization.

## Introducción

En un principio las plantas crecían en un suelo formado de la desintegración del material de las montañas sin ningún tipo de aditivo artificial. El ácido carbónico del aire combinado con los constituyentes básicos: potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro y manganeso, que se encontraban combinados en material rocoso desintegrado con ácido silícico, aluminio, azufre, fósforo, cloro y flúor y, con la cooperación de la humedad y la operación del calor y luz solar, ocasionó la generación de tejido celular vegetal. Las sustancias gaseosas, ácido carbónico (dióxido de carbono), vapor de agua y nitrógeno del aire adquieren forma del tejido celular vegetal y de la proteína vegetal gracias a la estructura básica de potasio, sodio, calcio y magnesio (Restrepo, 2007).

La harina de rocas, son piedras molidas hasta convertirse en un polvo muy fino (Malla, 2000), ésta aporta al suelo una amplia diversidad de minerales y por el tamaño de sus partículas están disponible, desde su aplicación al suelo, para las plantas y no solo optimizando el desarrollo de estas sino que libera nutrientes lentamente en el suelo permitiendo aplicaciones a largo plazo de 1 a 2 años.

La remineralización de los suelos con harina de rocas ha demostrado causar un crecimiento importante en las poblaciones de microorganismos en el suelo, contrarresta los efectos de la acidez en el suelo, aumenta la toma de macro y micro nutrientes de las plantas, evita la erosión, incrementa la capacidad de almacenamiento de nutrientes y agua, mejora la estructura del suelo y en la preparación de abonos o compostaje acelera e intensifica el proceso de fermentación. La harina de rocas a más de ser un producto natural, ayuda a la formación de complejos de humus, protege contra el ataque de enfermedades y plagas y, contribuye al equilibrio nutricional del suelo y cultivos (Pinheiro y Restrepo, 2009).

Varios estudios científicos, demuestran que incrementa la producción hasta un 40 %, también mejora la composición nutricional de los alimentos cultivados; en cuanto a calidad y cantidad de proteínas, minerales, vitaminas, oligoelementos y otros nutrientes. Igualmente, se notan diferencias significativas en las propiedades organolépticas; potencializando el sabor, aumentando el aroma e intensificando el color.

Conociendo las bondades de la harina de rocas en la producción agrícola y, de otro lado la baja calidad nutricional de los suelos de la provincia de Loja, se realizó el estudio de la caracterización química de las rocas existentes en la provincia Loja, que ayudaría a determinar rocas potenciales que permitan la remineralización de los suelos y cultivos con enfoque agroecológico

## Materiales y métodos

### Ubicación geográfica

La provincia de Loja se ubica en el extremo Sur Occidental del Ecuador, entre las coordenadas geográficas: 03°19'49" latitud sur, en el río León (N); 04°45'00" latitud sur, en el límite con Perú (S); 79°05'54" longitud oeste, en la cordillera oriental de los Andes (E).

## **Recopilación de fuentes secundarias**

Se realizó la recopilación, sistematización, análisis e interpretación de la información secundaria en aspectos generales de rocas existentes en la provincia de Loja.

## **Colección e identificación de las rocas**

Se colectaron 90 muestras en distintos cantones de la provincia de Loja,; considerando que la misma sea muy representativa del afloramiento rocoso (1 – 3 kg de roca), se ubicó sus coordenadas con un sistema de GPS. Las muestras colectadas se llevaron al laboratorio de Geología de la Universidad Nacional de Loja para su identificación. Con la ayuda de una carta geológica de la provincia de Loja se identificó el tipo y nombre de roca (considerando las coordenadas); también se analizó las características físicas: granulometría, textura y estructura; minerales esenciales (aquellos que están en mayor proporción en la roca) y elementos constituyentes de los minerales.

## **Procesamiento de la harina de rocas**

Se pulverizó las rocas de una manera artesanal, utilizando equipos como: combo para fragmentar las rocas, porrón (metálico) para la pulverización de la roca. Se tamizó los fragmentos; primero con un cedazo común y luego se utilizó un tamiz de malla número 45. Se pesó 200 gr de harina de roca por cada una de las muestras seleccionadas, la pesa hizo en balanza eléctrica, se colocó la harina de rocas en fundas, las cuales fueron etiquetadas de acuerdo al número de muestra de la roca. Para finalmente ser llevadas al laboratorio.

## **Análisis químico de la harina de rocas**

Se seleccionaron 14 rocas para el análisis químico, considerando las mejores características para remineralizar suelos, se escogió de acuerdo a la identificación de minerales en el laboratorio de geología de la UNL. El análisis químico se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica Particular de Loja, se utilizó diferentes métodos: Digestión acida- espectrofotometría UV, Olsen y Watanabe- Espectrofotometría UV, Olsen modificado- Espectrofotometría UV, KCl- Espectrofotometría AA, a cada una de las muestras se le determinó la cantidad de Nitrógeno Total, Fosforo disponible, Potasio, Calcio, Magnesio, Zinc, Cobre, manganeso y aluminio.

## **Determinación de la distribución de las rocas en la provincia de Loja**

Se tomó coordenadas de los puntos donde fueron tomadas las muestras; en los diferentes cantones de la provincia de Loja. Se ordenó la información obtenida de la recolección en una hoja de Excel, con el siguiente orden: Número de muestra, coordenadas planas x – y, lugar de muestreo y cantón. Se elaboró el mapa de distribución de las rocas muestreadas en la provincia de Loja (con apoyo del CINFA – UNL), se tomó como base el mapa geológico realizado por el MAGAP; en el mapa se insertó los elementos: Número de roca muestreada, tipo de roca, lugar muestreado, geología provincial, división cantonal, vías: principales y secundarias, ríos, poblados y cabeceras cantonal y parroquial, leyenda y escala: 1 : 350 000

## **Evaluación de costos para el procesamiento de harina de rocas**

Se determinaron los parámetros para la evaluación de los costos de la harina de roca: Extracción de material pétreo, transporte, maquinaria, infraestructura, energía que consume la maquinaria, embalaje y mano de obra utilizada, se realizó los respectivos cálculos de depreciación en maquinaria e infraestructura.

## Resultados

### Contenidos de minerales y elementos de las rocas muestreadas en la provincia de Loja

En el cuadro 1 se presentan los contenidos de minerales por tipo de roca registrados en la provincia de Loja, destacándose las más importantes por sus contenidos de elementos en los minerales: la muestra R2 que es una Brecha Andesítica y contiene Plagioclasa Andesítica y Biotita como minerales y los elementos Na, Ca, Al, N, Si, P, K, Mg, Fe, Mn; las muestras 15, 23, 33, 69, 82 y 88, son las más importantes para uso en agricultura orgánica, el resto de muestras y tipos de rocas son las que se consideró de importancia para la agricultura de las 90 que se tomaron en la investigación. Notándose que en todas los tipos de rocas contienen en sus minerales Silice, elemento importante en el desarrollo de las plantas. En la figura 1 se puede ver rocas que fueron muestreadas.

Cuadro 1. Minerales y elementos de las rocas estudiadas

N° muestra	Lugar	Tipo de roca	Minerales	Elementos
R2	La Loma	Brecha Andesítica	Plagioclasa (labradorita andesítica)	Na, Ca, Al, Si, N
			Biotita (mica)	K, Mg, Fe, Si, Al
R11	Gerinuma	Caliza (Cal)	Carbonato de calico	Ca
R15	Colombolo Potrerillos	Dacita	Plagioclasa	
			Biotita	K, Mg, Fe, Si, Al
			Cuarzo	Si
			Hornblenda	K, Na, Ca, Mg, Fe, Al, Si
		Andesita	Plagioclasa	Na, Ca, Al, Si
			Biotita	K, Mg, Fe, Si, Al
R17	Lansaca	Microdiorita	Plagioclasa (labradorita andesítica)	Na, Ca, Al, Si
			Biotita (mica)	K, Mg, Fe, Si, Al
R19	Suanamaca-Utuana	Lutita Arcosica	Feldespato	Si, K, Ca, Na
			Plagioclasa	Na, Ca, Al, Si
R22	Ahuaca	Andesita	Plagioclasa (labradorita andesítica)	Na, Ca, Al, Si
			Biotita (mica)	K, Mg, Fe, Si, Al
R23	Tierras Coloradas	Andesita	Plagioclasa (labradorita andesítica)	Na, Ca, Al, Si
			Biotita (mica)	K, Mg, Fe, Si, Al
R24	Yunga	Argilita	Calcedonia	Si
R29	Fundochamba	Esquisto Verde	Cuarzo	Si
			Plagioclasa	Na, Ca, Al, Si
			Clorita	Cl
R31	Quilanga	Esquisto	Cuarzo	Si
			Talco	Mg, Si

			Biotita	K, Mg, Fe, Si, Al
			Flogopita	Mg, Fe, Al, Si, F
R33	Quilanga-Anganuma	Toba Andesítica - Basáltica	Plagioclasa	Na, Ca, Al, Si
			Biotita	K, Mg, Fe, Si, Al
			Piroxeno	Mg, Ca, Fe, Al, Si
			Feldespatos y Plagioclasa (alterados)	Si, K, Ca, Na, Al
R34	Purunuma	Porfidita		
R38	Urdaneta	Toba Volcánica	Plagioclasa	Na, Ca, Al, Si
			Feldespato	Si, K, Ca, Na
R42	Mater	Brecha silícea	Sílice amorfo	Si
R47	San Lucas	Esquisto Grafitoso	Grafito	C
			Cuarzo	Si
R54	La Chamana	Andesita basáltica	Piroxeno + 50%	Mg, Ca, Fe, Al, Si
			Plagioclasa	Na, Ca, Al, Si
R62	Mercadillo	Lutita Silícea	Plagioclasa	Na, Ca, Al, Si
			Feldespato	Si, K, Ca, Na
			Arcillas densas	Si, Al, Mg, Fe
			Alumosilicatos	Al, Si
R64	Las Nubes	Caliza Negra	Carbonato de Calcio	Ca, Si
			Carbón	Materia orgánica
R69	Zapotillo	Lutita negra	Arcillas densas	Si, Al, Mg, Fe
			Material carbonaceo	Materia orgánica
R71	Bramaderos Cantera Yeso	Yeso (75%)	Sulfato de calcio 75-80%	Ca
			Arcillas carbonatadas	Si, Al, Mg, Fe, Ca
R74	Villonaco	Filita	Epidota	Ca, Al, Fe, Si
			Hornblenda	K, Na, Ca, Mg, Fe, Al, Si
			Grafito	C
R75	Tierras Coloradas	Esquisto Micáceo	Micas (biotita, Moscovita)	K, Mg, Fe, Si, Al
			Cuarzo	Si
R76	Plateado	Caliza Detrítica	Calcita	Ca
R77	Belén	Caliza Arcillosa	Carbonato de calico	Ca
			Minerales arcillosos	Si, Al, Mg, Fe
			Alumosilicatos	Al, Si
R80	Amable María	Toba Silícea	Alumosilicatos	Al, Si
			Caolín	Si, Al, Mg
R82	Chinguilanchi	Lutita blanca	Arcillas densas	Si, Al, Mg, Fe
R86	Vicin	Cuarzita	Cuarzo	Si, P
R87	Vicin	Toba Volcánica	Plagioclasa	Na, Ca, Al, Si
			Feldespato	Si, K, Ca, Na
R88	Macara	Granodiorita	Plagioclasa 45%	Na, Ca, Al, Si
			Feldespato alcalino 15%	Si, K, Ca, Na
			Biotita 5%	K, Mg, Fe, Si, Al
			Cuarzo 15%	Si
			Hornblenda 20%	K, Na, Ca, Mg, Fe, Al, Si
R89	Malacatos	Yeso (puro)	Sulfato de calico	Ca
R90	Puente	Andesita Basáltica	Piroxeno +50 %	Mg, Ca, Fe, Al, Si
			Min Ferromagnesianos	Fe, Mg



Figura 1. Muestras de tipos de rocas de la provincia de Loja

### Contenidos de N, P, k, Ca, Mg, Mn, Zn, Al y Cu de las rocas de la provincia de Loja, en mg/kg

Como se puede ver en el cuadro 2, y figura 2, se describe los diferentes tipos de rocas de estudiadas de la provincia de Loja y sus contenidos de nutrientes de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Al, Cu y Zn, obervandose cantidades importantes de mg de éstos elementos por kg de roca, que darian un significativo aporte para fertilizar los suelos del Sur del Ecuador.

Cuadro 2. Nutrientes en mg/kg de rocas

Cod.	ROCA	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Al	Cu	Zn
R2	Brecha Andesítica	2077,9	0,53	7,82	1912	90,28	2,05	161,8	0	3,6
R6	Toba Andesítica	1266,8	0,39	15,64	1322	61,00	0,39	148,4	0	10,6
R15	Dacita	1336,8	0,12	7,82	1380	120,70	15,46	191,5	0	15,4
R23	Andesita	1885,3	0,12	11,73	256	123,20	2,92	188,8	0	5
R24	Argilita	1897,8	2,17	7,82	60	0	0,12	116	0	21,6
R31	Esquisto	1788,9	0,19	7,82	1890	74,42	9,86	207,7	0	18
R33	Toba Andesítica - Basáltica	1832,0	0,29	11,73	1960	61,00	4,43	161,8	0	8,2
R38	Toba Volcánica	1660,3	1,2	23,46	336	100,00	3,6	126,8	0	7,4
R47	Esquisto Grafítico	1794,5	0,23	27,37	1882	102,40	4,48	110,6	0	6,6
R69	Lutita negra	1834,4	0,94	11,73	1222	23,18	1,26	213,1		3
R82	Lutita	1782,5	0,45	82,11	0	1,22	1,23	99,8	25,8	11,2
R86	Cuarzita	1359,9	2,05	19,55	512	14,64	2,42	169,9	0	8
R88	Granodiorita	1504,8	0,23	11,73	266	29,28	1,39	105,2	0	22,6
R90	Andesita Basáltica	1494,3	0,29	15,64	748	54,90	10,12	153,7	0	19



Figura 2. Tipos de rocas de mayor importancia para la agricultura

### Costos de producción de la harina de rocas

En el cuadro 3 se puede observar los costos de cada una de las actividades de rocas, materiales, infraestructura y equipos que se requieren para la elaboración de la harina.

Cuadro 3. Desglose de los costos de elaboración de harina de roca

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo \$	Subtotal (\$/qq)
Extracción de Material	qq	1	0,50	0,50
Maquinaria(triturado y cribado)	qq	1	0,40	0,40
Mano de Obra.	Jornal	1	1,6	1,6
Energía eléctrica.	qq	1	0,31	0,31
Infraestructura	qq	1	0,2	0,2
Embalaje	qq	1	0,645	0,65
Transporte (30 km)	qq	1	0,50	0,50
<b>Total</b>				<b>4,16 \$/qq</b>

## Inversión en dólares

Maquinaria (molino triturador, molino pulverizador, tamiz clasificador)	12500
Infraestructura	13500
<b>Total</b>	<b>2600</b>



Figura 3. Harina de rocas de las muestras estudiadas

## Discusión

De las 90 muestras colectadas en los cantones de la provincia de Loja (cuadro 1), define que se encontraron las siguientes tipos de rocas: Brecha Andesítica, Caliza (Cal), Dacita, Andesita, Microdiorita, Lutita Arcosica, Argilita, Esquisto Verde, Esquisto, Toba Andesítica – Basáltica, Porfidita, Toba Volcánica, Brecha silíceo, Esquisto Grafitoso, Andesita basáltica, Lutita Silíceo, Caliza Negra, Lutita negra, Yeso (75%), Filita, Esquisto Micáceo, Caliza Detrítica, Caliza Arcillosa, Toba Silíceo, Lutita blanca, Cuarzita, Toba Volcánica, Granodiorita, Yeso (puro). Estas rocas contienen los siguientes minerales: Plagioclasa, Biotita, Carbonato de calcio, Cuarzo, Hornblenda, Feldespato, mica, Calcedonia, Clorita, Flogopita, Piroxeno, Sílice amorfo, Grafito, Sulfato de calcio, Alumosilicatos, Arcillas densas, Material carbonaceo, Arcillas carbonatadas, Epidota, Calcita, Caolín, Sulfato de calcio y Min Ferromagnesianos. Los que contienen los siguientes elementos: Na, Ca, Al, Si, N, K, Mg, Fe, Si, P, F, Mn, C, MO, Zn, S; es decir macro y micronutrientes que requieren los cultivos para su desarrollo productivo. Los tipos de rocas, minerales y elementos que contienen las rocas estudiadas en la presente investigación corresponden con las descritas por Hensel (1894), Zamora (2008), Lazo (2002), Angamarca (2004), tanto los tipo de minerales y elementos para la remineralización de los suelos y alimentos cultivados.

Las rocas estudiadas demuestran en el cuadro 2 de contenidos de N, P, k, Ca, Mg, Mn, Zn, Al, que para el caso de N los contenidos fluctúan entre 1266,86 y 2077,91 mg por kg de roca, en lo respecta al P los valores van de 0,12 a 2,17 mg/kg, en K de 7,82 a 82,11, en Ca 60 a 1960, en Mg de 1,22 a 123,22, Mn de 0,12 a 15,46, para el caso de Al de 99,8 a 213,1, Zn de 3 a 22,6 mg/kg; y, en el caso del Cu sola la roca R82 es la única que contiene cobre en su composición química; si se compara con lo reportado por Pinheiro y Restrepo (2009) en análisis de harina de rocas natural, las siguientes concentraciones: en Al 96 mg/kg, Ca 39, Mg 77, K 13,6 mg/kg y Zn al 1 %, y también Xavier Lazo en el 2002; los análisis de las rocas estudiadas de la provincia de Loja, son similares y en algunos casos superan la concentración de nutrientes. Si se considera que la provincia

de Loja tiene suelos agrícolas de baja fertilidad (cantidades inferiores a: N 25 ppm, P 8 ppm y k 48 ppm) se podría fertilizar los suelos con estas rocas para corregir sus deficiencias nutricionales.

En cuanto a la distribución de las rocas en la provincia de Loja se encuentra mayor diversidad en los cantones de Loja y Saraguro, en el resto de cantones existe menor diversificación, pero en los sectores existen tipos de rocas suficientes para mineralizar los suelos en mezclas de tres o cuatro tipos de rocas.

## Conclusiones

Las concentraciones de N, P, k, Ca, Mg, Mn, Zn, Al, que contienen los diferentes tipos de rocas de la provincia de Loja, estas darían un importante aporte en la remineralización de los suelos y alimentos, mezclando las rocas con abonos (materia orgánica animal o vegetal), entre 3-5 toneladas por hectárea de harina de rocas y 8 toneladas de MO.

En la provincia de Loja existe diversidad de tipo de rocas, de minerales y elementos para remineralizar los suelos agrícolas, pudiendo hacer uso de estos materiales a nivel local.

Por requerir de poca inversión y bajos costos de procesamiento, la harina de rocas estaría al alcance de los agricultores y ser un excelente fertilizante mineral natural.

## Agradecimientos

Al laboratorio de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, y al Doctor Luis Angamarca Técnico del laboratorio, por el apoyo a la presente investigación.

## Bibliografía

Angamarca, L. (2009). Mineralogía. Universidad Nacional de Loja. Area de la Energía, las industrias y los Recursos Naturales No Renovables. Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental, y Ordenamiento Territorial. Loja, Ecu. 44-54 p.

Simón Zamora, J.I., (2008), Análisis de harinas de rocas, GAIA, Michoacán México.

Pinheiro, S. (2002), Remineralización de los alimentos, Brasil.

Lazo, X. (2002), Minerales de rocas, Fundación AMBIO, San Jose de Costa Rica.

Hensel, J. (1894), *Panes de piedra*.

Restrepo R; J., Pinheiro S. (2009). Agricultura Orgánica y Harina de Rocas. Santiago de Cali - Colombia.

Restrepo R, J. (2007). El A,B,C de la agricultura Orgánica y harina de rocas. Managua Nicaragua.

## Superposición de nicho trófico entre *Lithobates catesbeiana* (rana toro) y *Rhinella marina* (sapo) en Zamora Chinchipe, Ecuador

### Trophic niche overlap between *Lithobates catesbeiana* (bull frog ) and *Rhinella marina* (toad) in Zamora Chinchipe , Ecuador

KatuscaValarezo Aguilar<sup>1</sup> y Patricio Herrera Valladares<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Zoológicas, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

<sup>2</sup>Gobierno Autónomo Descentralizado de El Guismi, El Pangui.

**Recepción:** 27 de abril de 2015

**Aceptación:** 12 de junio de 2015

#### Resumen

*Lithobates catesbeiana* (rana toro), catalogada entre las peores especies invasoras a nivel mundial, fue introducida en Ecuador en 1988 con fines económicos y desde entonces se han observado numerosas poblaciones ferales; sin embargo, no se ha realizado ningún estudio sobre su impacto hacia las especies nativas. En base a lo reportado en otros países, el presente trabajo investiga la dieta y la superposición de nicho trófico entre *Lithobates catesbeiana* y *Rhinella marina*. Se muestrearon 16 ranarios legalmente establecidos donde se abarcó el contorno y fuentes de agua cercanas de cada ranario desde las 19h00 a 22h00. Se caracterizó el contenido estomacal y se midió: talla, peso y estadio de 215 individuos, de los cuales 170 correspondieron a *Lithobates catesbeiana* y 45 a *Rhinella marina*; 99 fueron machos, 47 hembras y 67 jóvenes. La fase de campo se realizó entre agosto y noviembre del 2010. Se registraron 1156 presas dentro de 50 categorías dietéticas. El 19,05 % de los adultos presentaron estómagos llenos mientras el 37,78 % de jóvenes tenían estómagos vacíos. Las hormigas fueron las presas más importantes numéricamente de las dos especies de anuros, seguidas por las larvas de dípteros (18,69 %) e isópodos (5,71 %). Volumétricamente, la presa más importante fueron los renacuajos de *Lithobates catesbeiana* con el 58,44 %, seguida por gasterópoda *Pomacea* sp. (con 6,29 %) y larva de lepidóptera (5,31 %). No existió superposición de nicho trófico entre *Lithobates catesbeiana* y *Rhinella marina*.

Palabras clave: anfibios, especie invasora, depredación, competencia, impactos, ranario

#### Abstract

*Lithobates catesbeiana* (bull frog), ranked among the worst invasive species worldwide, was introduced in Ecuador in 1988 for economic purposes and since then there have been numerous feral populations registered. Though, no investigation on its possible impact on native species has been done. Based on reports in other countries, this research investigates the diet and trophic niche overlap between *Rhinella marina* and *Lithobates catesbeiana*. The surroundings of 16 legally established farms were sampled where 215 frogs were collected from 19h00 to 22h00. Stomach contents as well as the size, weight and stage of the 215 individuals was characterized. Out of these, 170 were *Lithobates catesbeiana* and 45 were *Rhinella marina*, where 99 were males, 47 females and 67 young frogs. The field work was done between August and November 2010. There were registered 1156 items grouped in 50 prey categories. The 19,05 % of adults had contents in their stomachs while 37,78 % of the young had empty stomachs. Ants were the numerically most important prey of the two frog species, followed by the Diptera larvae (18,69 %) and isopods (5,71 %). Volumetrically, the

most important prey was *Lithobates catesbeiana* tadpoles (58,44 %), followed by Gasteropoda *Pomacea* sp. (with 6,29 %) and lepidopteran larvae (5,31 %). There was no trophic niche overlap between *Lithobates catesbeiana* and *Rhinella marina*.

Keywords: amphibians, alien species, predation, competition, impacts, frog breeding center

## Introducción

En Ecuador se sabe poco sobre las consecuencias que puede ocasionar la invasión de la rana toro, aunque mundialmente se conoce su efecto devastador. El impacto que generan esta especie ha sido reconocido en el Convenio sobre Diversidad Biológica, cuya posición es respaldada por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), que plantea y propone el control y monitoreo de las especies exóticas que amenazan los ecosistemas y especies nativas (Convention on Biological Diversity, 2003).

La provincia de Zamora Chinchipe, es la zona de la amazonia donde existen más ranarios que ninguna otra provincia ecuatoriana (16 de los 31 que existen en el país) (Villacís y Zurita, 2002), en los cuales Ortega (2007) evidenció el escape de individuos jóvenes y adultos hacia los ecosistemas adyacentes. Cisneros-Heredia (2004) reporta una población de rana toro aparentemente establecida en Ecuador, la misma fue registrada en una localidad de la provincia de Napo, Amazonía ecuatoriana. Además, menciona observaciones adicionales de ranas toro escapadas en la provincia de Manabí. De igual forma, Valarezo-Aguilar y Cisneros-Heredia (datos no publicados) observaron la segunda población feral de rana toro en Ecuador. El espécimen fue colectado en el bosque siempre verde de la Amazonía baja de la provincial de Zamora Chinchipe, sureste de Ecuador. Sin embargo, a casi 25 años de la introducción de rana toro en Ecuador, todavía la información existente es casi nula, haciéndose urgente investigaciones que permitan conocer los impactos que esta introducción ha provocado en la batracofauna ecuatoriana.

## Materiales y métodos

### Área de Estudio

La investigación fue realizada en tres de los nueve cantones de la provincia de Zamora Chinchipe, donde se ha introducido la rana toro. En esta provincia se ha implementado el mayor número de ranarios que existen en Ecuador (16 ranarios de los 31), los cuales están agrupados de la siguiente manera:

ranarios en el cantón Zamora	8
ranarios en el cantón Yantzaza	5
ranarios en el cantón Centinela del Cóndor	3

Se muestreó cada ranario abarcando el entorno y las fuentes de aguas cercanas, entre las 19h00 y las 22h00. En total se muestrearon nueve localidades que comprendían 16 ranarios legalmente constituidos en la provincia de Zamora Chinchipe. La intensidad de muestreo fue de 400 horas durante 5 meses, se colectó y analizó el contenido estomacal de la rana toro y del sapo común.

### Descripción de las especies incluidas en el estudio

Con el propósito de analizar la dieta de la rana toro y relacionarla con la dieta de los anuros nativos y, para evaluar la superposición del nicho trófico, se escogió una especie de anuro

nativo. Se tuvo en cuenta que sean especies comunes en estas áreas, de fácil identificación, de hábitos nocturnos y que dependan fuertemente del agua para su reproducción.

### ***Lithobates catesbeiana***

Especie predominantemente acuática (e.g. pantanos, estanques, lagos o ríos lentos de agua poco profundas) e incluso puede tolerar agua salobre. Prefiere cuerpos de agua con espesa vegetación acuática que le proporciona lugares convenientes para el crecimiento, reproducción y escape cuando se siente amenazada. Se concentra en áreas que han sido modificadas por el ser humano y soporta altos niveles de contaminación (Moyle, 1973).

### ***Rhinella marina***

Habita en bosques lluviosos y secos de tierras bajas, premontanos, montanos, y áreas intervenidas. Es una especie nocturna y terrestre que habita áreas húmedas con cobertura vegetal adecuada, incluyendo campos de caña, sabanas, áreas abiertas, patios y jardines. Se encuentran en hábitats degradados y ambientes creados por el ser humano como caminos y carreteras. Los individuos se refugian, durante el día, en pequeños huecos o debajo de la vegetación caída. La reproducción ocurre en pozas pequeñas y grandes, a lo largo de todo el año, pero con un pico en la estación húmeda. La puesta contiene alrededor de 4000 a 10000 huevos que son depositados en la superficie del agua en forma de cordón gelatinoso (Frost, 2007).

### **Trabajo de campo y laboratorio**

Los individuos colectados fueron etiquetados y registrados en una hoja de campo. En el laboratorio, se tomaron los datos de talla (mm) y peso (g) para verificar si la cantidad de artículos consumidos está relacionada con la talla y el peso. Posteriormente, se realizó la disección de los individuos para el análisis del contenido estomacal.

Una vez realizadas las incisiones pertinentes, se identificó el estómago del animal, a éste se amarró por su parte anterior (en la unión con el esófago) y posterior (en la unión con el intestino delgado). Después, se colocó el contenido estomacal en cajas petri y luego fue cernido y colocado en una gasa embebida en alcohol al 90 %. Luego se identificaron los alimentos encontrados en cada estómago. Cada espécimen de presa, o sus partes, fueron pesados y medidos, y se registró en su respectiva hoja de datos. Además, se examinó el sexo del individuo y en qué estadio de vida se encontraba.

Una vez identificadas y ubicadas las presas en categorías dietéticas, se cuantificó la frecuencia de los alimentos consumidos y se calculó el volumen por cada individuo de anuro, así como el número de presas y el volumen de cada orden (o familia) de alimento para cada especie de anuro.

Se midió con un calibrador de precisión (0,1 mm) el largo (sin tomar en cuenta antenas, ovoposidores, extremidades) y el ancho de cada presa completa encontrada, para luego obtener el volumen aproximado de cada presa mediante la fórmula volumétrica del esferoide (Dunhan, 1983).

$$V = \frac{4}{3} \pi (\text{largo}/2) (\text{ancho}/2)^2$$

En aquellas presas que no pudieron ser reconocidas por hallarse incompletas no se calculó el volumen. Sin embargo, los restos de algunas presas si fueron taxonómicamente

clasificados, por lo que ciertas categorías de presa entran en el análisis numérico pero no en el volumétrico. Además, se registró otros materiales que fueron clasificados como hojas, semillas, palos y piedras, las cuales no se incluyeron en los análisis de presas y fueron agrupados en la categoría “material vegetal”.

En base a la abundancia (número de presas) y al tamaño (volúmenes de presas) de cada orden de presa, se cuantificó el número de presas y el volumen de cada uno.

### Análisis de los datos

Una vez obtenido y sistematizados los datos, en todas las variables del estudio, la normalidad y la homogeneidad de varianza se comprobaron por medio de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Levene, respectivamente. Con los que resultaron con diferencias significativas se realizó la prueba t y para los que no resultaron significativos se usó la U de Man-Whitney. Ambas pruebas sirvieron para comparar las longitudes rostro-cloaca, los pesos de las ranas, los pesos de las presas consumidas y el número de presas consumidas entre y dentro de las dos especies.

Además, se realizó la prueba de la probabilidad exacta de Fisher para comparar la proporción de estómagos llenos y vacíos por especie de anuro, por sexo y por estadio. Para el cálculo de la superposición del nicho trófico, se utilizó el índice de Pianka basado en el índice de diversidad de Simpson,  $1/\sum_i^n P_i^2$ , donde  $P_i$  es la proporción de las  $i$  categorías de recursos usados. La superposición fue calculada usando la siguiente fórmula (Pianka y Parker, 1975):

$$\sum_i^n P_{ij}P_{ik} / \sqrt{\sum_i^n P_{ij}^2 \sum_i^n P_{ik}^2}$$

Donde  $P_{ij}$  y  $P_{ik}$  son proporciones del  $i$  recurso usado por la  $j$  y  $k$  especies, respectivamente. Los valores obtenidos con este índice varían de cero (no superposición) a uno (superposición completa).

### Resultados

#### Contenido estomacal de *Lithobates catesbeiana* y *Rhinella marina*

Se registró 1156 presas dentro de 50 categorías dietéticas (Cuadro 1). La frecuencia de los estómagos llenos frente a los estómagos vacíos de las dos especies de anuros no depende del sexo ( $p = 1,00$ ), ni del estadio de la especie ( $p = 0,37$ ) y tampoco dependió de la especie ( $p = 1,00$ ), pues de los 28 adultos analizados el 19,05 % presentaron estómagos vacíos, mientras que de los 17 jóvenes analizados, el 37,78 % corresponde a individuos con estómagos vacíos.

Cuadro 1. Categorías dietéticas para *Lithobates catesbeiana* y *Rhinella marina*

Categoría dietética	No.	%
Hymenoptera Formicidae	371	32,09
Larva Isoptera	216	18,69
Isopoda	66	5,71
Arthropoda Aracnidae	49	4,24
Larva Lepidoptera	44	3,81
Gastropoda <i>Pomacea</i> sp.	43	3,72
Coleoptera Scarabaeida	40	3,46
Coleoptera Carabidae	32	2,77
Orthoptera Gryllidae	29	2,51
Orthoptera Gryllotalpidae	25	2,16
Odonata Anisoptera	24	2,08
Otras categorías	218	18,8
<b>Total</b>	<b>1156</b>	<b>100</b>

El análisis del número de presas consumidas muestra la importancia de las hormigas en la dieta de ambas especies estudiadas, seguidas por las larvas de dípteros (18,69 %) e isópodos (5,71 %). No obstante, en el análisis volumétrico, las hormigas pasan al décimo segundo lugar de importancia, siendo los renacuajos de *Lithobates catesbeiana* el alimento de mayor volumen consumido. Sin embargo, si se considera que el canibalismo solo fue registrado en seis individuos de los 134 de *Lithobates catesbeiana* con estómagos con presas, este valor es depreciable, por lo que se consideraron las siguientes categorías dietéticas para este análisis; como caracoles y babosas (Gastropoda), las larvas de lepidópteros y los coleópteros (Scarabaeidae) como los órdenes más representativos (Cuadro 2).

Existieron diferencias significativas en el número de presas ( $z = -2,480$ ;  $p = 0,013$ ) consumidas por especie con un promedio para *Lithobates catesbeiana* de cinco presas ( $5,01 \pm 0,74$ ) y para *Rhinella marina* de  $13,58 \pm 2,26$ . Así mismo, el volumen de presas consumidas mostró diferencias significativas ( $z = -1,819$ ;  $p = 0,069$ ) entre ambas especies, presentando un promedio para *Lithobates catesbeiana* de  $1916 \pm 505,39 \text{ mm}^3$  y para *Rhinella marina* de  $565,90 \pm 159,18 \text{ mm}^3$ .

Al observar los volúmenes y números de presas consumidas por especie (Cuadro 2) se aprecia que cada una ha desarrollado diferentes estrategias para satisfacer sus necesidades energéticas. *Rhinella marina* consume el mayor número de presas por individuo, aunque estas presas no son suficientemente grandes y, por ende no tienen el mayor volumen de presas consumidas por individuo. Los individuos de *Lithobates catesbeiana* tienen el mayor volumen consumido.

La longitud rostro-cloaca (LCR) entre las dos especies presentó diferencias significativas ( $t = 2,299$ ;  $p = 0,024$ ) con una media para *Lithobates catesbeiana* de  $101,69 \pm 3,16 \text{ mm}$  y para *Rhinella marina* de  $90,75 \pm 3,56 \text{ mm}$ , pero existen diferencias significativas en cuanto al peso del anuro entre las dos especies ( $z = -2,689$ ;  $p = 0,007$ ) con un promedio para *Lithobates catesbeiana* de  $(153,63 \pm 10,71 \text{ g})$  y para *Rhinella marina* de  $77,15 \text{ g} (\pm 4,79 \text{ g})$ .

Cuadro 2. Volumen y número de presas para *Lithobates catesbeiana* y *Rhinella marina*

Categoría de presa	<i>Lithobates catesbeiana</i> (n=134)				<i>Rhinella marina</i> (n=36)			
	Vol.	% Vol.	Items	% Items	Vol.	% Vol.	Items	% Items
Hymenoptera Formicidae	3023,70	1,21	157	23,47	814,70	6,70	214	44,03
Isopoda	31,57	0,01	66	9,87				
Arthropoda Aracnidae	5260,90	2,10	44	6,58	362,10	2,98	5	1,03
Gastropoda <i>Pomacea</i> sp.	15733,00	6,29	39	5,83	661,80	5,45	4	0,82
Larva Lepidoptera	13274,00	5,31	37	5,53	986,70	8,12	7	1,44
Larva Diptera	73,46	0,03	32	4,78	217,30	1,79	184	37,86
Orthoptera Gryllidae	4470,40	1,79	27	4,04	0	0	2	0,41
Odonata Anisoptera	3997,70	1,60	24	3,59				
Orthoptera Gryllotalpidae	4932,70	1,97	22	3,29	364,00	2,99	3	0,62
Coleoptera Scarabaeidae	7366,70	2,94	18	2,69	3177,00	26,14	22	4,53
Otras categorías	192034,44	76,76	203	30,4	5570,10	45,83	45	9,32
<b>Total</b>	<b>250198,01</b>	<b>100,00</b>	<b>670</b>	<b>100</b>	<b>12153,56</b>	<b>100,00</b>	<b>486</b>	<b>100</b>

Las comparaciones entre los 119 adultos y los 51 jóvenes de las dos especies, de acuerdo al LRC registran diferencias significativas ( $t = 13,674$ ;  $p < 0,001$ ) con una media para adultos de  $115,54 \pm 2,19$  mm y para jóvenes de  $61,65 \pm 3,20$  mm. Para el peso también existen diferencias significativas ( $z = 8,66$ ;  $p < 0,001$ ), siendo la media para adultos de  $175,13 \pm 10,31$  g y para jóvenes  $49,48 \pm 8,48$  g.

El número de presas para los dos estadios no presentó diferencias significativas ( $z = -0,705$ ;  $p = 0,481$ ), con una media para adultos de siete presas ( $7,05 \pm 1,12$ ) y para jóvenes de  $6,31 (\pm 1,74)$ . Igualmente, para el volumen no se registraron diferencias significativas ( $z = -1,926$ ;  $p = 0,054$ ), siendo la media para adultos de  $1830,8 \pm 517,15$  mm<sup>3</sup> y para jóvenes de  $1162 \pm 582,20$  mm<sup>3</sup>.

El análisis de los 81 machos y las 38 hembras entre las dos especies en cuanto a LRC registró diferencias significativas ( $t = 3,288$ ;  $p < 0,001$ ) con una media para machos de  $125,62 \pm 4,09$  mm y para hembras de  $110,81 \pm 2,42$  mm. Igualmente, el peso entre sexos también presentó diferencias significativas ( $z = -3,637$ ;  $p < 0,001$ ) con una media para machos de  $149,19 \pm 9,74$  g y para hembras de  $230,42 \pm 22,43$  g.

En cuanto al número de presas por sexo, no se registraron diferencias significativas ( $z = -1,051$ ;  $p = 0,293$ ), debido a que los machos consumieron ocho presas en promedio ( $8,21 \pm 1,55$ ) y las hembras  $6,51 (\pm 1,48)$ . El volumen entre sexos no registró diferencias significativas ( $z = -1,476$ ;  $p = 0,140$ ); las hembras presentaron una media de  $1585,80 \pm 420,38$  mm<sup>3</sup> y los machos una media de  $1945,70 \pm 735,31$  mm<sup>3</sup>.

### Contenido estomacal de *Lithobates catesbeiana*

Para *Lithobates catesbeiana* se registraron 78 machos, 35 hembras y 57 jóvenes. Pero, para el análisis del contenido estomacal no se consideraron 36 individuos que no tenían presas en sus estómagos, entre los que se registraron 14 machos, 7 hembras y 15 jóvenes. El individuo más grande registrado en *Lithobates catesbeiana* fue una hembra de 175 mm de

longitud rostro-cloaca (LRC), con un peso de 635 g, la cual consumió un renacuajo de su misma especie que representa 5,04 % de su dieta y un gasterópoda (caracol) que representa el 0,05 % del total volumétrico consumido por esta especie.

En *Lithobates catesbeiana* las hormigas (23,47 %) y los isópodos (9,87 %) fueron las presas más importantes numéricamente (Cuadro 2). Sin embargo, el 58,44 % del volumen de la dieta total de *Lithobates catesbeiana* pertenece a renacuajos de la misma especie. Ya se mencionó previamente que sólo 6 individuos de *Lithobates catesbeiana* registraron canibalismo, por lo tanto se analiza las siguientes tres categorías, como son las larvas de lepidópteros (16,59 %), las babosas Gasteropoda (6,37 %), y las cucarachas (Blattaria) (6,06 %). Esta especie es la que comió la mayor cantidad de categorías dietéticas (47 en total).

Los adultos y jóvenes de *Lithobates catesbeianano* presentaron diferencias significativas en el consumo de presas ( $z = -0,623$ ;  $p < 0,534$ ); los adultos consumieron alrededor de cinco presas ( $5,37 \pm 1,031$ ), sobrepasando a los jóvenes, que comieron alrededor de cuatro presas en promedio ( $4,24 \pm 0,636$ ); sin embargo, en el volumen se registraron diferencias significativas ( $z = -2,082$ ;  $p = 0,037$ ); los adultos consumieron un volumen promedio de  $2188,60 \pm 662,50 \text{ mm}^3$ , mientras que los jóvenes comieron un promedio de  $1318,90 \pm 704,97 \text{ mm}^3$ .

Al comparar la longitud rostro-cloaca entre adultos y jóvenes si existen diferencias significativas ( $t = 12,962$ ;  $p < 0,001$ ), pues los adultos tienen una LRC promedio de  $120,09 \pm 2,57 \text{ mm}$ , sobrepasando a los jóvenes que presentaron tallas promedio de  $61,38 \pm 3,65 \text{ mm}$ . En el peso se registraron diferencias significativas ( $z = -7,833$ ;  $p < 0,001$ ); los adultos pesaron ( $200,65 \pm 12,06 \text{ g}$ ) y los jóvenes  $50,62 \pm 10,15 \text{ g}$  en promedio.

Los machos y hembras de *Lithobates catesbeiana* presentaron diferencias significativas en cuanto a la longitud rostro-cloaca ( $t = 3,242$ ;  $p = 0,002$ ); los machos presentaron promedios de  $114,85 \pm 2,75 \text{ mm}$  y las hembras de  $132,06 \pm 4,50 \text{ mm}$ . Para el peso también existieron diferencias significativas ( $z = -3,717$ ;  $p < 0,001$ ), pues los machos registraron  $168,50 \pm 11,12 \text{ g}$  en promedio, mientras que las hembras pesaron  $274,14 \pm 22,78 \text{ g}$ .

El volumen consumido y el número de presas no presentaron diferencias significativas entre sexos ( $z = -0,764$ ;  $p = 0,445$ ) y ( $z = -0,151$ ;  $p = 0,880$ ), respectivamente. Las hembras comieron en promedio  $1842,40 \pm 556,17 \text{ mm}^3$ , con un promedio de cinco presas ( $5,79 \pm 1,43$ ) por individuo, mientras que los machos sobrepasaron el volumen consumido por las hembras ingiriendo un promedio de  $2340,10 \pm 923,11 \text{ mm}^3$  y un promedio de cinco presas ( $5,19 \pm 1,35$ ) por individuo.

### Contenido estomacal de *Rhinella marina*

*Rhinella marina* registró 21 machos, 12 hembras y 10 jóvenes, de los cuales 4 machos, 2 hembras y 1 joven tenían el estómago sin contenido. El individuo más grande de *Rhinella marina* fue un macho de 140 mm de LRC con un peso de 96 g, que consumió tres larvas de lepidóptera (0,66 % del volumen total consumido de la especie), tres dípteros (Muscidae) (0,35 %) y una larva de Orthoptera-Gryllotalpidae (0,12 %).

Los individuos de *Rhinella marina* consumieron 214 hormigas (Formicidae) que fue la categoría de presa con mayor importancia numérica (44,03%), seguida de larvas de dípteros (37,86 %). No obstante, los coleópteros fueron un gran aporte volumétrico en la dieta de

esta especie, destacándose las familias Scarabaeidae (26,14 %) y Coccineliidae (9,62 %). Las babosas (Gastropoda) también contribuyeron volumétricamente (13,35 %).

Las hormigas fueron el 6,70 % del volumen de la dieta de *Rhinella marina*. Las otras categorías de presas representaron menos del 5 % en el volumen y 1,55 % en el número total de presas ingerido. Un macho (92 mm de LRC) consumió la mayor cantidad de volumen (4739,71 mm<sup>3</sup>), lo que representa un 23,27 % del total consumido por esta especie, mientras que cerca de 87 presas fueron consumidas por un joven de 72 mm de LRC.

Los adultos de *Rhinella marina* al comparar con los jóvenes no presentaron diferencias significativas en cuanto al volumen ( $z = -0,384$ ;  $p = 0,701$ ) ni al número de presas ( $z = -0,037$ ;  $p = 0,971$ ). Los adultos consumieron un volumen promedio de  $611,25 \pm 203,30$  y alrededor de  $12,78 \pm 3,30$  presas, mientras que los jóvenes ingirieron un volumen promedio de  $429,85 \pm 193,28$ , con alrededor de  $16 \pm 9,15$  presas por individuo.

De acuerdo al análisis en la comparación entre adultos y jóvenes en cuanto al LRC si hubo diferencia significativa ( $t = 5,33$ ;  $p < 0,001$ ), los adultos tiene una LRC promedio de  $100,04 \pm 2,24$  mm, mayor al de los jóvenes que poseen una LRC promedio de  $62,89 \pm 6,60$  mm; también existieron diferencias significativas en cuanto al peso ( $t = 5,28$ ;  $p < 0,001$ ). Los adultos tienen un peso promedio de  $88,15 \pm 3,82$  g, mientras que los jóvenes poseen pesos promedios menores ( $44,17 \pm 8,84$  g).

En el análisis por sexo se registraron diferencias significativas en cuanto al volumen consumido ( $z = -2,259$ ;  $p = 0,024$ ), mientras que para el número de presas no existieron diferencias significativas ( $z = 1,691$ ;  $p = 0,091$ ). Las hembras de esta especie comieron alrededor de  $867,28 \pm 290,86$  con una media de presas de  $15,00 \pm 3,62$ , mientras que los machos consumieron un volumen menor al de las hembras ( $460,64 \pm 273,58$ ), con un promedio de presas de  $11,47 \pm 4,84$ .

Machos y hembras de *Rinella marina* presentaron diferencias significativas en cuanto al peso ( $t = 6,110$ ;  $p < 0,001$ ) y a la LRC ( $t = 2,94$ ;  $p = 0,007$ ). Los machos presentaron promedios de peso de  $76,47 \pm 2,98$  y las hembras tuvieron pesos promedios de  $108,00 \pm 4,21$ . En cuanto a la LRC las hembras registraron mayores tallas  $107,60 \pm 1,78$ , los machos tuvieron tallas promedios de  $95,59 \pm 2,93$  mm.

### **Superposición del nicho trófico entre *Lithobates catesbeiana* y *Rhinella marina***

No se detectó superposición del nicho trófico entre las dos especies, obteniéndose un resultado menor a la unidad (0,091). Sin embargo, al analizar la superposición entre los estadios de *Lithobates catesbiana* se observa que entre machos y jóvenes existe una fuerte superposición (0,952), pues del total de presas, los machos con jóvenes consumieron 58,87 % del total de presas consumidas.

Para *Rhinella marina* no se detectó superposición de nicho trófico entre los estadios. Sin embargo, los mayores valores de superposición se dio entre machos y jóvenes (0,244), compartiendo el 40 % del total de las presas consumidas.

## Discusión

### Hábitos alimenticios de *Lithobates catesbeiana*

Hirai (2004) documenta que de 16 hembras (110 a 170 mm de LRC), 30 machos (109,5 a 174 mm) y 82 jóvenes (25,2 a 99,8 mm), una hembra, tres machos y tres jóvenes tenían el estómago vacío (lo que representa el 5,5 % de los individuos diseccionados), mientras que la presente investigación reporta 7 hembras (n= 35), 14 machos (n= 78) y 15 jóvenes (n= 57) con estómagos vacíos (21 % del total de individuos analizados). De igual forma, Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) mencionan que de 544 ranas toro, 37 estuvieron con estómagos vacíos (6,8 % de todos los individuos colectados).

Esta diferencia de estómagos vacíos entre la presente investigación y aquellas realizadas en Japón (Hirai 2004) y Colombia (Daza-Vaca y Castro-Herrera 1999) se puede deber al comportamiento que presentaban los individuos al momento del muestreo y captura. Es decir, los individuos pudieron haber estado realizando actividades diferentes al forrajeo, como por ejemplo, croando para buscar pareja; en amplexus. Hirai (2004) y Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) también señalan que en la mayoría de los casos el depredador y la presa fueron de especies diferentes, tal y como sucedió en la presente investigación donde tan sólo seis individuos presentaron canibalismo. Cabe señalar que un sólo individuo (156 mm de LRC) había ingerido dos ranas toro. Esto hace pensar que la abundancia de alimento disponible en ambas localidades sudamericanas satisface las necesidades de *Lithobates catesbeiana*, dado que ambos países están dentro del *hot spot* de Andes Tropicales, donde hay mayor temperatura y humedad; factores que generan condiciones favorables para el crecimiento y supervivencia de muchas especies. Por ello, las ranas toro no deben recurrir al canibalismo, que se convierte en una estrategia válida cuando el alimento escasea (Connell y Orias, 1964; Pianka, 1966).

Del total de presas consumidas, esta investigación reporta 1152, mientras que Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) reportaron 2509 presas. Por su parte, Hirai (2004) reportó 566 presas en los estómagos de los anuros diseccionados. La diferencia en cuanto al número de presas consumidas para *L. catesbeiana* radica en la diversidad biológica existente en el continente americano específicamente en Sudamérica, ya que tanto en el sector de las estribaciones de los Andes Occidentales (a orillas del Río Cauca, en Colombia; Daza-Vaca y Castro-Herrera 1999), como en la presente investigación se reportan muchas presas, a diferencia de lo reportado por Hirai (2004) en Japón. En los países insulares, la diversidad biológica está fuertemente influenciada por su lejanía del continente, diversidad de ambientes ecológicos, estabilidad y persistencia de los hábitats y, balance entre extinción y especiación, factores que influyen fuertemente en la riqueza y abundancia de especies (Hamilton *et al.*, 1963; Otte, 1989).

De los 170 individuos de *L. catesbeiana* reportados en esta investigación, la mayoría hace una importante ingesta de hexápodos. No obstante, el 3,5 % (n= 170) consumió renacuajos de su misma especie y mostró valores de importancia volumétrica muy altos. Debido a que los renacuajos consumidos fueron reportados solamente en seis individuos del presente estudio, se descartó esta primera presa consumida y se presentan las otras categorías en rangos de importancia, como son las larvas de Lepidoptera (que son las más consumidas por las hembras), los caracoles (*Pomacea* sp., mayormente consumidos por los machos) y los alevines (consumidos por los jóvenes). Los machos y las hembras parecen presentar un forrajeo más pasivo, ya que las presas que consumen son de locomoción lenta y de fácil captura. Además, los caracoles son actualmente cultivados cerca a los ranarios, por lo que son abundantes. Esto implica poco desgaste energético para su captura; sin embargo, para la

digestión de los mismos el gasto energético es alto, debido a que su concha está constituida por carbonatos de calcio. Este comportamiento podría redundar en que las ranas toro eviten capturar otras presas, mientras sus estómagos se mantienen llenos con los caracoles, ya que el volumen de las conchas mantendrá sus estómagos llenos, lo que a su vez dificulta los movimientos de la rana. Las larvas de Lepidoptera, al poseer un mecanismo de defensa frente a sus depredadores (pelos urticantes), podrían pasar desapercibidas. No obstante, parece ser que *L. catesbeiana* ha desarrollado estrategias para consumir estas larvas.

Los jóvenes parecen forrajear más activamente, dado que los alevines tienen movimientos rápidos, lo que dificulta su captura y conlleva un mayor desgaste de energía. Estos factores hacen suponer que el peso y la longitud rostro-cloaca están relacionados con el movimiento del animal para el forrajeo. Cabe mencionar que las hembras son las que poseen mayor peso y talla en la presente investigación, por ello las dos primeras categorías de presas consumidas por esta especie son de movimientos lentos.

En un sentido más amplio y para hacer comparativos los datos, la presente investigación agrupó la importancia numérica y volumétrica, sin separar por estadios o sexo; donde la presa de mayor importancia son las hormigas (Hymenoptera-Formicidae;  $I=12,34$ ), seguida de Gasteropoda (*Pomacea* sp.) ( $I=6,06$ ) y las larvas de Lepidoptera ( $I=5,41$ ). Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) mencionan que en su estudio los coleópteros ocupan el primer lugar en importancia ( $I=27,47$ ), seguidos por los arácnidos ( $I=6,52$ ) y en tercer lugar los grillos y saltamontes ( $I=6,27$ ). Según Mellink y Ferreira-Bartrina (2000) esto se debe a que son depredadores generalistas agresivos y oportunistas por lo que tienen un impacto negativo en prácticamente cualquier animal que puedan tragar y se adaptan a la disponibilidad de presas que exista en un determinado sitio. En la presente investigación se reportan a las hormigas dentro de las dietas de los dos estadios y en ambos sexos; no obstante, Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) no mencionan las hormigas como un componente importante de la dieta de las ranas toro, ya que ocupan un factor de importancia de  $I= 4,78$ ; siendo el mayor aporte el que hacen los coleópteros. Hirai (2004) tampoco menciona a las hormigas como primordial en la dieta de las ranas toro, pero igualmente están presentes en los tres estadios.

Los arácnidos tampoco representan un aporte significativo en la dieta de las ranas toro, ya que son presas difíciles de capturar y son sensibles al movimiento del depredador. En la presente investigación esta categoría registró un índice de importancia bajo ( $I= 4,34$ ); lo que es corroborado por los resultados de Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) quienes reportaron bajos valores de importancia ( $I= 6,53$ ) y por los de Hirai (2004) quien menciona que los arácnidos no aportaron significativamente en el volumen total (2,6 %), ni para los jóvenes (2,23 %), ni para los adultos (1,16 %).

Si se diferencian a *L. catesbeiana* por estadio; la presente investigación reporta a los gasterópodos (12,04 %) como las presas de mayor importancia para los adultos, seguidos de Lepidoptera (6,67 %) y en tercer lugar se ubican los coleópteros (5,52 %). Esto difiere con lo registrado por Hirai (2004), donde los crustáceos son las presas mayormente consumidas, ocupando el primer lugar para los adultos (92,1 %), siendo Decapoda-Carambidae el mayor aporte, con un 91,8 % de volumen total registrado. Esto se explica porque aquel estudio fue realizado en una isla, donde precisamente las presas potenciales estarían más relacionadas al agua que al medio terrestre. Además de los crustáceos, aquel estudio reporta a los coleópteros (3,1 %) y a los quilópodos con 1,9 % de volumen total.

En este mismo sentido, para los jóvenes este estudio coloca a los coleópteros en primer lugar de importancia (19,38 %), seguidos por los alevines con 10,28 %, y en tercer lugar las

hormigas (Hymenoptera-Formicidae; con un 3,76 %), mientras que en el estudio realizado por Hirai (2004) los himenópteros no están en los primeros lugares de selección, reportando en primer lugar a los Decapoda-Carambidae con 19,3 %, seguido por Coleoptera (11,4 %) y finalmente Isopoda (9,6 %).

A pesar de que los peces ocuparon un sitio importante en la dieta de los jóvenes de ranas toro en la presente investigación, esto no se mantiene para la totalidad de la población, donde los peces pasan a ocupar el octavo lugar con un índice de importancia de 2,85. Así, 16 peces fueron consumidos por seis individuos de *L. catesbeiana*, lo que concuerda con el hábitat en el que fueron capturados los especímenes, puesto éstos estaban en cuerpos de aguas que abastecen a los ranarios. No obstante, Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) señalan que los peces sí tienen una alta importancia ( $I=14,99$ ) para la población total de ranas toro, sin separarla por estadios ni sexo, debido a que esa investigación fue desarrollada en el Valle del Cauca, en las riveras del Río Cauca. Este río es de gran extensión y tiene un mayor caudal, mayor oxigenación y aporte de minerales que origina la diversidad de organismos bentónicos, que se constituyen en dieta para los peces, que a su vez será la dieta de las ranas toro (obs. pers.).

En este mismo sentido, Hirai (2004) menciona que los peces aportan con 7,1 % al volumen total consumido por los jóvenes de *L. catesbeiana*, pero esto no sucede con los adultos. Esto coincide con la presente investigación, donde los peces contribuyen con un 10,27 % a la dieta de los jóvenes, mientras que para los adultos el aporte es de tan sólo 1,35 %. Esto se debe a que los jóvenes capturados en ambas investigaciones, se encontraban acabando su metamorfosis, lo que implica que la mayor parte de su tiempo estarán en el agua, lo que conlleva a que los peces sean presas potenciales para ellos. Este comportamiento ictiófago a largo plazo podría afectar las poblaciones de peces en los cursos de agua donde se hayan establecido las ranas toro y podrían repercutir en la disminución de la abundancia, e incluso en extinciones locales a corto y mediano plazo.

Las presas acuáticas están presentes en ambas investigaciones y, las dos categorías de presas están en los primeros lugares de aporte al volumen total, lo que se debe a que la investigación realizada por Hirai (2004) fue realizada en un lago insular, que es abastecido por varios ríos, que aportan con varios crustáceos para que sean consumidos por las ranas toro. Sin embargo, los alevines encontrados en los estómagos de los jóvenes del presente estudio pueden haber sido aportados por los cuerpos de agua (artificiales) que circulan cercanos a los ranarios, que son desviaciones desde los ríos para producir tilapias, en estanques principalmente. Este comportamiento es corroborado por otros autores que afirman que *L. catesbeiana* come vorazmente, incluso pequeños vertebrados como los peces (Korschgen y Moyle, 1976; Corse y Metter, 1980), ranas (McKamie y Heidt, 1947; Hays, 1985), tortugas (Corse y Metter, 1980; Graham, 1984), serpientes (Minton, 1949; Smith, 1977), aves (Gollop, 1978), murciélagos (Lee, 1969; Kirkpatrick, 1982) y comadrejas (Beringery Johnson, 1995), que pueden afectar a mediano plazo a las poblaciones de los animales que consumen.

Además del canibalismo, propio de esta especie (Campbell, 1993; Dickerson, 1906; Storer, 1922; Viosca, 1931; Brooks, 1964; Fulk y Whitaker, 1969; Bruneau y Magnin, 1980) las ranas toro no presentaron otras especies de anuros en sus contenidos estomacales, lo que contradice los resultados encontrados por otros autores (Werner *et al.* 1995; Hayes y Jennings, 1986; McAlpine y Dirworth, 1989; Cross y Gerstenberg, 2002; Carpenter *et al.*, 2002; y Wu *et al.* 2005), quienes reportan otras especies de anuros en los tractos digestivos de *L. catesbeiana*. Esta depredación que *L. catesbeiana* realiza sobre sus congéneres

nativos podría ser una de las causas para explicar el declinar de los anuros alrededor del mundo, situación que no fue evidenciada en la presente investigación.

Posiblemente, la alta disponibilidad de invertebrados en Zamora Chinchipe contribuye fuertemente a que las ranas toro no tengan la necesidad de recurrir a la depredación de las ranas nativas. Sin embargo, la evidentemente alta ingesta de artrópodos que hace *L. catesbeiana* puede estar repercutiendo en alguna medida sobre las poblaciones de ranas nativas, ya que pueden estar compitiendo por alimento (obs. pers.).

### **Hábitos alimenticios de *Rhinella marina***

Para *R. marina* el presente estudio reportó 43 individuos que consumieron un total de 491 presas, donde 26,14 % del volumen total es aportado por Coleoptera-Scarabaeidae, seguido por Gasteropoda (babosas, 13,35 %) y finalmente Coleoptera-Coccinellidae (9,62 %). La diferencia existente entre el individuo más grande y el más pequeño en esta especie es de 10,3 cm. Mientras que Bechara-Escudero y Jiménez-Ortega (2009), quienes realizaron su estudio en la selva pluvial central del Chocó en Colombia, capturaron 30 individuos de *R. marina* que consumieron 173 presas, donde Hymenoptera-Formicidae aportaron con un 73,4 % al volumen total, seguido por Hemiptera-Pentatomidae (6,9 %) y Coleoptera-Curculionidae (6,3 %). En ese estudio, el individuo más grande difiere del más pequeño en 2,8 cm.

Las diferencias entre ambos estudios pueden estar marcadas por dos razones; la primera se refiere a la teoría del forrajeo óptimo que se basa en que un depredador decide como maximizar su tasa neta de alimento ingerido mientras forrajea, que se refiere al valor neto de una presa en función del tiempo invertido en la captura de la misma, lo que mide el beneficio en términos energéticos. Los depredadores deben ser capaces de diferenciar entre presas de distinta productividad y elegir la más adecuada (Krebs y Davies, 1978; Perry y Pianka, 1997; Pianka, 1982). Esta optimización está estrechamente relacionada con el tamaño del cuerpo del predador y el de su presa. Los animales pequeños tienden a consumir presas de escasas dimensiones ya que el costo de búsqueda, captura e ingestión de presas más grandes es elevado (Dickman, 1988; Griffiths, 1980).

La segunda razón puede estar relacionada al tamaño de muestra, ya que aquel estudio contó con un número de muestra total menor al presente. Además, Bechara-Escudero y Jiménez-Ortega (2009) solo muestrearon una localidad a las márgenes del Río Cabí, durante dos meses pero no mencionan la intensidad de muestreo, mientras que el presente estudio fue realizado en nueve localidades, con una intensidad de muestreo de 400 horas, durante cinco meses.

Dentro del estudio de Bechara-Escudero y Jiménez-Ortega (2009), los Hymenoptera-Formicidae son muy importantes en la alimentación del sapo común, mientras que Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999) en su estudio categorizan a los coleópteros de la familia Scarabaeidae como los de mayor importancia. Lo primero contradice lo encontrado por la presente investigación, donde se colocan a las hormigas en sexto lugar de importancia (con 6,70 %), mientras que lo segundo; es decir, los Coleoptera-Scarabaeidae sí ocupan un lugar importante en la dieta del sapo común, debido a que al sapo común parece seleccionar en mayor medida a las presas más grandes. Dentro de la ecología trófica y teniendo en cuenta la composición de la dieta de una especie, se puede hablar de dos tipos básicos de dieta, especialista y generalista (u oportunista) entre las cuales existe una variada gama de posibilidades. La primera de ellas se caracteriza por el consumo de un tipo de presa en particular, la cual es consumida en proporciones mayores a las que se halla disponible en el

medio. La segunda incluye a todas aquellas especies que depredan sobre una amplia gama de ítems alimentarios aproximadamente en las mismas proporciones en que éstos se encuentran en el ambiente (Tolft, 1980; 1981).

### **Superposición de nicho trófico entre *Lithobates catesbeiana* y *Rhinella marina***

Se no detectó una superposición marcada del nicho trófico entre *L. catesbeiana* y *R. marina*, lo que es corroborado por Daza-Vaca y Castro-Herrera (1999), quienes tampoco registraron superposición entre ambas especies. Según Pérez (1951), los sapos capturan su alimento en la tierra, mientras que las ranas toro lo hacen con mayor frecuencia en el agua (obs. pers.), aunque la presente investigación reporta algunas ranas toro capturadas tanto en el agua como en la tierra, mientras que el sapo común siempre fue capturado alimentándose en la tierra. Esta puede ser la razón que incide para que no exista una superposición en sus hábitos alimenticios. Existen muchos trabajos sobre hábitos alimenticios donde se menciona la dominancia de presas acuáticas en la dieta de *L. catesbeiana* (por ej Howard, 1950; Hewitt, 1950; Pérez, 1951; Corse y Metter, 1980), pero no son abundantes los estudios sobre dieta en *R. marina*.

Cuando se analiza la superposición entre los estadios dentro de cada especie, se detecta superposición solamente dentro de *L. catesbeiana*. Esto llevaría a pensar que la mayoría de presas encontradas presentan una historia natural ligada al agua, ya que las ranas toro forrajean más dentro del agua que en la tierra, siguiendo un modelo de selección mayoritariamente acuático (Frost, 1935; Pérez, 1951, Werner *et al.*, 1995). No obstante, es común encontrar las ranas toro sobre la tierra o posadas en las orillas de las charcas. La superposición de nicho trófico se da entre estadios y sexo debido a que el hábitat de los jóvenes (recién metamorfoseados) es el agua, mientras que cuando son adultos seleccionan y atrapan más presas acuáticas que cualquier otro anuro. Además, el *amplexus* ocurre más frecuentemente en el medio acuático, dando como resultado un forrajeo similar entre ambos sexos.

### **Conclusiones**

- De las 50 categorías dietéticas reportadas en esta investigación, 47 corresponden a la dieta de *L. catesbeiana* y 28 a *R. marina*.
- Las tres categorías de presas más consumidas por *L. catesbeiana* son *Pomacea* sp, larva Lepidoptera y Gastropoda de locomoción lenta.
- *Rhinella marina* selecciona presas de locomoción lenta (Larva de Diptera), y de locomoción rápida (Coleoptera-Scarabaeidae), y en mayor cantidad que *L. catesbeiana*.
- De acuerdo al número de presas, las tres categorías más consumidas por *L. catesbeiana* son las hormigas (Hymenoptera-Formicidae); Isopoda y las arañas (Aracnidae), mientras que *Rhinella marina* las hormigas (Hymenoptera-Formicidae), las larvas de dípteros y los coleópteros (Scarabaeidae) son los más frecuentes.
- *Lithobates catesbeiana* no depreda anuros nativos.
- No existe superposición de nicho trófico entre *L. catesbeiana* y *R. marina*, pero sí existe superposición entre los estadios de las ranas toro.

### **Bibliografía**

Bechara-Escudero, D. y R. Jiménez-Ortega. (2009). Hábitos alimenticios de *Rhinella marina* (Anura: Bufonidae) en la selva pluvial de El Chocó en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 23. (Supl. Especial).

Beringer J. y T. R. Johnson. (1995). *Rana catesbeiana* (Bullfrog) diet. *Herpetological Review* 26: 98.

Brooks, G. R., Jr., (1964). An analysis of the food habits of the bullfrog. *Ranacatesbeiana*. by body size, sex, month, and habitat. Va. J. Sci., 15: 173-186.

Bruneau, M. y E. Magnin. (1980). Croissance, nutrition et reproduction des ouaouarons *Ranacatesbeiana* Shaw (Amphibia: Anura) des Laurentides au nord de Montréal. Can. J. Zool., 58: 175-183.

Campbell, N. A. (1993). Biology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 1109 pp

Carpenter, N. M., M. L. Casazza y G. D. Wylie. (2002). *Ranacatesbeiana* (American Bullfrog) Diet. *Herpetological Review* 33: 130.

Cisneros-Heredia, D.F. (2004). *Rana catesbeiana* (Bullfrog). *Herpetological Review* 35 (4): 406.

Connell, J. H. y E. Orias. (1964). The ecological regulation of species diversity, *American Naturalist* 98:399-404

Convention on Biological Diversity. (2003). <http://www.cdb.int/>. consultado 29 mayo 2009.

Corse W. A. y D. E. Metter. (1980). Economics, adult feeding and larval growth of *Ranacatesbeiana* on a fish hatchery. *Journal of Herpetology* 14: 231-238.

Cross. C. L. y S. L. Gerstenberger. 2002. *Ranacatesbeiana* (American Bullfrog) Diet. *Herpetological Review* 33: 129-130.

Daza V., J. D. Castro. (1999). Hábitos alimenticios de la Rana Toro (*Rana catesbeiana*) Anura: Ranidae, en el Valle del Cauca, Colombia, Rev. Acad. Colomb. Cienc., 23 (Suplemento especial): 265-274.

Dickerson, M. C., (1906). The frog book. Doubleday, Page and Co., New York. 225 pp.

Dickman, C.R., (1988). Body size, prey size, and community structure in insectivorous mammals. *Ecology* 69 (3): 569-580.

Frost, D. R. (2007). Amphibian Species of the World: an Online Reference. Disponible en línea: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php> en American Museum of Natural History, New York, USA. [Consulta: 30 de junio de 2011].

Fulk, F. D. y J. O. Whitaker. (1969). The food of *Ranacatesbeiana* in three habitats in Owen County, Indiana. *Proc. Ind. Acad. Sci.*, 78: 491-496.

Gollop T. (1978). Bullfrogs preying on cedar waxwing. *Herpetological Review* 9: 47-48.

- Graham T. E. (1984) *Pseudemys rubriventris* (Red-bellied turtle). Predation. Herpetological Review 15: 19–20.
- Griffiths, D., (1980). Foraging cost and relative prey size. American Naturalist, 116: 743-752.
- Hamilton, T. H., I. Rubinoff y R. H. Barth Jr. (1963). Species abundance: Natural regulation of insular variation. Science 142: 1575-1577.
- Hayes, M. P. y Jennings M. R. (1986) Decline of ranid frog species in western North America: Are bullfrogs (*Ranacatesbeiana*) responsible? Journal of Herpetology 20: 490–509.
- Hays, M. P. (1985). *Ranacatesbeiana* (Bullfrog) Food. Herpetological Review 16: 109.
- Hirai, R. 2004. Diet composition of introduced bullfrog, *Ranacatesbeiana*, in the Mizorogaike Pond of Kyoto, Japan. *Ecological Research* 19: 375–380.
- Kirkpatrick R. D. (1982). *Ranacatesbeiana* (Bullfrog) Food. Herpetological Review 13: 17.
- Korschgen L. J. y Moyle D. L. (1976). Food habits of the bullfrog in central Missouri farm ponds. American Midland Naturalist 54: 332–341.
- Krebs, J. R. y N. B. Davies. (1978). Behavioural Ecology: an evolutionary approach. MasachussetSinauerAsoc. Sunderland, 1: 22-63.
- Lee D. S. (1969). Notes on the feeding behavior of cave-dwelling bullfrogs. Herpetologica 25: 211–212.
- McAlpine, D. F. y T. G. Dilworth. (1989). Microhabitat and prey size among three species of *Rana* (Anura: Ranidae) sympatric in eastern Canada. Canadian Journal of Zoology 67: 2244-2252.
- McKamie J. A. y Heidt G. A. (1947) A comparison of spring food habits of the bullfrog, *Ranacatesbeiana*, in three habitats of central Arkansas. Southwestern Naturalist 19: 107–111.
- Mellink, E. y Ferreira-Bartrina, V. (2000). On the wildlife of wetlands of the Mexican portion of the Río Colorado Delta. Bulletin of the Southern California Academy of Science. 99.
- Minton E. J. (1949). Coral snake preyed upon by the bullfrog. Copeia 1949: 288.
- Moyle, P. B. (1973). Effects of introduced bullfrogs, *Ranacatesbeiana*, on the native frogs of the San Joaquin Valley, California. Copeia 1973: 18-22.
- Ortega, S. (2007). Diagnóstico del Estado Actual de los Ranarios y Cultivos de Tilapia en la Provincia de Zamora Chinchipe. Universidad Técnica Particular de Loja. Tesis previa a la obtención de Ingeniero Ambiental.
- Otte D. (1989). Speciation in Hawaiian crickets. En: Otte D, Endler JA, eds. Speciation and Its Consequences Sunderland, MA: Sinauer, 482-526.
- Perry, G; y E. R. Pianka. (1997). Animal foraging: past, present and future. Tree, 12 (9): 360-363.

Pianka, E. (1966). Latitudinal gradients in species diversity: A review of the concepts. *American Naturalist* 100:33-46.

Pianka, E. R. y M. Parker. (1975). Ecology of horned lizard: a review with special reference to *Phrynosomaplaturrhinos*. *Copeia* 1975: 141-162.

Pianka, E. R., (1982). *Ecología Evolutiva*. Ed. Omega. 365 p.

Smith A. K. (1977). Attraction of bullfrogs (Amphibia, Anura, Ranidae) to distress calls of immature frogs. *Journal of Herpetology* 11: 234–235.

Storer, T. I. (1922). The eastern bullfrog in California, Calif. *Fish-Game*, 8: 219-224.

Tolft, C. A., (1980). Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. *Oecologia*, 45: 131-141.

Tolft, C. A. (1981). Feeding ecology of Panamanian litter anurans: Patterns in diet and foraging mode. *Journal of Herpetology*, 15 (2).139-144.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). (2003). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. The Invasive Species Specialist Group, Auckland, New Zealand.

Villacís, S. y J.C. Zurita. (2002). La ranicultura como fuente de divisas para Ecuador. Proyecto previo a la obtención del título de Economista en Gestión Empresarial. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil, Ecuador.

Viosca, P. Jr., (1931). Principles of bullfrog (*Ranacatesbeiana*) culture. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 60: 262-269

Werner, E. E., G. A. Wellborn y M. A. McPeck. (1995). Diet composition in post-metamorphic bullfrogs and green frogs: implications for interspecific predation and competition. *Journal of Herpetology* 29: 600–607.

Wu, Z. J., M. Li, y. P. Wang y M. J. Adams. (2005). Diet of introduced bullfrogs (*Ranacatesbeiana*): predation on and diet overlap with native frogs on Daishan Island, China. *Journal of Herpetology* 39: 668–674.

## Utilización de lactosuero y microorganismos eficientes en el ensilaje de maíz

### The use of efficient whey and microorganisms in corn silage

Paulina Vanesa Fernández<sup>1</sup>, Dennys AlexanderTene<sup>2</sup>, Luis Aguirre Mendoza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja. Autora para correspondencia:  
[paulina.fernandez@unl.edu.ec](mailto:paulina.fernandez@unl.edu.ec)

<sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Loja

<sup>3</sup>Docente de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja

**Recepción:** 20 de junio de 2015

**Aceptación:** 21 de diciembre de 2015

#### Resumen

La producción forrajera en la provincia de Loja es de temporal, lo que ocasiona una marcada escasez en la época seca; mientras que en la temporada lluviosa se produce un excedente, que podría ser conservado mediante el ensilaje. Esta investigación se realizó, con el propósito de determinar el efecto del uso de lactosuero y microorganismos eficientes (Stay fresh) en la calidad del ensilaje de maíz. Se evaluaron seis tratamientos: T<sub>1</sub> testigo sin aditivos; T<sub>2</sub> 75 ml/kg de lactosuero; T<sub>3</sub> 150 ml/kg de lactosuero; T<sub>4</sub> 225 ml/kg de lactosuero; T<sub>5</sub> 1 g/kg de Stay fresh y T<sub>6</sub> 2 g/kg de Stay fresh; se estudiaron las variables: composición química del forraje de maíz antes de ensilar, características organolépticas, composición química y digestibilidad de la materia seca del ensilaje. Los resultados muestran mejores características organolépticas en los tratamientos testigo, dos y cinco; el contenido de materia seca y proteína cruda fue mayor en los tratamientos tres y cuatro; los componentes de la pared celular alcanzaron valores superiores en los tratamientos dos, cuatro y cinco; mientras que la digestibilidad in vitro fue mayor en los tratamientos tres y cinco; finalmente el contenido de macro y microminerales fue mayor en los tratamientos dos, tres y cuatro. Se concluye que la adición de lactosuero y microorganismos eficientes en el ensilaje de maíz mejora su composición química.

**Palabras clave:** Características organolépticas, análisis bromatológico, composición de la pared celular, digestibilidad, macrominerales.

#### Abstract

The forage production in the province of Loja is temporary, causing a marked shortage in the dry season; while in the rainy season a surplus that could be preserved by silage. This investigation determined the effect of the use of whey and efficient microorganisms (Stay fresh) on the quality of corn silage. Six treatments were evaluated: T1 control without additives; T2 75 ml/ kg of whey; T3 150 ml/kg of whey; T4 225 ml /kg of whey; T5 1 g/kg of fresh and T6 Stay 2 g/kg of Stay fresh; the variables studied were: chemical composition of corn stover before ensiling, organoleptic characteristics, chemical

composition and dry matter digestibility of silage. The results show improved organoleptic characteristics in control treatments, two and five; the content of dry matter and crude protein was higher in the treatments three and four; components of the cell wall in superior values reached treatments two, four and five while in vitro digestibility was higher in the treatments three and five; finally the content of macro and micro treatments was higher in two, three and four. It is concluded that the addition of whey and efficient microorganisms in corn silage improves its chemical composition.

**Keywords:** Organoleptic characteristics, bromatological analysis, cell wall composition, macro minerals.

## Introducción

El cultivo de maíz es importante en la alimentación de ganado bovino debido a su alto contenido de energía, constituyendo una excelente alternativa para las ganaderías lecheras puesto que permiten reducir los costos de producción e incluso incrementar la producción en épocas de escasez, siendo un cultivo ideal para ensilar (Solano, 2010).

El ensilado de maíz es uno de los forrajes conservados más importantes y versátiles en el mundo; es una mezcla única de grano y fibra digestible, que constituye una de las principales fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes. Es un método de preservación del forraje húmedo basado en la transformación de los carbohidratos solubles en ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, bajo condiciones anaeróbicas por medio de la acción de bacterias (Filya, Weinberg y Ashbell, 2003).

El ensilaje asegura la disponibilidad de forraje durante todo el año en sistemas de producción de rumiantes, debido a que es aplicable a diversos materiales vegetativos que se obtienen en el trópico (Titterton y Bareeba, 2001; Weinberg y Ashbell, 2003; Tobía *et al.*, 2003; Blanco *et al.*, 2005)

La calidad de un ensilado depende de la naturaleza del forraje y de la técnica empleada, además del clima, la estación, el estado de madurez, la composición química y botánica (Filya, 2005). Sin embargo, existen otros aspectos que limitan su aptitud que para la optimización de este proceso es recomendable la utilización de aditivos (Muck y Bolsen, 1991; Jones, 1995).

Dentro de los aditivos se destacan los inoculantes con lactosuero y microorganismos eficientes los cuales contienen bacterias productoras de ácido láctico que se agregan a la población bacteriana natural para ayudar a garantizar una fermentación rápida y eficiente en el silo (Muck y Kung, 1997). Por lo que la presente investigación se orientó a determinar el efecto del lactosuero y microorganismos eficientes (Stay fresh) en la calidad del ensilado de maíz (*Zea mays*); planteándose la siguiente interrogante: ¿Será posible mejorar el proceso de ensilaje de maíz mediante el uso de aditivos?

## Materiales y Métodos

### Ubicación

El experimento se realizó en el Centro de Formación Técnica Zapotepamba, ubicada en el barrio El Almendral de la parroquia Casanga, cantón Paltas, provincia de Loja a 4°4'0" S y 79° 46'0" W, a 900 m s.n.m., clima subtropical seco, precipitación anual de 660 mm, temperatura de 24°C, correspondiendo a la zona de vida de bosque seco tropical (Bs- T).

## Material vegetativo

Se utilizó semilla de maíz criollo sintético, cultivado bajo sistema de riego por aspersión. El ensilaje se realizó a los 90 días, cuando el grano de maíz se presentó en estado pastoso.

## Tratamientos

Se evaluaron seis tratamientos: T<sub>1</sub> testigo sin aditivo; T<sub>2</sub> 75 ml/kg de lactosuero; T<sub>3</sub> 150 ml/kg de lactosuero; T<sub>4</sub> 225 ml/kg de lactosuero; T<sub>5</sub> 1 g/kg de Stay fresh y T<sub>6</sub> 2 g/kg de Stay fresh.

## Preparación de ensilaje

Se recolectó material fresco de maíz de 90 días con una altura de 1,80 m; posteriormente se procedió a picar el forraje a un tamaño de 0,8 a 2 cm con ayuda de una picadora tipo martillo, se extendió el material sobre una carpa para evitar la contaminación; luego se aplicó los aditivos (lactosuero y stay fresh) en las dosis previstas de acuerdo a los tratamientos y se mezcló con una pala. Una vez preparados los tratamientos se depositaron en bolsas de polietileno con capacidad para 40 kg que luego fueron comprimidas en la máquina ensiladora tipo tambor giratorio con presión de 1000 psi/cm<sup>2</sup> con la finalidad eliminar la mayor cantidad de aire. El cierre de las bolsas se realizó inmediatamente con una abrazadera plástica para asegurar la estanqueidad de su parte superior tanto al agua como al aire, para reducir la incidencia de las fermentaciones aeróbicas desfavorables. Finalmente se etiquetaron las bolsas de acuerdo al tratamiento.

## Toma de muestras

Se realizó dos veces, la primera al inicio del experimento previo al ensilaje, donde se tomó una muestra de 1 kg de maíz en estado fresco (materia prima), ésta se utilizó como referencia previo al proceso de ensilaje. La segunda toma de muestras se realizó al finalizar el tiempo de ensilado (45 días), para lo cual se procedió a abrir los silos y se descartó las partes superficiales que pudieran estar en descomposición; luego se observaron las características organolépticas: olor, color, textura y humedad, según la metodología descrita por Cárdenas *et al.*, (2004) y posteriormente se tomaron las muestras de cada tratamiento para el análisis nutricional.

## Variables

Se analizó las características organolépticas siguiendo la metodología de Cárdenas *et al.*, (2004) El contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Ce), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN), se determinaron según la metodología de la AOAC (2005). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina mediante los procedimientos de Van Soest (1991); la digestibilidad "in vitro" de la materia seca (DIVMS) según la AOAC (2005) y el contenido de macrominerales mediante procedimientos de espectrometría de absorción atómica.

## Resultados

### Valor nutritivo del maíz previo al ensilaje

Conforme se detalla en el cuadro 1, el contenido de materia seca del forraje de maíz antes de ensilar fue de 20,28 %, la proteína cruda reportó valores cercanos al 8 % que

pueden considerarse normales para este tipo de cultivo; mientras que el contenido de fibra cruda y ELN alcanzaron promedios de 26,26 % y 57,54 % respectivamente. El análisis de las paredes celulares reportó valores medios para la FDN, FDA y lignina (57,73 %, 34,09 % y 5,81 %); mientras que la DIVMS alcanzó el 58,78 %. Por otra parte el contenido de macrominerales, presentó valores aceptables para este cultivo.

Cuadro 1. Composición bromatológica del maíz previo al ensilaje (90 días)

<b>Nutrientes</b>	<b>Contenido</b>
Materia seca (MS) (%)	20,28
Cenizas (Cz) (%)	6,75
Extracto Etéreo (EE) (%)	1,11
Proteína Cruda (PC) (%)	8,34
Fibra Cruda (FC) (%)	26,26
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) (%)	57,54
Fibra Detergente Neutra (FDN) (%)	57,73
Fibra Detergente Ácida (FDA) (%)	34,09
Lignina (%)	5,81
Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) (%)	58,78
Calcio (Ca) (%)	0,10
Fosforo (P) (%)	0,15
Magnesio (Mg) (%)	0,12
Potasio (K) (%)	4,53
Sodio (Na) (%)	0,18
Cobre (Cu) (ppm)	5,00
Hierro (Fe) (ppm)	302,00
Manganeso (Mn) (ppm)	27,00
Zinc (Zn) (ppm)	23,00

### Características organolépticas

No existió presencia de hongos al abrir los silos, posterior a los 45 días de fermentación. Todos los tratamientos mostraron color verde-olivo, indicativo de una fermentación satisfactoria. En lo que concierne al olor, se constató un aroma dulce-avinagrado, lo cual supone la producción de ácido láctico y acético; la textura se presentó normal, sin viscosidad ni aglomeración, lo que indica un proceso de conservación deseable, el contenido de humedad varía de acuerdo a los tratamientos. En el Cuadro 2 se muestran los resultados del análisis organoléptico de los ensilajes.

Cuadro 2. Análisis organoléptico del ensilaje en los diferentes tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Indicadores Organolépticos</b>			
	<b>Olor</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>	<b>Humedad</b>
T <sub>1</sub> (Testigo)	Buena	Excelente	Excelente	Buena
T <sub>2</sub> (75 ml/kg de Lactosuero)	Buena	Excelente	Excelente	Excelente
T <sub>3</sub> (150 ml/kg de Lactosuero)	Regular	Excelente	Excelente	Buena
T <sub>4</sub> (225 ml/kg de Lactosuero)	Regular	Excelente	Excelente	Regular
T <sub>5</sub> (1 g/kg Stay Fresh)	Buena	Excelente	Excelente	Regular
T <sub>6</sub> (2 g/kg Stay Fresh)	Buena	Excelente	Excelente	Buena

## Valor nutritivo del ensilaje

Terminado el proceso de fermentación que duró 45 días se obtuvieron muestras de ensilaje de cada uno de los tratamientos y, se enviaron al laboratorio para análisis de composición química y valor nutritivo.

## Composición Química

La inclusión de lactosuero y microorganismos eficientes provocó un ligero incremento en el contenido de materia seca con variaciones que van del 21,53 % en el tratamiento dos (75 ml de lactosuero) al 25,42 % en el tratamiento seis (2 g/kg de Stay Fresh). La cantidad de cenizas varió de acuerdo al tratamiento con respecto al contenido del maíz previo al ensilaje, sin embargo el contenido más bajo lo demostró el tratamiento seis (2 g/kg de Stay Fresh) 5,83 %. El contenido de extracto etéreo se incrementó en casi todos los tratamientos, a excepción del tratamiento cinco (1g/kg de Stay Fresh) que es de 1,35 %, en comparación con el contenido en el maíz previo al ensilaje (1,11 %) es así que los rangos variaron desde 1,35 a 1,96 %; mientras que el contenido de proteína cruda disminuyó ligeramente, aunque no presentó variaciones significativas entre los tratamientos y además no difieren con el resultado del maíz previo al ensilado que enseñó un 8,34 % de proteína cruda. La fibra cruda presentó valores superiores a los encontrados en el maíz previo al ensilaje (26,26 %), se obtuvo en rangos del 28,47 al 33,81 %; en tanto que el extracto libre de nitrógeno alcanzó un valor promedio de 53,53 %, con una variación de 6 puntos entre el menor y el mayor porcentaje (Figura 1, Cuadro 1).

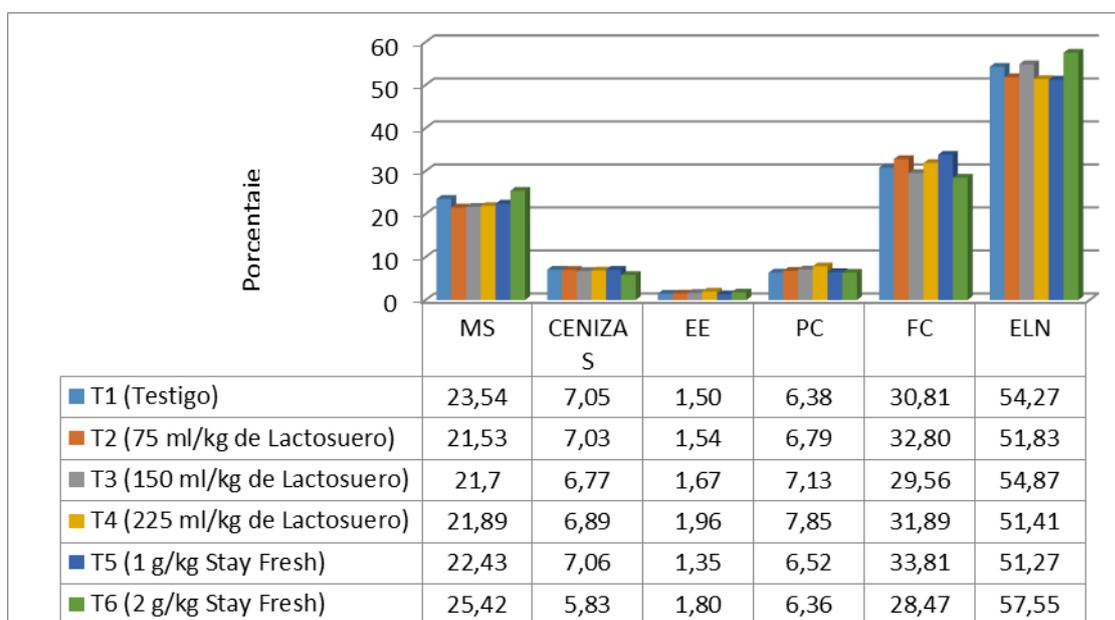


Figura 1. Composición bromatológica del ensilaje de maíz con diferentes niveles de lactosuero y microorganismos eficientes

## Composición de las Paredes Celulares

La adición de lactosuero y microorganismos eficientes produjo un incremento de los componentes de la pared celular con respecto al maíz sin ensilar. El contenido de Fibra

Detergente Neutra (FDN) presentó un promedio de 61,88 % con variaciones de 5 puntos entre los tratamientos tres (150 ml de lacto suero) y dos (75 ml de lacto suero). La FDN ofrece una estimación más precisa del contenido total de fibra o pared celular del alimento, comprende las fracciones de celulosa, hemicelulosa y lignina y permite estimar la capacidad de los alimentos para ocupar volumen en el tracto gastrointestinal; por lo que se asocia negativamente con el consumo voluntario de materia seca.

La Fibra Detergente Acida (FDA) se vio afectada de acuerdo al tratamiento tal es el caso que la adición de lactosuero y microorganismos eficientes produjo un incremento considerable de los componentes de la pared celular con respecto al maíz sin ensilar. Es así FDA alcanzó valores cercanos al 41 %; siendo menor en el ensilaje del tratamiento seis (2 g de Stay Fresh). La FDA comprende las fracciones de celulosa y lignina y, se correlaciona negativamente con la digestibilidad y aporte de energía de los alimentos. La lignina se incrementó en un punto con respecto al maíz sin ensilar y presentó poca variación entre los tratamientos (Figura 2, Cuadro 1).

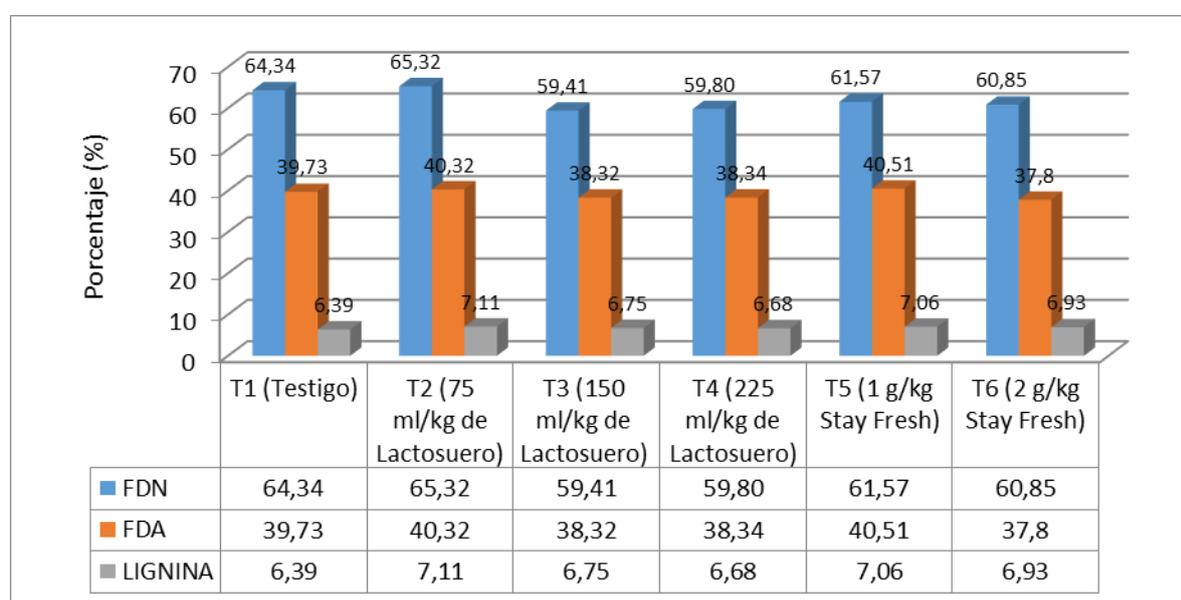


Figura 2. Composición de la pared celular del ensilaje de maíz con diferentes niveles de lactosuero y microorganismos eficientes (%).

### Contenido de Macrominerales

De manera general, el contenido de macrominerales se incrementó en el proceso de ensilaje. En el caso del Calcio (Ca) fue menor en el testigo y significativamente mayor en el tratamiento cinco con 0,26 %. El contenido de los demás minerales Fósforo (F), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Sodio (Na) fue relativamente estable en todos los tratamientos (Figura 3).

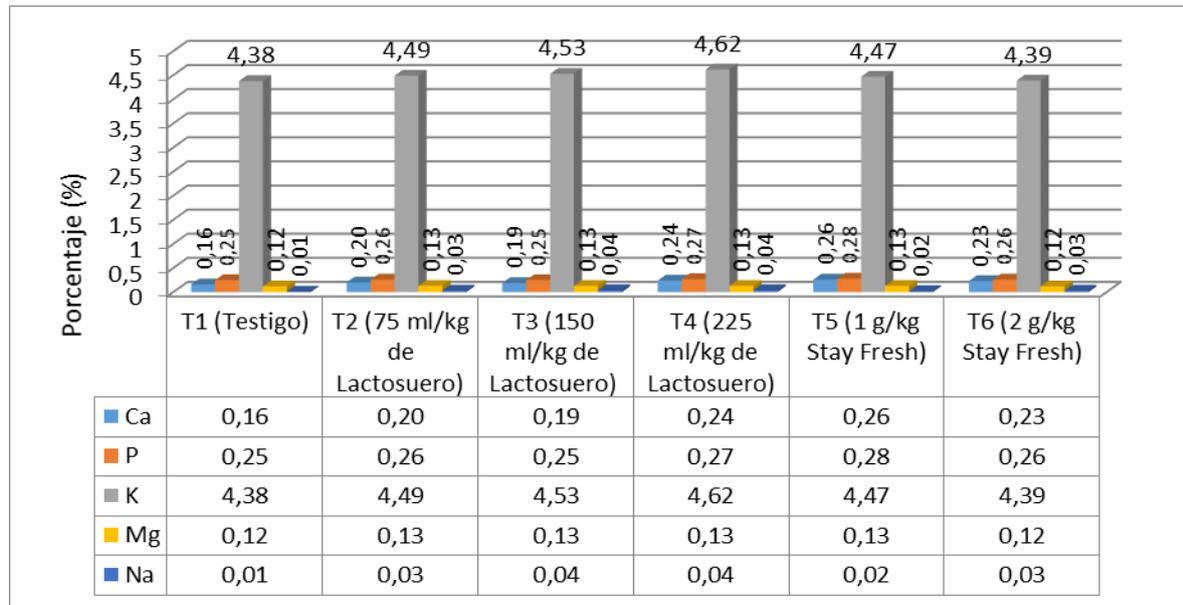


Figura 3. Contenido de macrominerales del ensilaje de maíz con diferentes niveles de lactosuero y organismos eficientes (%).

### Contenido de Microminerales

El contenido de microminerales Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) no experimentó variaciones considerables con respecto al maíz sin ensilar. De igual manera entre los tratamientos no se observaron variaciones significativas (Figura 4, Cuadro 1).

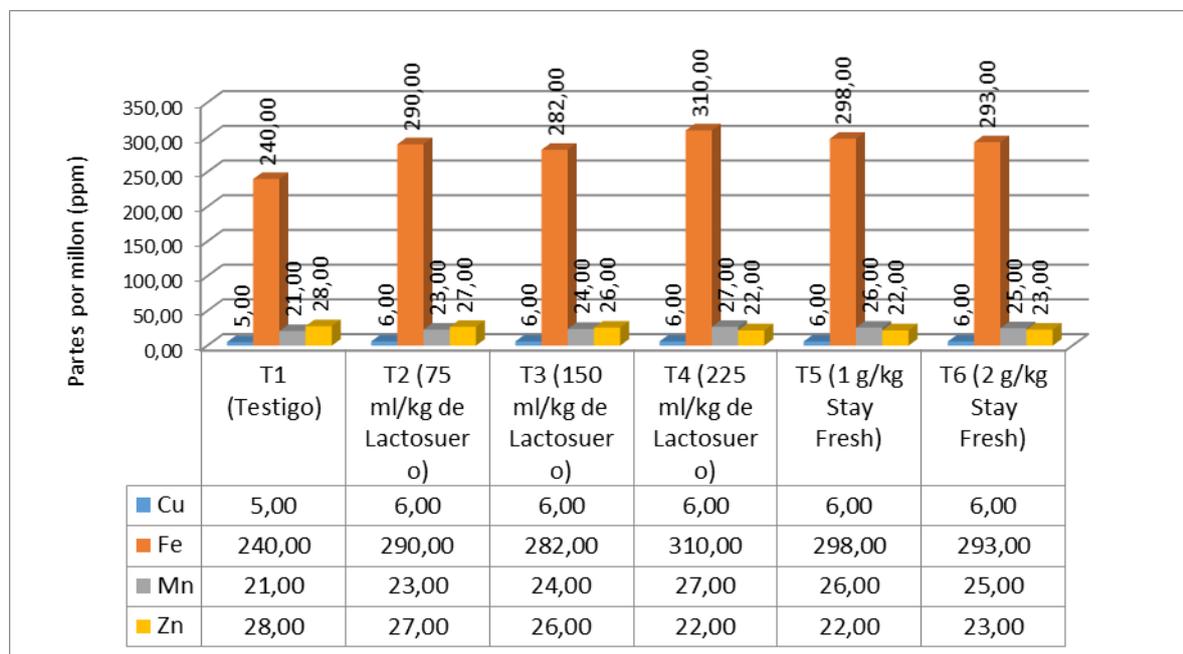


Figura 4. Contenido de microminerales del ensilaje de maíz con diferentes niveles de lactosuero y microorganismos eficientes (ppm).

## Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

La DIVMS se incrementó entre tratamientos tal es el caso que en el ensilaje del tratamiento seis se obtuvo el mayor porcentaje de digestibilidad con 57,39 % que en ningún tratamiento se encontró valores superiores a este, a excepción del maíz sin ensilar que presentó un 58,78 %, mientras que el ensilaje con 75 ml/kg tratamiento dos de lacto suero presento menor digestibilidad con el 44,99 %, no encontrando diferencia con el T<sub>1</sub> testigo y T<sub>4</sub> (225 ml/kg de Lactosuero). (Figura 5, Cuadro1).

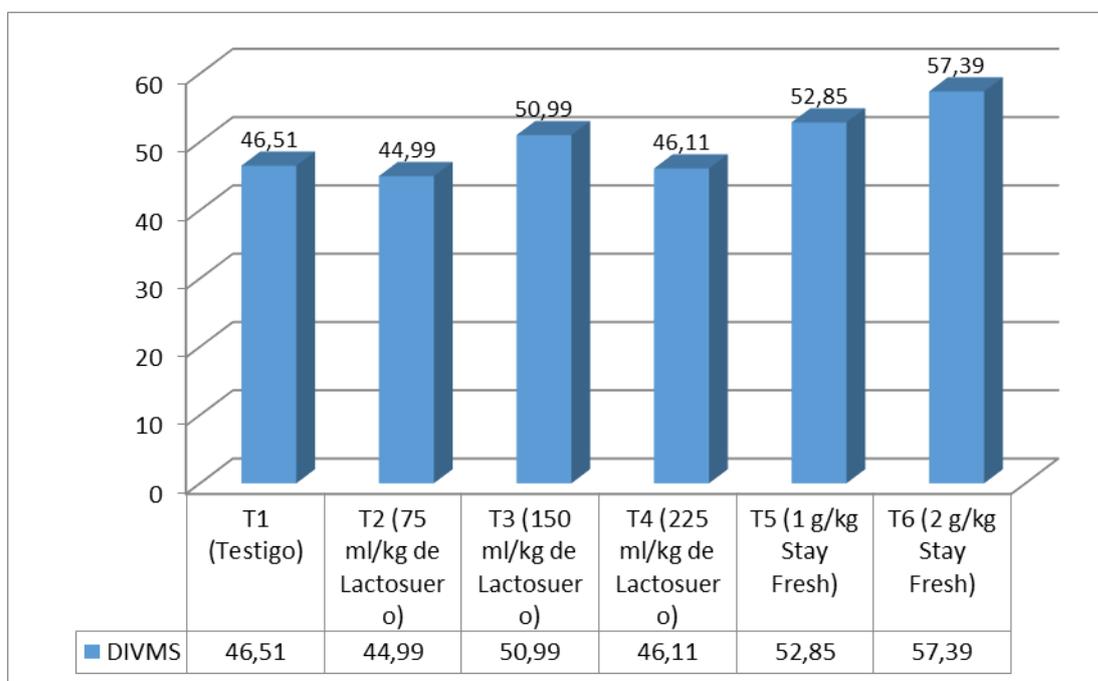


Figura 5. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del ensilaje de maíz con diferentes niveles de lacto suero y micro organismos eficientes.

## Discusión

La calidad del maíz para ensilaje está estrechamente relacionada con el contenido de materia seca, carbohidratos solubles, concentración de lignina, digestibilidad de la pared celular y contenido de grano en el momento de ensilar. El contenido de materia seca del maíz utilizado en este ensayo fue de 20,28 %, valor a inmerso dentro del contenido de materia seca que varía de 15 a 25 % en la planta verde, según Sánchez y Oliviera (1973), confirmado por León (1980). Una humedad superior al 70 % es indeseable dado que el crecimiento de los *Clostridium* no se inhibe aun cuando el pH baja a 4, obteniéndose ensilajes de bajo valor nutritivo por pérdidas de efluentes según Alaniz (2008). Por su parte Guo *et al.*, (2013) mencionan que contenidos de materia seca superiores al 40 % y sin adicionar inóculos, a menudo resultan en la producción de etanol y una alta pérdida de materia seca después del ensilado. El momento óptimo de corte del maíz para ensilar tanto desde el punto de vista productivo como de la calidad del forraje es cuando el grano se presenta en estado pastoso (Calsamiglia *et al.*, 2004).

El contenido de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) alcanzó un promedio de 57,54 %. Los microorganismos usan los carbohidratos hidrosolubles como la principal fuente de

energía para su crecimiento, siendo los principales la fructosa, sacarosa y fructosanos; gran parte de estos carbohidratos están presentes en el ELN.

La proteína cruda alcanzó un porcentaje del 8,34 % que puede considerarse normal para este tipo de cultivo. La proteína bruta (PB) es un parámetro importante debido a su influencia directa en la producción animal. Para ensilados de maíz planta entera, el contenido ha de estar comprendido entre 8 y 10 %; si los valores son superiores y no hubo adición de urea, puede significar un corte demasiado temprano con pérdida de potencial de producción y bajo contenido en almidón (De la Roza, 2005).

El porcentaje de digestibilidad in vitro de la materia seca del maíz alcanzó el 58,38 %, al respecto Ocanto *et al.*, (2013) manifiesta que la calidad del forraje depende especialmente de la digestibilidad de los componentes de su fibra; a medida que la planta madura, la proporción de celulosa cae y las proporciones de hemicelulosa y lignina se incrementan. De esta forma se explica cómo la digestibilidad disminuye a medida que madura el forraje, ya que la celulosa es altamente digestible, la hemicelulosa menos digestible y la lignina es completamente indigestible.

### Valor nutritivo del ensilaje

El valor nutritivo de los ensilados, vienen determinados por la calidad del forraje en el momento de su recolección y de las alteraciones producidas en el mismo, ligadas a las técnicas de recolección, manejo y conservación. Si todo el proceso no se realiza adecuadamente, los resultados pueden ser negativos lo afirma De la Roza (2005).

La inclusión de lactosuero y microorganismos eficientes provocó un ligero incremento en el contenido de materia seca con variaciones que van del 21,53 % en el tratamiento dos (75 ml de lactosuero) al 25,42 % en el tratamiento seis (2 g de Stay Fresh). Estos resultados son similares a los reportados por Castillo *et al.*, (2009) y Ocanto *et al.*, (2014) que estuvieron por el orden del 21,5 % e inferiores a los obtenidos por Gou *et al.*, (2013) y Núñez (2014) con valores mayores al 40 % en ensilajes de maíz con inóculos microbianos.

El contenido de proteína cruda disminuyó de 8,34 en el maíz previo ensilaje a 6,84 % en promedio de tratamientos, aunque no presentó variaciones significativas entre los tratamientos, resultados similares fueron reportados por Mier (2009) y Núñez (2014) en ensilaje de maíz con inóculos microbianos; mientras que Castillo *et al.*, (2009) obtuvieron promedios de proteína cruda mayores al 10 % en ensilaje de maíz con frijol; al respecto, varios autores recomiendan asociar gramíneas y leguminosas para incrementar el contenido proteico de los ensilados (Castillo *et al.*, 2009; Suárez *et al.*, 2011).

El contenido de proteína bruta del maíz para ensilaje está relacionado con el bajo contenido de materia orgánica presente en la parcela del ensayo. La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5 % de nitrógeno total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Graetz, 1997).

La fibra cruda presentó variaciones del 28,47 al 33,81 %; siendo superiores a los resultados reportados por Mier (2009) en ensilaje de maíz con y sin inóculos en los que obtuvieron el 19 % de FC en promedio. Esta misma autora reportó valores del 41 y 27 % para FDN y FDA respectivamente, resultados que son muy inferiores a los registrados en el presente estudio que estuvieron por el orden del 61,88 % para FDN y 39,17 % para la

FDA promedio de tratamientos; mientras tanto Núñez (2014) obtuvo valores de 57,26 % para FDN y 30,44 % para FDA. El contenido de lignina también fue alto con 6,82 % promedio, en relación a los resultados comunicados por Mier (2009) que fueron del 4,18 %; aunque inferiores a los reportados por Ocanto *et al.*, (2014).

El extracto libre de nitrógeno que mide los carbohidratos solubles, en este ensayo se alcanzó un valor promedio de 53,53 %, con una variación de 6 puntos entre el menor y el mayor porcentaje. No se encontraron reporte de resultados sobre este nutriente.

El contenido de cenizas fue de 6,77 % en promedio con variaciones de 5,83 a 7,06 % resultados similares a los reportados por Tobia *et al.*, (2003) y Castillo *et al.*, (2009); pero inferiores a los alcanzados por Ocanto *et al.*, (2014) que estuvieron por el orden del 8,43 %. Al respecto Chaverra y Vernal (2000) afirman que contenidos mayores a 12 % de cenizas, son asociados a contaminación con suelo durante la cosecha o elaboración del ensilaje lo que favorece la presencia de fermentaciones secundarias y reducción del consumo.

La DIVMS alcanzó un porcentaje del 49,81 % en promedio, con variaciones de 44,99 a 57,39 %, resultados inferiores a los reportados por Di Marco *et al.*, (2005) con el 61,6 % y Aragadvay *et al.*, (2014) con 69,8 %.

## Conclusión

La adición de inoculantes como lactosuero y microorganismos eficientes generó cambios en el valor nutritivo del ensilaje de maíz de manera no significativos; sin embargo la aplicación del producto comercial STAY FRESH en dosis de 2g/kg de forraje incrementa la digestibilidad in vitro en base a materia seca.

## Agradecimientos

Al Centro Binacional de Formación Técnica (Zapotepamba) por las facilidades brindadas para el desarrollo de la presente investigación; al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Santa Catalina por la asesoría brindada en la toma de muestras y análisis bromatológicos.

## Literatura Citada

Alaniz Villanueva, O. (2008). Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Regional Durango. Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, 1-35 p.

Aragadvay, R.; Rayas, A.; Heredia, D.; Estrada, J.; Martínez, F.; Arriaga, C. (2014). Evaluación in vitro del ensilaje de girasol (*Helianthus annuus* L.) solo y combinado con ensilaje de maíz. *Rev Mex Cienc Pecu* 2015; 6(3):315-327.

Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (2005). International Official Methods of Analysis. 15th Ed. The Association of Official Analytical Chemists: hapter 32: 1, 2, 5 y 14, Washintong. U.S.A.

Blanco GM, Chamorro DR, Arreaza LC, Rey AM (2005) Evaluación nutricional del ensilaje de *Sambucus peruviana*, *Acacia decurrens* y *Avena sativa*. *Rev. Caproica* 6: 81:85.

Calsamiglia, S.; Ferret, A. y Bach, A. (2004). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*.

Cárdenas J. V., F. J. Solorio y C. A. Sandoval. (2004). Ensilaje de forrajes: alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico. Ediciones de la Universidad autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México. Series manuales/UADY; v. 5. 55p.

Castillo, M., Rojas, A., Wing Ching, R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). Revista Agronomía Costarricense. 33(1). San José – Costa Rica. 14 p.

Chaverra, G. y Vernal, E. (2000). Ensilaje en la Alimentación de Ganado Vacuno. IICA. Tercer Mundo Editores. Bogotá. Colombia. p. 65-123.

De la Roza-Delgado, B. (2005). El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra).

De la Roza, Begoña. (2005). El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Principado de Asturias. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra). 7 de Octubre de 2005.

Filya, I. (2003). The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *J. Dairy Sci.* 86: 3575-3581.

Graetz, H. A., (1997). Suelos y Fertilización. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México. 80 p.

Guo, X.S., D.J. Undersander, D.K. Combs. (2013). Effect of lactobacillus inoculants and forage dry matter on the fermentation and aerobic stability of ensiled mixed – crop tall fescue and meadow fescue. *American Dairy Science Association; J Dairy Sci.* 96: 1735 – 1744.

Jones, R. (1995). Role of biological additives in crop conservation. In: *Biotechnology in the feed industry. Proceedings of Alltech's 11th Annual Symposium*. Ed. Lyons, T.P. y K.A. Jaques. Nottingham University Press. Nottingham, UK. p. 465-482.

León, C.E. (1980). Efecto de la defoliación en maíz (*Zea mays*) para la alimentación animal. Tesis. Centro Universitario del Atlántico, Universidad de Costa Rica. 81 p.

Mier, M. (2009). Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero.

Muck, R.E. and K.K. Bolsen. (1991). Silage preservation and silage additive products. In: *Field guide for hay and silage management in North America*. K.K. Bolsen, J.E. Baylor y M.E. McCullough. Ed. Natl. Feed Ingrid.Assoc. West Des Moines IA.p. 105.

Muck. R.E. and L. Kung Jr. (1997). Effects of silage additives on ensiling. In: *Proceedings Silage: Field to Feedbunk. Conference*.Feb. 11-13, Hershey, Pennsylvania. p. 187-199.

Núñez, R. (2014). Cambios en la composición química del ensilaje de maíz tratado con diferentes tipos de inóculos microbianos. Tesis Med. Vet. Zot. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro, Mexico. Pp: 35 – 38.

Ocanto, G.; Acevedo, I. y García O. (2014). Evaluación de las Características Físicoquímicas y Funcionales del Ensilaje de Maíz (*Zea Mays*) y Ensilaje de Sorgo (*Sorghum Vulgare*) Municipio Urdaneta del Estado Lara. Revista ASA ISSN: 2343-6115 Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Estado de Lara. Venezuela. Pp: 118 – 120.

Sánchez, C.H.; Oliviera, A.C. (1973). Producción de materia seca y estimación del potencial fotosintético mediante la defoliación artificial en maíz. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Reunión de maiceros de la Zona Andina.

Solano, D. (2010). Estudio de la factibilidad para la producción de ensilaje de maíz (*Zea mays*), como suplemento para ganado lechero en Vinchoa. Tesis. Universidad de San Francisco de Quito. Cumbayá – Ecuador. 48 p.

Titterton M., Bareeba F. (2001). Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los Trópicos, pp. 53-56. In: L. Mannetje (eds). Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Serie Estudios FAO. Producción y protección vegetal 161. FAO, Roma. 189 p.

Tobía C, Uribe L, Villalobos E, Soto H, Ferris I (2003) Aislamiento, selección y caracterización de bacterias ácido lácticas en ensilajes de soya. Agron. Costarric. 27: 21-27.

Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 74, 3583-3597.

Weinberg, Z.G. y Ashbell, G. (2003). Engineering aspects of ensiling. Biochemical Engineering Journal. 13 181-188.

Weinberg, Z.G., Ashbell, G. y Chen, Y. (2003). Stabilization of returned dairy products by ensiling with straw and molasses for animal feeding. Journal of Dairy Science. 86:1325-1329.

# Trabajabilidad de madera *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake y diseño de un mueble prototipo con madera de pequeñas dimensiones

## Wood machining *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake and design of a prototype unit with small timber

Napoleón López<sup>1</sup>, Guillermo Ruales<sup>2</sup>, Hermel Celi<sup>3</sup> y Heriberto Jiménez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Forestal, MCF, Universidad Nacional de Loja, Carrera de Ingeniería Forestal, email: [napoleon.lopez@unl.edu.ec](mailto:napoleon.lopez@unl.edu.ec)

<sup>2</sup>Ing. Forestal. Técnico del Centro de la Madera. La Argelia. UNL-Loja.

<sup>3,4</sup>Estudiantes de Ingeniería Forestal

**Recepción:** 08 de mayo de 2015

**Aceptación:** 21 de diciembre de 2015

### Resumen

Ensayos de trabajabilidad de madera se realizaron en material de raleo de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, en el sur del Ecuador, en base a la norma American Society for Testing and Materials ASTM-D-1666-87 revisada (1999), algunas indicaciones se ajustaron a las condiciones disponibles en el Centro de la Madera de la Universidad Nacional de Loja. Luego de la evaluación aplicada la calidad de cepillado calificó como excelente, el taladrado de ½" y de ¼" fue bueno y excelente, el moldurado en corte longitudinal fue excelente y presentó grano arrancado en corte transversal. El escopleado fue excelente con grano algodónoso y arrancado leve. Finalmente el lijado con grano 80 dejó un rayado que se eliminó con lija 150, dejando una superficie de calidad excelente para procesos de acabado. Complementariamente el diseño y elaboración de un mueble prototipo permitió utilizar la madera de baja densidad y pequeñas dimensiones con médula incluida, demostrando que es posible dar buen uso al material de raleo.

Palabras clave: cama, cepillado, lijado, moldurado, taladrado

### Abstract

Wood workability tests were performed on material thinning *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, in southern Ecuador, according to the American Society for Testing and Materials standard ASTM-D-1666-87 revised (1999), some indications were adjusted to the conditions available at the Wood Center of the National University Loja. After assessing the quality of brushing applied scored excellent drilling ½ "and ¼" was good to excellent, the longitudinal section molding was excellent and presented grain started in cross section. Mortising was excellent with cottony grain and slightly torn. Finally sanding with 80-grit left a scratch that was removed with sandpaper 150, leaving an excellent surface quality to finishing processes. In addition the design and development of a prototype allowed to use wood furniture low density and small dimensions including bone, showing that it is possible to make good use of the material thinning.

Keywords: bed, brushing, sanding, molding, drilling

## INTRODUCCIÓN

El árbol de *S. parahyba* es una especie catalogada de rápido crecimiento, que crece a campo abierto, por su tamaño y tipo de copa compagina muy bien en cultivos agroforestales y en bosque secundario, su madera liviana tiene aplicaciones industriales en contrachapados, aglomerados con potencialidad para pulpa y papel, por lo que se abre paso en plantaciones industriales. Además se utiliza en otros usos como cajonería, divisiones de interiores, molduras, ebanistería entre otros.

Esto motivó a conocer procesos de trabajabilidad en madera de pequeñas dimensiones, ajustando a las condiciones disponibles, se tomó como base las normas "Standar Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood- Base Materials" ASTM-D-1666-87 revisada (1999), para realizar las evaluaciones de cepillado, taladrado, moldurado y escopleado.

El trabajo se complementó con una iniciativa original, para dar uso a la madera de baja densidad  $0,38 \text{ g/cm}^3$ , que es poco utilizada, además se trata de madera de pequeñas dimensiones por ser material de raleo proveniente de ensayos experimentales *S. parahyba* (Ávila y Betancourt, 2014).

Se planteó como objetivo conocer la trabajabilidad de la madera de *S. parahyba* en procesos de: cepillado, taladrado, moldurado y escopleado, complementados con el diseño y elaboración de un mueble prototipo con madera de pequeñas dimensiones.

### ***Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake**

El pachaco es un árbol muy vistoso, alcanza alturas de 30 m y hasta 1 m de diámetro, la altura fluctúa entre 25 y 40 m según Justiniano *et al.* (2001), con fuste recto, sin ramas, hojas compuestas bipinadas, caducas, con flores en forma de capullos amarillos rectos presentando una apariencia de ramillete. El fruto está constituido por una vaina, que contiene las semillas ovaladas y aplanadas, cada kg de semilla contiene aproximadamente 1100 semillas (Ramírez 1990).

Su clasificación taxonómica según Integrated Taxonomic Information System ITIS (2014), corresponde a la Familia: FABACEAE, género *Schizolobium*; especie: *parahyba*, con dos variedades: *S. parahyba*, var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby y *S. parahyba* var. *parahyba* (Vell.) S.F. Blake, corroborada por Missouri Botanical Garden (2014).

Sinónimos: *Schizolobium parahybum* (Vellozo) Blake, (Estrada 1997); *Caesalpinia parahyba* (Vell.)Allemao; *Cassia parahyba* Vell.; *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke; *Schizolobium excelsum* Vogel; *Schizolobium glutinosum* Tul.; *Schizolobium kellermanii* Pittier (<http://www.herbaria.plants.ox.ac.uk>) (Justiniano *et al.*, 2001).

Nombres vulgares: Ecuador: Pachaco (Estrada, 1997); México: Judío, falso Guanacaste (Martínez y Martínez, 1996a); Brasil: parica o paricá grande, pinho ciabano, guapuruvú, faveira branca, bacurubú, pinho, pau de ventém y ficheiro; Bolivia: Serebó y sombrerillo (Justiniano *et al.*, 2001). Guatemala: copté, zorra; Costa Rica: plumajillo (Herbaria, 2014).

Se considera un árbol de rápido crecimiento con rendimientos experimentales en Brasil  $26,9 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$  hasta los 10 años, en Venezuela  $34 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ , a los ocho años la productividad se redujo a  $23 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$  (Herbaria, 2014). En Ecuador se estima una

producción de 375 m<sup>3</sup>/ha, en un turno de 18 años, 20 m<sup>3</sup>/ha/año. (Estrada 1997), se planta desde 1980 para producción maderera y actualmente hay unas 12 000 ha. (Herbaria 2014).

La densidad de la madera determinada por Arévalo y Arévalo (2013), en tres sitios de ensayos experimentales sobre fertilización en *S. parahybum* en la provincia de Zamora Chinchipe, alcanzó densidades promedios de 0,53, 0,46 y 0,44 gr/cm<sup>3</sup>, lo cual resulta muy alto; estudios posteriores han rectificado la densidad de madera en estas plantaciones de 4 años de edad con 0,38 g/cm<sup>3</sup> (Ávila y Betancourth, 2014). Madera de plantaciones de aprovechamiento al noroccidente del Ecuador han determinado densidad de 0.41 g/cm<sup>3</sup>. ([www.ecuadorforestal.org](http://www.ecuadorforestal.org) 2014), a 0,40 g/cm<sup>3</sup> (Estrada 1997).

Inclusive se reporta un peso específico bajo menor de 0,25 – 0,34 g/cm<sup>3</sup> y se considera que no es una madera apropiada para usos como madera estructural (Herbaria, 2014). Algunas características de la madera son: albura de color blanco amarillento pálido con transición gradual a duramen de color marrón muy pálido; textura gruesa a mediana; grano recto a entrecruzado; olor no distintivo o ausente; veteadado satinado en bandas longitudinales; muy poca durabilidad natural; susceptible a la pudrición y ataque de insectos (Estrada, 1997).

La madera puede calificarse de buena trabajabilidad, el secado sin riesgos importantes, deformaciones leves, riesgos de rajadas leves a veces riesgos de colapso. Es fácil aserrar pero deja los extremos mechudos. También presenta problemas para fijar clavos y tornillos. El cepillado con ángulos de corte de la cuchilla de 20°; 25°; y 30°; es bueno; el lijado, usando grano 60 y grano 80, es muy pobre, usando grano 100 es excelente. Actualmente las trozas para desenrollar en tornos de la industria de contrachapados es su principal uso, aunque también se utiliza para aglomerados y en otros países pulpa para papel (Estrada 1997).

La madera es blanda, sin embargo se usa en elementos de mobiliario como puertas, divisiones interiores y más trabajos de carpintería como cajonería de embalaje, juguetería partes y piezas en la construcción de interiores como molduras, juguetería, maquetas etc. (Justiniano *et al.*, 2001), también para canoas de navegación en la amazonía por su alta resistencia en el agua (Estrada 1997).

También se usa para varas, construcciones interiores y de ranchos temporales, juguetes, aviones a escala, artesanías, fósforos, cajas y muebles. Tiene un enorme potencial para alma de contrachapado y sobre todo es ideal para pulpa de papel (Herbaria, 2014).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La madera utilizada provino desde el material de raleo de ensayos experimentales en pachaco *S. parahybum* instalados en el 2009 por el proyecto “Gestión de la fertilidad del suelo con enmiendas de carbón vegetal en plantaciones de árboles maderables en el Sur de la Amazonia Ecuatoriana” (Valarezo, *et al.*, 2014); por tanto se trata de madera de pequeños diámetros menores a 20 cm, cuyas trozas contienen médula de 1 a 4 cm de diámetro ha sido un gran obstáculo a salvar en el diseño de un mueble prototipo.

## **Elaboración de Probetas**

Los ensayos se realizaron siguiendo parcialmente lo indicado por la Norma “Standar Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood- Base Materials” ASTM-D-1666-87 revisada (1999), teniendo en cuenta que se empleó la maquinaria disponible en el Centro de la Madera de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja.

Dicha norma fue compatibilizada con las especificaciones establecidas por Sato (1976), para los ensayos de trabajabilidad y las modificaciones de equipo y maquinaria propuesta por la mis norma, esto es que cuando no se cumpla la norma se debe describir la modificatoria realizada (Orrego, 2010).

## **Procedimiento**

La madera fue secada y permaneció bajo techo a una humedad de equilibrio del 15 %, en la cual se efectuaron cortes de cepillado, moldurado, taladrado y lijado, operaciones frecuentes en la industria de transformación secundaria, empelando el siguiente procedimiento:

### **Cepillado**

Se utilizó una cepilladora motor de 7,5 HP, diámetro del eje 12 cm con 4 cuchillas, 3500 rpm y una velocidad aproximada de 5-6 m/min. Las probetas se adaptó a dimensiones de 90 x 7,5 x 5 cm debido al pequeño diámetro las escuadrías alcanzaron dimensiones máximas 10 x 10 cm en pocos casos, por lo que se unificó a 7,5 cm a fin de obtener 40 probetas en las dimensiones indicadas. Los cortes de cepillado se efectuaron a una profundidad de 1,5 mm cada uno hasta alcanzar un total de 12 pasadas por probeta, igualmente no se pudo cumplir a cabalidad la norma porque las probetas incluyen médula y empieza a aparecer en algunas probetas. Se marcó el extremo de cada probeta para indicar la dirección de alimentación y el lado que acababa de ser procesado. Todas las probetas fueron cepilladas en una cara, realizando el 50 % de cortes a favor del grano y el otro 50 % en contra en forma alternada.

### **Moldurado**

Se empleó un router manual de 22000 rpm con cuchilla o fresa con ángulos de corte horizontal, vertical y curvo en relación al canto de la pieza. Todas las probetas fueron ensayadas fijando la máquina y luego pasando la probeta a favor del grano con una velocidad aproximada 3 m/min. Para el efecto se preparó 40 probetas de 30 x 7,5 x 5 cm, las cuales fueron redondeadas en un vértice, para luego aplicar una moldura siguiendo el plano longitudinal y transversal de la pieza.

### **Taladrado**

Se utilizó un taladro horizontal acoplado a la sierra considerando que es la forma más común en la operación diaria, se aplicó una fuerza uniforme para dos tipos de broca, por un carpintero experimentado. En las mismas 40 probetas de moldurado, se efectuaron tres agujeros por probeta con broca 1/2" a 5 cm del extremo y 2 cm del canto; y dos agujeros por probeta con broca 1/4 " a 10 cm del extremo y 2 cm del canto, a una velocidad de 2-3 m/min, evaluándose entrada y salida.

## Escopleado

En estas mismas probetas 30 x 7,5 x 5 de hicieron dos cajas en el canto opuesto al perforado de 1/4" que se trabajó con broca de 1/2" para el ancho, profundidad de 3 cm y longitud 4 cm.

## Lijado

El lijado se realizó en 40 probetas de 90 x 7,5 x 2,5 cm anteriormente cepilladas, para lo cual se utilizó dos lijadoras de disco, una acoplada a un motor 1746 rpm, con lija N° 80 una sola pasada a una velocidad aproximada de 3 m/min. La otra lijadora manual de disco acoplada a una amoladora con 7400 rpm, lija N° 150 se realizaron dos pasadas a una velocidad de 2 a 2,5 m/min.

## Evaluación de las probetas

Según la Norma ASTM (1999), se determinó los niveles de calidad de acuerdo a la ocurrencia del defecto según la siguiente escala utilizada por Orrego (2010). Se procedió a calificar cada probeta de acuerdo a la ausencia o presencia, gravedad y extensión del defecto en la superficie maquinada. Posteriormente se determinó la calidad de la probeta bajo los parámetros detallados a continuación:

Tabla 1. Gravedad del defecto según la extensión de la superficie defectuosa.

Grado	Calificación	área defecto en %	Gravedad del defecto
1	Excelente	0 - 4	Muy leve
2	Bueno	5 - 35	Leve
3	Regular	36 - 69	Acentuado
4	Malo	>70	Grave
5	Deficiente		Muy grave

Para la determinación de la equivalencia de cada defecto, según el tipo de ensayo, se utilizaron los factores de conversión detallados a continuación:

Tabla 2. Factor de conversión para diferentes tipos de defecto y ensayo realizado

Defecto	Factor de conversión según ensayo			
	Cepillado	Moldurado	Taladrado	Lijado
Grano arrancado	1,0	1,0	1-	
Grano astillado	0,8	0,8	0,8	
Grano levantado	0,6	0,6	-	
Ruptura de grano	-	-	1,0	
Grano velloso	0,2	0,2	-	
Grano comprimido	-	-	-	
aplastado				
Rayado	-	-	-	

En base a la ponderación del defecto para cada ensayo, se determinó la equivalencia respectiva, mediante la siguiente expresión (Sato, 1976), utilizada también por proyectos

andinos de desarrollo de recursos forestales tropicales, PADT-REFORT 1974, citados por Mendoza 2013.

$$E = G - 1)F + 1$$

Dónde:

E: es la equivalencia del defecto

G: es el grado de calidad

F: es el factor de conversión por tipo de ensayo

Finalmente, obtenidas las equivalencias para cada defecto por probeta, se calificó la probeta en base al defecto que registró mayor equivalencia o equivalencia dominante, según los siguientes rangos por calidad de superficie, con los cuales se trabajó la evaluación estadística

Rango de calidad	Equivalencia
1,0 – 1,5	Excelente
1,6 – 2,5	Buena
2,6 – 3,5	Regular
3,6 – 4,5	Mala

### Diseño de mueble prototipo

Las trozas de madera extraídas no alcanzan 2 m de longitud en su mayoría 1,2 m, en promedio, por tanto luego de considerar las dimensiones estándar de 190 x 135 cm para una cama de dos plazas el diseño tenía que salvar este dimensionado y se preparó el material siguiente:

Tabla 3. Material dimensionado para la construcción del mueble prototipo en madera de *S. parahyba* de pequeñas dimensiones.

Descripción de piezas	Dimensión (cm)	Cantidad	Observación
<b>Para cuatro bases o soportes de cama</b>			
Base con ensamble de tres piezas	71x7x8	12	Perforación central en dos partes equitativas
Listón para unión de dos bases	95 x 6 x 6	8	Sobresale y deja hoyo al centro
Listón superior base de la cama	95 x 6 x 6	18	Introducido en una ranura 1 cm
Listón de borde con ranura hacia la base	105 x 8 x 8	4	Desvaste 2x2 cm hacia el centro de la cama
Taco base que ensambla con el piezómetro y cabezal de la cama	21 x 8 x 7	4	Ranura hacia el extremo y canal hacia el lateral
Molduras que recubren extremos de la cama	63 x7 x 1	4	Moldurada vértice superior
Moldura que cubre extremos de la base	21 x 8 x 2	8	Moldura redondeada
<b>Pie de Cama</b>			
Transversales	152 x8 x 8	2	Espiga 3 cm cada extremo
Verticales con ranura	50 x 8 x 8	2	Ranura 21 cm
Tablillas transversales	20 x 4 x 2	6	Espiga 3 mc cada extremo

**Cabezal de cama**

Transversales	152 8 x 8	3	Espiga 3 cm cada extremo
Verticales con ranura al interior	90 x 8 x 8	2	Ranura 21 cm
Tablillas transversales	26 x 6 x 2	6	Moldura redondeada

**Ensamble y Armado**

El ensamble se hace con cola y prensado 4 partes en la base, el cabezal y el pie de cama de manera independiente de tal manera que se separan en seis conjuntos de manera independiente (Figura 3, proceso en resultados).

**RESULTADOS**

Las pruebas aplicadas a la madera de pachaco de pequeñas dimensiones, reflejan los defectos presentados en cada prueba y hay que considerar para mejorar procesos y el diseño para un uso adecuado.

Tabla 4. Defectos presentados en cada prueba, su análisis estadístico y equivalencia de calidad

Ensayo y Tipo Defecto	N° muestras	% con defectos	Promedio ajustado	Desviación Estándar	Cv %	Calidad Equivalencia
<b>Cepillado a favor</b>						
Grano Algodonoso	240	100	1,05	0,0173	1,9	Excelente
Grano arrancado	240	68,3	1,04	0,0559	5,7	Excelente
<b>Cepillado en contra</b>						
Grano Algodonoso	240	100	1,04	0,0147	1,41	Excelente
Grano arrancado	240	64,6	1,04	0,0657	6,31	Excelente
<b>Taladrado de 1/2" entrada</b>						
Grano Algodonoso	120	95,8	1,05	0,0249	2,37	Excelente
Grano arrancado	120	64	1,75	0,0441	2,52	Buena
<b>Taladrado de 1/2" salida</b>						
Grano arrancado	120	100	3,18	0,0789	2,48	Regular
<b>Taladrado de 1/4" entrada</b>						
Grano algodónoso	80	100	1,01	0,0042	0,41	Excelente
<b>Taladrado de 1/4" salida</b>						
Grano arrancado	80	96,2	3,23	0,072	2,22	Regular
<b>Escopleado</b>						
Grano Algodonoso	80	100	1,03	0,0206	1,97	Excelente
Grano arrancado	80	46,2	1,43	0,0396	2,78	Excelente
<b>Moldurado</b>						
Grano Algodonoso	40	100	1,04	0,0102	0,98	Excelente
Grano arrancado	40	77,5	1,26	0,0567	4,5	Excelente
Grano astillado	40	50	1,08	0,0505	4,67	Excelente
<b>Lijado</b>						
Lija 80 rayado	40	100	1	0	0	Excelente
Lija 150 libre de defectos	40	100	√	0	0	Excelente

El cepillado de la madera de *S. parahyba* resultó excelente, y fue muy similar tanto en dirección del grano como en contra, pues en algunos casos la madera tiene grano entrecruzado, se presentaron dos defectos grano algodonoso que es muy leve y grano arrancado que también es leve a tal punto que desaparece con una sola pasada de lija.

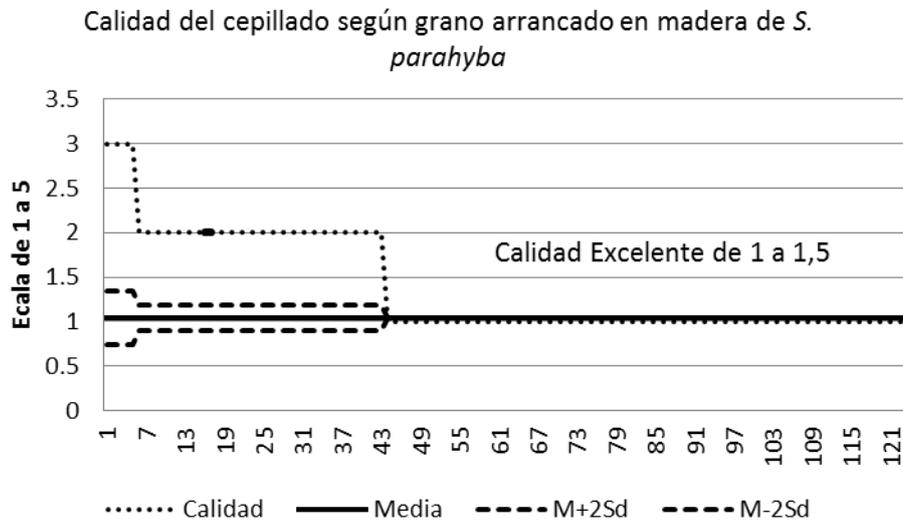


Figura 1. Calidad del cepillado según grano arrancado en madera de *S. parahyba*

El taladrado de entrada tanto con broca de  $\frac{1}{2}$ " como de  $\frac{1}{4}$ " dejó defectos algodonosos calificados como excelentes porque fácilmente se corrigen con lijado, el taladrado de entrada de  $\frac{1}{2}$ ", además presentó defecto de arrancado calificado como bueno presente en un 64 % de muestras, como se aprecia en la figura a continuación:

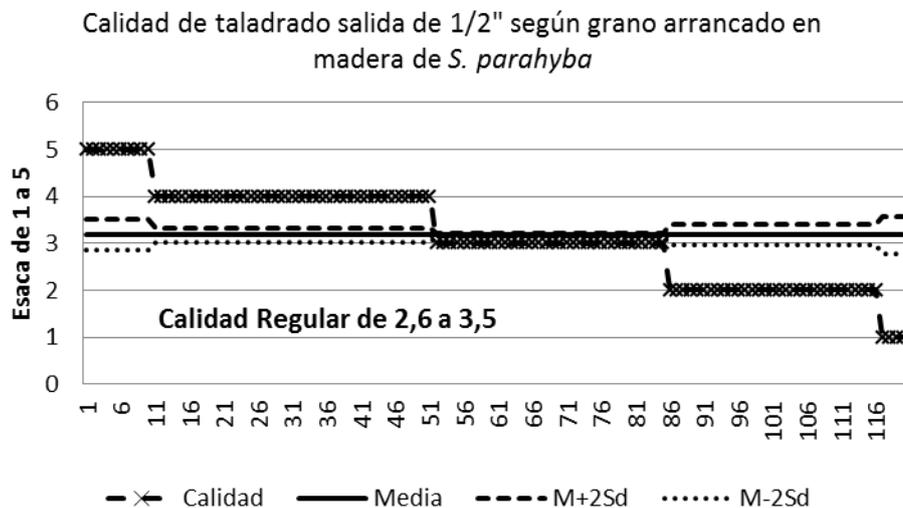


Figura 2. Calidad de taladrado de salida de  $\frac{1}{2}$ ", según grano arrancado en madera de *S. parahyba*

El aporte de creatividad e iniciativa de sus ejecutores hizo posible hacer uso de una madera liviana, con médula incluida y con pequeñas dimensiones, obteniendo un prototipo de mueble apreciado en las siguientes figuras:



Escuadría 10x10 cm  
x 1,2 m máxima



Médula de 2.4 cm de  
diámetro



Base de la cama 1  
de 4



Ensamble de la base



Ensamble y armado del  
cabezal



Mueble prototipo  
cama de 2 plazas

Figura 3. Proceso de construcción, ensambles y armado de una cama prototipo con madera de *S. parahyba* de pequeñas dimensiones.

## DISCUSIÓN

### Cepillado

El promedio de 1,04 de calidad equivalente, inclusive + y - 2 Sd (desviaciones estándar, no llega a 1,5 que es el límite de la categoría excelente, aunque unos pocos casos llegan a categoría 3, el 95 % de probabilidad se mantiene en la categoría de excelente, a más de que un 32 % de muestras no se presentó el defecto de arrancado en cepillado. En estudios de cepillado para *S. parahyba*, Martínez y Martínez (1996b), bajo metodología de selección de probetas libre de defectos califican como bueno.

### Taladrado

El defecto arrancado en taladrado de salida se presentó en el 100 % con broca de 1/2" y 96 % con broca de 1/4" y se calificó como regular en ambos casos, en gran parte debido a que la muestra en el lado de salida contenía médula lo que le hace desprenderse fácilmente. Coincide con investigaciones realizadas por Martínez y Martínez (1996a), quienes determinaron que especies con menos de 0,5 de densidad presentan grano algodonoso y arrancado con mayor frecuencia.

El promedio de 3,18 para broca de 1/2" y de 3,23 para broca de 1/4" para calidades de taladrado de salida, estadísticamente con el 95 % de confiabilidad está en la categoría regular; sin embargo como expresa la gráfica hay 40 % de casos que llegan a 4 esto es calidad mala e inclusive pocos casos llegan a 5 esto es calidad muy mala, explicable como se dijo anteriormente por la presencia de médula.

## Escopleado

La realización de una caja para ensamble trabajada con broca de 1/2" mostró defectos algodonoso en el 100 % y arrancado únicamente en el 42,6 % de muestras evaluadas, con calidad excelente en ambos casos, pues se trata de perforación de entrada lo que no afecta mayormente.

## Moldurado

La madera se deja moldurar fácilmente en sentido longitudinal, pese a que la fresa contenía corte horizontal, vertical y curvo solo se presenta defecto algodonoso en el 100 % de muestras, el defecto de arrancado se presenta al tomar la curva en la probeta es decir en corte transversal con un 77 % de casos y finalmente apareció un nuevo defecto el astillado al término de la moldura en un 50 % de casos, lo que requiere más cuidado y menos velocidad al término de la moldura. En todos los casos la calificación de calidad es excelente porque los defectos son leves que no interfieren mayormente con la calidad del moldurado.

## Lijado

La lija N° 80 con una sola pasada eliminó todos los defectos de arrancado que se presentaron en cepillado, sin embargo deja rayado del grano de lija en toda la extensión de la pieza, quedando libre de otros defectos.

Con la lija N° 150, con dos pasadas borra completamente el rayado de lija anterior, quedando lista la madera para un proceso de acabado, esta es la única prueba que puede considerarse libre de defectos. Martínez y Martínez (1996b) utilizando lija de banda y similar evaluación visual obtuvieron resultados de calidad muy pobre para lijas 60 y 80, logrando calidad excelente con la lija 100.

Las dimensiones de la madera tanto en longitud promedio de 1,2 m y escuadrías de 10 x 10 cm máximo, no cumplen la dimensión requerida para probetas del ensayo; sin embargo es un buen baso para dar a conocer la trabajabilidad en esta especie.

## Mueble prototipo

La utilización de una madera joven, con una gran cantidad de médula, como se aprecia en la figura 5, a veces hueca, que por la dimensión no era posible eliminar, con densidad de la madera 0,38 g/cm<sup>3</sup>, lo que hace a la madera poco resistente, muchos escépticos al inicio de empezar se mostraron incrédulos, que no puede ser utilizada para una cama, que no resistiría el menor peso.

El diseño fue una cama elegante, con buen acabado se dio adicional una aplicación de preservante con brocha y laca a soplete, dejándolo color natural como se aprecia en la figura siguiente, mayor información <http://forestalito.net> 2014.

## CONCLUSIÓN

Los ensayos de cepillado, taladrado, escopleado, moldurado y lijado demostraron que la madera de *S. parahyba* es una madera que se deja trabajar fácilmente con excelente resultado.

La densidad de la madera, la presencia de médula en madera de pequeñas dimensiones y defectos que presentan en la trabajabilidad de *S. parahyba* fueron corregidos mediante diseño, como evidencia el prototipo de mueble elaborado.

## Bibliografía

American Society for Testing and Materials. 1999. Standard Methods for Conducting Test of Wood and Wood-Base Materials ASTM-D-1666-87 (Reaprobada 1999). [www.astm.org](http://www.astm.org). 19p.

Arévalo C. y Arévalo Y. 2013. Variabilidad de la estructura anatómica de *Schizolobium parahybum* Bell Blake y *Gmelina arborea* Roxb., por efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización, en la provincia de Zamora Chinchipe. 96 p. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja.

Ávila E. y Betancoutrh G. 2014. Evaluación de la variabilidad de la estructura anatómica de *Schizolobium parahybum* Bell Blake y *Gmelina arborea* Roxb., entre árboles bajo diferentes tratamientos de fertilización, al cuarto año de plantados en la Provincia de Zamora Chinchipe. 109 p. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja.

Estrada W. 1997 Manual para la producción de pachaco. EDI-U. CORMADERA-OIMT. Quito-Ecuador. 51 p. Consultado junio 14 del.2014. Disponible en:

<http://ecuadorforestal.org/author/admin/>

Herbaria 2014. *Schizolobium parahyba*. [En línea] Consultado junio 27 del 2014. OFI-CATIE / S. Nombres comunes. Sinónimos. La madera es blanda y se usa para varas, construcciones. Disponible en: <http://www.herbaria.plants.ox.ac.uk/>.

<http://forestalito.net/wp-content/uploads/2014/06/pachaco.pdf>

<http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx?name=Schizolobium+parahyba&commonname=>

Justiniano M; Fredericksen, T; Nash, D. 2001. "Ecología y Silvicultura de Especies Menos Conocidas – Serebó o Sombbrero *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, *Caesalpinaceae*" Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 37 p.

Martínez y Martínez. 1966a Características de maquinado de 32 especies de madera. Madera y Bosques México. (2)1:45-61.

Martínez y Martínez. 1996b. Características de cepillado y lijado de 33 especies de madera. Madera y Bosques (2)2:11-27.

Mendoza L 2013 Estudio del comportamiento a la trabajabilidad de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales Informe Técnico. Lima-Perú.

Missouri Botanical Garden.Tropicos. *Schizolobium* (en línea). Consultado 30 Jun 2014.  
Disponible en: <http://www.tropicos.org>.

Orrego D. 2010. Trabajabilidad de la madera de Capirona (*Calycophyllum spruceanum*) procedente de plantaciones de la Cuenca del río Aguaytia en la región de Ucayali - Perú" 98 p. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Ramírez, W. 1990. Determinación e identificación de los agentes causales de la pudrición del fuste del pachaco (*Schizolobium parahybum* Bell Blake) en la zona central del litoral ecuatoriano.95 p. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador.

[Schizolobium parahyba.pmd](#). Consultado 30 de junio del 2014. Disponible en: [www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt)

Valarezo-Manosalvas C., Maza H., Chamba, C., Valareza L., Merino B., Villamagua M., Mora., González R. 2014. Gestión de la fertilidad del suelo con enmiendas de carbón vegetal en plantaciones de árboles maderables en el sur de la amazonia ecuatoriana" UNL-Loja CEDAMAZ (1)1:97-113.

**CONVOCATORIA PARA PUBLICAR EN LA REVISTA INVESTIGATIVA  
“Bosques...latitudo cero”, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, MINISTERIO DEL AMBIENTE DE ECUADOR Y  
RED AGROFORESTAL ECUATORIANA**

La Universidad Nacional de Loja, Carrera de Ingeniería Forestal, Ministerio del ambiente de Ecuador, Red Agroforestal Ecuatoriana y el Comité Editor de la revista investigativa “Bosques...latitudo cero”, que se publica en castellano en julio y diciembre invita a todas las personas naturales y jurídicas con experiencia en el campo forestal para que colaboren con artículos en temáticas como: conservación y ordenación del bosque, política y planificación forestal, desarrollo socioeconómico, mejoramiento de especies, desarrollo industrial, comercio internacional, análisis del papel de los bosques en el mantenimiento de una base sostenible para la producción agroforestal y silvopastoril tanto a nivel particular como general y de las consecuencias del cambio ambiental sobre los recursos forestales en Ecuador.

Los interesados pueden pedir mayor información a la siguiente dirección electrónica:  
boqueslatitud0@gmail.com

**CRONOGRAMA DE TRABAJO EDICIÓN N° 006**

**Enero – 2016**

- **Convocatoria:** 30 de enero del 2016
- **Fecha límite de recepción de artículo:** 20 de mayo del 2016
- **Notificación a autores de artículos aceptados para evaluación:** 1 al 6 de junio 2016
- **Revisión por pares:** hasta el 4 de julio del 2016
- **Corrección de artículos:** 5 al 31 de julio del 2016
- **Envío de artículos definitivos para diagramación:** 1 agosto de 2016
- **Envío de revista a imprenta:** 17 de agosto del 2016
- **Publicación de la revista:** septiembre 2015

## **INSTRUCTIVO PARA PUBLICAR ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN LA REVISTA INVESTIGATIVA “*Bosques...latitud cero*”, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, MINISTERIO DEL AMBIENTE DE ECUADOR Y RED AGROFORESTAL ECUATORIANA**

“*Bosques...latitud cero*” es una revista de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, Ministerio del Ambiente de Ecuador y Red Agroforestal Ecuatoriana, especializada en tratar temas de investigación científica. La revista se reserva el derecho de revisar los artículos como estime apropiado de acuerdo al estilo de la revista.

### **Los artículos postulados deben:**

- ✓ Corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación.
- ✓ Ser originales e inéditos y,
- ✓ Sus contenidos responder a criterios de precisión, claridad y brevedad.

### **Se clasifica en:**

- 1) Artículo de investigación científica y tecnológica: presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cinco apartados importantes: resumen, introducción, metodología, resultados, discusión y conclusiones.
- 2) Artículo de reflexión o ensayo: presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
- 3) Artículo de revisión: resultados de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 40 referencias.
- 4) Otro tipo de documentos: artículo corto, cartas al editor, revisión de tema o traducción, informe de proyecto de vinculación, reseñas y reportes académicos.

### **A los colaboradores les sugerimos escribir sus artículos de acuerdo a las siguientes normas:**

- **Título en Español:** debe ser conciso y breve que resuma el espíritu del trabajo y escrito en minúsculas excepto (i) la primera letra de la palabra que da comienzo al título y (ii) nombres o palabras condicionadas por distintas razones expuestas en las normas de la nueva edición de la Ortografía de la lengua española
- **Título en Inglés:** Debe tener correlación con lo escrito en español
- **Autor(es):** La identificación de los autores debe hacerse de la siguiente manera: Apellido (si publica con dos apellidos, separarlos con un guión), seguido del nombre completo del autor, separando con coma cada coautor.
- **Dirección(es):** Deberá escribirse la dirección institucional completa de los autores y coautores, con la mayor precisión posible (siglas de la institución, dirección geográfica, ciudad, país). Indicar también la dirección electrónica de correspondencia al autor.

- **Resumen:** No deberá exceder de 250 palabras y deberá incluir: objetivos, materiales y métodos, resultados relevantes u observaciones originales y conclusiones. No debe contener referencias ni ser estructurado.
- **Abstract:** Su contenido deberá ajustarse a lo planteado en el resumen. Si el autor no está capacitado en el inglés es importante consultar con un especialista, para evitar las modificaciones considerables.
- **Palabras Clave en Español:** Se incluirá el número de palabras necesarias para identificar el contenido del texto. Colocar de 3 a 6 palabras claves o frases cortas que ayuden a la clasificación del artículo. Se recomienda que las palabras claves sean diferentes al título.
- **Palabras Clave en Inglés:** Debe ser la traducción de las escritas en español.
- **Introducción:** Contendrá esencialmente aspectos generales, incluyendo finalmente los objetivos claros y concisos. El total de la introducción no debe exceder de dos páginas y media.
- **Materiales y Métodos:** Los autores deberán indicar el material y equipos, señalando marca y modelo (ciudad y país entre paréntesis y separados por una coma) cuando se considere relevante. Los estudios con humanos deben indicar la descripción del material utilizado, de acuerdo con el tratado de Helsinki y siguiendo las normas de ética y bioseguridad establecidas por FONACIT. Establecer el consentimiento de los participantes o de sus representantes, para utilizar los datos obtenidos en el estudio. Evitar el uso de nombres, iniciales o número de historias de los centros de salud. Aquellas investigaciones donde se utilicen animales, deben seguir los lineamientos de cuidado y uso de animales de laboratorio.  
En relación a los métodos, debe hacerse una descripción breve de las técnicas empleadas para la consecución de los objetivos, en caso que sean utilizadas de rutina y lo suficientemente conocidas puede hacerse la cita bibliográfica. Es imprescindible especificar el análisis estadístico utilizado cuando se trabaje con muestras humanas o cuando se requiera para la comparación de resultados. También es conveniente indicar el tipo de programa de computación utilizado para el procesamiento de los datos.
- **Resultados:** Deberán ser claros y precisos. Escritos en pretérito o participio pasado, en una secuencia lógica en el texto. Se debe enfatizar sólo las observaciones importantes. De ser posible, utilizando recursos tales como: tablas y figuras (fotografías, esquemas, microfotografías, diagramas, esquemas, dibujos, etc).
  - Tablas: Las tablas deben ir numeradas (Tabla 1) en forma secuencial utilizando números arábigos, contener un título descriptivo ubicado en la parte superior y no deben llevar líneas, más que las suficientes para la elaboración de la tabla. Las notas referentes a lo expresado en la tabla deben aclararse al final de ella, colocando los símbolos correspondientes.
  - Debe tenerse claro que los decimales escritos en inglés se separan con punto y en español o portugués con coma, incluir sólo los dígitos significativos.
  - Figuras: Deben ser numeradas en arábigos, con el título al pie de la figura (Fig. 1) y contener la información que permita su comprensión.
  - Fotografías: deben ser a color, en formato JPEG con una resolución mínima de 300 dpi que conserve una nitidez adecuada. Se debe indicar la magnificación de las microfotografías. La leyenda debe ir en la parte inferior de la foto.
- **Discusión:** Debe estar escrita en forma concisa y que facilite la comprensión y asimilación de los resultados. Es necesario hacer énfasis en los aspectos nuevos e importantes del estudio y relacionar los resultados obtenidos con los reportados en otras investigaciones.
- **Conclusión(es):** Deberán (en el caso de ser varias) ir enumeradas y corresponderán a las expectativas dilucidadas en la introducción. Evite hacer un resumen de los resultados.
- **Agradecimientos (prescindible):** Los autores podrán expresar de manera breve, palabras de agradecimiento a instituciones y/o a personas que contribuyeron al logro del trabajo.

- **Referencias citadas en el texto:** Todas las citas hechas en el texto deben ser incluidas en las referencias bibliográficas. Para citarlas en el texto se usará el apellido y el año de los autores o autores de las referencias bibliográficas. Por ejemplo:
  - i) Según Lozano (2010) indica que los bosques...;
  - ii) Biodiversidad del Ecuador es un recurso estratégico que hay que conservarlo (Aguirre *et al.*, 2011; Zury, 2012); y,
  - iii) Los productos forestales no maderables son recursos que pueden aprovecharse independientemente de la madera, los que es sustentado por López (2009). Sin embargo, no han sido valorados hasta la fecha...
- **Bibliografía:** Deben ser presentadas en orden alfabético, siguiendo las normas internacionales ISO. Por ejemplo:
  - Trejos, S. y Platen, H. 1995. Sombras maderables para cacaotales; aspectos económicos. CATIE: Serie Técnica. Informe Técnico No. 266. Turrialba, Costa Rica.
- **Normas de Nomenclatura:** Se recomienda a los autores tener en cuenta las Normas del Sistema Internacional de Medida (SI), tanto para la escritura de plantas, microorganismos y parásitos; como en símbolos, unidades y abreviaturas.
- Letra Arial, tamaño 11, interlineado 1.5, márgenes 2.5.

### Procedimiento para la recepción y evaluación de artículos científicos

Presentar el artículo mediante comunicación escrita dirigida al Editor Responsable de la revista "*Bosques...latitud cero*", Ing. Héctor Maza Chamba, en soporte digital (Word) y dos copias impresas, adjuntando hoja de vida del autor responsable (en digital).

En la comunicación escrita el autor debe expresar que conoce y acepta la política editorial de la revista "*Bosques...latitud cero*", y cede todos los derechos de reproducción y distribución del artículo. La comunicación podrá remitirse vía digital con la firma escaneada del autor o autores.

### Protocolo de recepción y evaluación de textos

- Se confirma la recepción del documento a los autores.
- El Consejo editorial verifica si el documento es pertinente con la temática de la revista y cumple con las características mínimas solicitadas en esta guía, entonces decide si envía a evaluar.
- Si el documento no es aceptado para la evaluación se informa a los autores las razones.
- Cuando un artículo no es aceptado para la evaluación pero es pertinente para la revista, se invita a los autores a un resometimiento del mismo.
- Si el documento es aceptado para evaluación, se contacta a expertos en el tema del banco de evaluadores de la revista y se analiza la solicitud de evaluación.
- Los árbitros evalúan y analizan sus observaciones. Estos desconocen los nombres de los autores y viceversa (revisión a doble ciego).
- En base a los resultados de las evaluaciones, el documento:
  - Se rechaza para publicación,
  - Se debe corregir y enviar nuevamente para evaluación,
  - Debe corregirse y no se requiere nuevamente su evaluación, o
  - Se acepta para publicación.
- Cuando se requiere correcciones, los autores las aceptan. Luego, retornan su documento al Coordinador Editorial. En caso de no aceptar las correcciones, el autor debe explicar y defender su tesis científica.
- El Consejo Editorial verifica el cumplimiento de las observaciones. Entonces se acepta o no su publicación.

- Si el documento no es aceptado para evaluación, se informa a los autores las razones.
- Si el artículo es aceptado para publicación, el autor debe realizar correcciones de estilo, si fuera el caso.
- El Coordinador Editorial revisa la versión final, corrige y envía la autor, corresponsal para su aprobación final.
- El Consejo Editorial informará al autor del resultado de la evaluación en periodo no superior a dos meses, por intermedio del Coordinador Editorial de la revista.
- Si un artículo, una vez aprobado para su publicación, no puede ser publicado en alguno de los próximos dos números de la revista, el Coordinador Editorial comunicara al autor la razón de la demora.

### ***Del autor***

- Al someterse un documento, el o los autores, aprueban la publicación en papel y/o electrónicamente de su obra en la revista "*Bosques...latitud cero*", en caso de ser aprobado por los arbitro y el Consejo Editorial. Además, ceden sus derechos a la revista.
- Se entiende que el autor que envía un artículo actúa de buena voluntad en representación de todos los autores del documento, y expresa la responsabilidad solidaria de la originalidad del trabajo presentado.
- Al realizar el envío de un artículo al Coordinador Editorial de la revista, los autores se comprometen a no presentarlo simultáneamente a otra publicación, a menos que sea rechazado.
- La revista "*Bosques...latitud cero*" no asume responsabilidad legal por efectos de la aplicación de los contenidos publicados, que pueden resultar en daños a propiedades, personas naturales o jurídicas, etc.
- Una vez sea aprobado el artículo para publicación, el autor hará entrega de su material en el formato requerido por la revista.

# Bosques

*...latitud cero*



---

***La revista forestal y agroforestal del Ecuador***