

# BOSQUES

Volumen 8. No 2 2018

## Latitud Cero

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

ISSN 2528-7818

ISSN 1390-3683

***Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur del Ecuador***

***Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales al sur del Ecuador***



Con la participación de:



# COMITÉ EDITORIAL

**Zhofre Aguirre Ph.D.**

Director General

*Facultad Agropecuaria y de  
Recursos Naturales Renovables*

**Napoleon López Tandazo, MCF .**

Editor Responsable

*Facultad Agropecuaria y de  
Recursos Naturales Renovables*

**Nikolay Aguirre Mendoza Ph.D.**

Editor Ejecutivo

*Facultad Agropecuaria y de  
Recursos Naturales Renovables*

## Dirección Electrónica

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

## CONSEJO EDITORIAL

PhD Jan Barkmann Georg-August

*Universität Göttingen, Germany*

PhD Byron Maza Rojas

*Universidad Regional Amazónica- IKIAM,  
Ecuador*

PhD Ali Saleh

*Instituto de Texas-TIAER, Tarleton State  
University*

PhD. Tania Delgado Cueva

*Universidad Nacional de Loja*

PhD. Alberto Julca Otiniano

*Universidad Nacional Agraria La Molina -  
Perú*

PhD. Mario Añazco Romero

*Universidad Técnica del Norte*

MSc. José Alberto Oaillacar Silva

*Universidad de Los Lagos, Chile*

MSc. Víctor Eras Guamán

*Universidad Nacional de Loja*

MSc. Vinicio Alvarado Jaramillo

*Universidad Nacional de Loja*

MSc. Jaime Santín Calvaa

*Universidad Nacional de Loja*

MSc. Byron Palacios Herrera

*Universidad Nacional de Loja*

MSc. Johana Muñoz Chamba

*Universidad Nacional de Loja*

Ing. Vladimir Placencia

*Ministerio del Ambiente Ecuador*

Ing. Juan Maita Chamba

*Universidad Nacional de Loja*

# EDITORIAL

*No se puede conservar lo que no se conoce!*

El interés despertado a nivel nacional e internacional sobre la creación de una Xiloteca con las maderas del Ecuador, propuesta generada desde la Red de Carreras de Ingeniería Forestal RACIFOR y el Ministerio del Ambiente a través de la Dirección Nacional Forestal, permiten dar a conocer parte de lo que la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja viene impulsando con miras a concretar este proyecto investigativo con una visión de largo plazo y alcance nacional.

Una biblioteca es una colección de libros, una xiloteca es una colección de maderas (xylos = madera), su visión y desarrollo en el largo plazo hace que abreviadamente esta propuesta se resuma en “Xiloteca Nacional” que es como se ha identificado; sin embargo, hay que destacar que es un proyecto de carácter investigativo orientado a fortalecer el manejo forestal sustentable, basado en que no se puede conservar lo que no se conoce.

La xiloteca es el muestrario físico, el respaldo a la información generada y que progresivamente se irá incrementando para maderas de bosque seco, andino y trópico húmedo con la participación de investigadores, docentes y estudiantes de las diferentes carreras de Ingeniería Forestal del país.

En una primera fase se realizará el estudio de maderas del bosque húmedo tropical que comprende características anatómicas macro y microscópicas, permitiendo la identificación real que generará las características sobresalientes en una ficha técnica que facilitará la verificación a los técnicos que realizan el control forestal. Se harán estudios dendrocronológicos de las especies condicionadas y otras de prioridad para el MAE, a fin de conocer el turno biológico de corta, hoy asumido según normativa. Se realizarán ensayos de propiedades físico.-mecánicas, generando parámetros para toma de decisiones en el uso que puede darse a la madera y ampliar la productividad del bosque, actualmente se hace una explotación selectiva que no llega al 30 % de especies existentes en el bosque. Todo esto se complementa con trabajabilidad de la madera que son características básicas de procesamiento para diferentes usos con lo cual se aspira mayor aprovechamiento y reducción de residuos mediante capacitación a productores locales, que desperdician el 50 % de madera que representa miles de m<sup>3</sup> anuales en residuos. Finalmente se incursiona en componentes químicos de la madera un campo aún no explotado y que al igual que la madera se aprovecha únicamente la celulosa principal componente dejando de lado otras aplicaciones.

Por lo expuesto y con la finalidad de generar toda esta información en una base digital que estará a disposición del público y, que es lo medular del proyecto, se montará laboratorios para anatomía, dendrocronología, propiedades físico-mecánicas, química de la madera y trabajabilidad, donde en forma integral se trabaje en equipo a fin de facilitar procesos, ahorrar tiempo y recursos.

Aspiramos que la gestión iniciada tenga el apoyo y respaldo desde diferentes sectores, invitamos a investigadores en sus artículos puedan comentar y sumarse a esta iniciativa, a nuestros lectores reforzar en diferentes foros la necesidad de conocer las especies maderables, pues su procesamiento sigue siendo el menos contaminante frente a otros materiales de construcción como el acero hasta diez veces más emisiones de CO<sub>2</sub>, o el hormigón hasta cinco veces más que la madera, además de mantener almacenado el CO<sub>2</sub> y permitir una nueva captura si hay reposición del bosque.

Napoleón López.

# ÍNDICE

Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur del Ecuador. Shirley Agila, Angélica Burneo, Luis Narváez y Darwin Pucha-Cofrep	1
Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador Barrera-Jiménez Estefanía, Castro-Veintimilla Josué, Muñoz-Chamba Darwin y Pucha-Cofrep Darwin	16
Caracterización de los sistemas de producción agrícola bajo el canal de riego Peribuela provincia de Imbabura, Ecuador. Juan Pablo Aragón, Marcelo Albuja, Alex Erazo y José Guzmán	30
Caracterización de fincas productoras de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador Vicente Anzules Toala, Ricardo Borjas Ventura,, Viviana Castro Cepero y Alberto Julca Otiniano	39
Regeneración natural en zonas alteradas e identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca del río Jipiro, Loja, Ecuador Amparito Lima Ramirez, Jorge Armijos, Nelson Jaramillo y Jaime Peña	51
<i>Alnus acuminata</i> kunth: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono Aulestia-Guerrero Edgar, Jiménez Leticia, Quizhpe-Palacios José y Capa-Mora Daniel	64
Evaluación de la calidad de los suelos de sistemas frutícolas de la Zona Central de Chile Chuncho Carlos Guillermo y Eduardo Arellano	75
Evaluación de la calidad de las riberas en cuencas prioritarias del cantón Loja, provincia de Loja, Ecuador Fanny Morocho, Jaime Ramiro Santin, Leire Ruiz, Vinicio Alvarado y Eduardo Rengel	91
Análisis bibliométrico de las tesis de ingeniero forestal de la Universidad Nacional de Loja, 2013-2017 Chamba-Herrera Leonardo	107
Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja Aguirre Padilla Nathalie, Johanna Alvarado Espejo y Julio Granda Pardot	118

# INDEX

Physical properties and wood anatomical characteristics of three species of Guayacán in southern Ecuador Shirley Agila, Angélica Burneo, Luis Narváez y Darwin Pucha-Cofrep	1
Anatomical variability of wood in four forest species of different provenances south of Ecuador Barrera-Jiménez Estefanía, Castro-Veintimilla Josué, Muñoz-Chamba Darwin y Pucha-Cofrep Darwin	16
Characterization of agricultural production systems under the irrigation channel Peribuela province of Imbabura, Ecuador Juan Pablo Aragón, Marcelo Albuja, Alex Erazo y José Guzmán	30
Characterization of cocoa ( <i>Theobroma cacao</i> L.) producing farms in Santo Domingo of the Tsáchilas, Ecuador Vicente Anzules Toala, Ricardo Borjas Ventura,, Viviana Castro Cepero y Alberto Julca Otiniano	39
Natural regeneration in altered areas and identification of potential forest species for water recovery in the microbasin of Jipiro river, Loja, Ecuador Amparito Lima Ramirez, Jorge Armijos, Nelson Jaramillo y Jaime Peña	51
<i>Alnus acuminata</i> kunth: an alternative of reforestation and fixation of carbon dioxide Aulestia-Guerrero Edgar, Jiménez Leticia, Quizhpe-Palacios José y Capa-Mora Daniel	64
Evaluation of soil quality of fruit systems in the Central Zone of Chile Chuncho Carlos Guillermo y Eduardo Arellano	75
Assessment of the riparian quality in priority watersheds of Loja canton, Loja Province, Ecuador Fanny Morocho, Jaime Ramiro Santin, Leire Ruiz, Vinicio Alvarado y Eduardo Rengel	91
Ibibliometric analysis of forestry engineer thesis of the National University of Loja, 2013-2017 Chamba-Herrera Leonardo	107
Ecosystem goods and services from the dry forests of the province of Loja Aguirre Padilla Nathalie, Johanna Alvarado Espejo y Julio Granda Pardo	118

# Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur de Ecuador

## Physical properties and wood anatomical characteristics of three species of Guayacán in southern Ecuador.

Shirley Agila<sup>1\*</sup>  
Angélica Burneo<sup>1</sup>  
Luis Narváez<sup>1</sup>  
Darwin Pucha-Cofrep<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja – Ecuador.

<sup>2</sup> Laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de Maderas Tropicales, Universidad Nacional de Loja, Loja -Ecuador

\*Autor para correspondencia: saagilar@unl.edu.ec

Recibido: 11/09/2018

Aprobado: 20/11/2018

### RESUMEN

El estudio se realizó en el bosque seco del sur de Ecuador, en los sectores Mangahurco, Nueva Fátima y Santa Lucía. Se estudiaron tres especies: *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, y *Handroanthus serratifolius*. Probetas de madera fueron obtenidas del fuste de árboles individuales considerando características biogeográficas del sitio, y parámetros dasométricos. De cada probeta se determinó las características organolépticas, macroscópicas, y microscópicas de la madera. Existe transición abrupta entre el color del duramen (marrón) y la albura (marrón amarillento) de las tres especies. Se encontraron notables diferencias en las características de la madera, *H. chrysanthus* del sector Nueva Fátima presentó valor más alto de contenido de humedad (18,54 %) y no mostró contracciones de su madera, mientras que *H. serratifolius* tiene mayor densidad básica. Respecto a las características anatómicas la mayoría de especies mostraron parénquima axial de tipo paratraqueal, confluyente, unilateral paratraqueal y en bandas finas, así como reticulado y escaliforme, y placas de perforación simples con punteaduras intervasculares poligonales alternas. *H. billbergii*, presentó fibras con pared celular muy gruesas, y *H. chrysanthus* de Nueva Fátima mostró células de tipo fusiforme de ocho células por hebra de parénquima. Una notable diferencia se observó en los radios, donde *H. chrysanthus* y *H. serratifolius* presentaron radios de 1 a 3 series, y *H. billbergii* fue la única que mostró radios exclusivamente uniseriados, elemento clave para la diferenciación de especies forestales a través de una muestra de madera. Por lo tanto, este estudio sienta las bases para la identificación de especies forestales a través de sus características microscópicas y anatómicas de la madera, especialmente las de alto valor comercial al sur de Ecuador..

*Palabras clave:* Guayacán, *Handroanthus chrysanthus*, *billbergii*, *serratifolius*, propiedades físicas, anatomía madera.

## ABSTRACT

The study was realized in the dry forest of southern Ecuador, in the Mangahurco, Nueva Fatima and Santa Lucia sectors. Three species were studied: *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus billbergii*, and *Handroanthus serratifolius*. Wooden test tubes were obtained from the shaft of individual trees considering biogeographic characteristics of the site, and dasometric parameters. In each test tube the organoleptic, macroscopic and microscopic characteristics of the wood were determined. The results showed an abrupt transition between the color of the heartwood (brown) and the sapwood (yellowish brown) of the three species. There were notable differences in the characteristics of the wood, *H. chrysanthus* of the Nueva Fátima sector presented the highest value of moisture content (18,54 %) and did not present contractions of its wood, while *H. serratifolius* presented the highest density basic. Respect to the anatomical characteristics, most species showed axial parenchyma of paratracheal type, confluent, unilateral paratracheal and in thin bands, as well as reticulated and escali-form, and simple perforation plates with polygonal alternating intervessel pits. *H. billbergii*, presented fibers with very thick cell walls, and *H. chrysanthus* from Nueva Fátima showed spindle-like cells of eight cells per strand of parenchyma. A notable difference was observed in the radios, where *H. chrysanthus* and *H. serratifolius* presented radios from 1 to 3 series, and *H. billbergii* was the only one that showed exclusively uniseriate radios, a key element for the differentiation of forest species through a wood sample. Therefore, this study provides the basis for the identification of forest species through their microscopic and anatomical characteristics of wood, especially those of high commercial value in southern Ecuador.

*Key words:* Guayacan, *Handroanthus chrysanthus*, *billbergii*, *serratifolius*, physical properties, wood anatomy.

## INTRODUCCIÓN

La madera ha sido utilizada durante mucho tiempo como material para la construcción (Villalba, 2010), y en la actualidad su mayor demanda incrementa su valor comercial. así tenemos que para Zapater *et al.*, (2009) las regiones tropicales y subtropicales son los sitios que albergan especies de altísimo valor comercial y ecológico, como es el caso de *Handroanthus* sp. (Guayacán). Sin embargo, el uso correcto de la madera requiere del conocimiento de sus características anatómicas y de sus propiedades físicas y mecánicas. Por lo tanto, es de vital importancia conocer la anatomía de maderas a nivel macro y microscópico. De los autores más relevantes que han trabajado en anatomía de la madera con éste género *Handroanthus* los últimos años son González (2013), Grose y Olmstead (2007), Leonardi *et al.*, (2002), León (2007), Zapater y Lozano (2008), y anteriormente Corothie (1948), Kribs (1950) y Pérez (1987). Además, estudios sobre determinación de las propiedades fisico-mecánicas de la madera se reflejan en trabajos de Barghoorn *et al.* (1967), Morris y Rey (1974), y Grande y Polanco (2007).

*Handroanthus* tiene una amplia distribución geográfica y alto valor comercial a lo largo de la Costa, Andes y Amazonia ecuatoriana, lo que ha generado a lo largo del tiempo, sea aprovechada a niveles extremos (Aguirre *et al.* 2015).

El guayacán es un árbol importante para nuestra región y principalmente para la provincia de Loja. Según (Aguirre, 2015) en Loja crecen dos especies de “guayacán”: *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose y *Handroanthus billbergii* (Bureau y Schum.) S. O. Grose, cuyas poblaciones se han recuperado principalmente por acciones de manejo, distribuyéndose en tres áreas: (1) en áreas con baja abundancia entre las poblaciones de Macará y Zapotillo; (2) áreas de abundancia media entre La Ceiba, Paletillas, El Chilco-Totumos; y (3) en las parroquias con alta presencia. Estas especies poseen gran importancia económica, social y ambiental; en la actualidad mejoran el turismo de los sitios donde se encuentran, debido a su florecimiento siendo un espectáculo atractivo que se difunde a nivel nacional e internacional (Aguirre, 2015). Por lo tanto, el propósito de esta investigación es generar información primaria para identificar mediante las características anatómicas y propiedades físicas de la madera las diferencias que existen entre las tres especies del género *Handroanthus* en la región sur de Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Múltiples muestras fueron recolectadas en la región sur de Ecuador en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe (Figura 1) de acuerdo a la siguiente descripción:

La muestra 1 de la especie *H. chrysanthus* se colectó el 4 de noviembre del 2017 de un árbol de vitalidad regular, sin copa, ubicado en el bosque piemontano del sitio Lubuzhco, parroquia Nueva Fátima, cantón Sozoranga, en las coordenadas 612728.1 longitud W y 9528749.5 latitud S, altitud de 1540 m.s.n.m., pendiente de 11 grados, temperatura promedio anual de 21,9 °C y precipitación media anual de 1 123 mm.

La muestra 2 de la especie *H. chrysanthus* se colectó el 27 de noviembre del 2017 de un árbol con copa suprimida, de 13 m de altura y de buena vitalidad en el sitio vía a Totoras, parroquia Mangahurco, cantón Zapotillo, ubicado en las coordenadas 562226 longitud W y 9540040 latitud S, altitud de 356 msnm, pendiente de 4 grados, temperatura promedio anual de 24,3 °C y precipitación media anual de 721 mm. La muestra 3 de la especie *H. billbergii* se colectó el 26 de noviembre del 2017 de un árbol con copa suprimida, de 6 m de altura y de buena vitalidad en el sitio El Corral, parroquia Mangahurco, cantón Zapotillo, ubicado en las coordenadas 562320 longitud W y 9540364 latitud S, altitud de 339 m.s.n.m., pendiente de 6 grados, temperatura promedio anual de 24,3 °C y precipitación media anual de 721 mm. La muestra 4 *H. serratifolius* se colectó el 22 de mayo del 2018 de un árbol de copa regular, de 30 m de altura de vitalidad regular en el sector Santa Cecilia, cantón Paquisha ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, ubicado en las coordenadas 763684 longitud W y 9565474 latitud S, altitud de 1427 m.s.n.m., pendiente de 30 grados, temperatura promedio anual de 22,6 °C y precipitación media anual 161 mm.



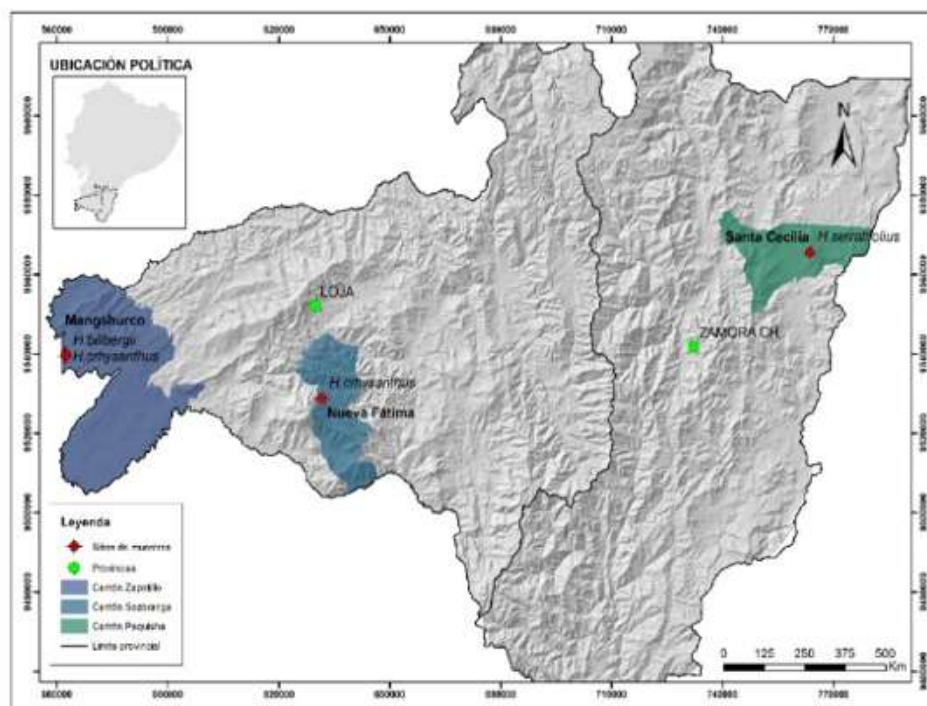


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de sitios de colección de las muestras de madera en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe.

### Colección de muestras y análisis de laboratorio

Se colectó cuatro ramas de 5 cm longitud x 0,5 cm de diámetro y una rama de 50 cm de longitud x 15 cm de diámetro, de la cual se cortó dos piezas grandes (tablilla 1 y 2) de 20 x 10 x 2,5 cm en sentido tangencial y radial, cuatro piezas medianas (rectangular 1, 2, 3 y 4) de 10 x 5 x 5 cm y una sección transversal (rodaja) de 5cm de espesor de la que se extrajo cinco cubos de 1 x 1 x 1 cm. A cada probeta se le dio un acabado con lija de grano número 60, 100, 180, 240 y 360, en ese orden, hasta que se obtuvo una superficie óptima para observar características propias de cada especie.

Una vez obtenidas las muestras se determinó características macroscópicas tales como: volumen, densidad, humedad, contracción, características organolépticas y en la sección transversal o rodaja: anillos de crecimiento, transición de duramen a albura, color, diámetro total, ancho de duramen, albura y corteza. Finalmente, en las probetas rectangulares el sabor, olor, color, textura, brillo, peso, veteado o figura y grano.

Previo al análisis de las características microscópicas se realizó un proceso que consistió en cocer los cubos durante 45 minutos, con la finalidad de ablandarlos debido a la alta densidad que presenta la madera de estas especies, a continuación, de este proceso, se usó el micrótopo y se procedió a realizar los tres cortes en los planos transversal, tangencial y radial. En cada una de las muestras se colocó una gota de tinte compuesto por Astrablau, Safranina y Acido tartárico dejando actuar por 12 minutos, finalmente se procedió a quitar el tinte sobrante con agua destilada y alcohol al 50 %, 90 % y 96 %.

Las muestras se colocaron en portaobjetos y se aplicó bálsamo de Canadá con el fin de preservarlas. Para el proceso de secado de las muestras, se colocó en la estufa a 60 °C aproximadamente 24 horas y se realizó el etiquetado correspondiente. El registro fotográfico digital se realizó con el microscopio utilizando el programa Infinity Analyze, usando lentes de 4x, 10x y 20x. Esta base fotográfica permitió hacer un conteo del número de vasos en la muestra transversal, trazando un cuadro de 1 cm<sup>2</sup>, haciendo 10 repeticiones, además se midió el largo de los vasos en 25 repeticiones. Para visualizar el tipo de punteaduras de acuerdo a la lista AIWA y realizar las mediciones se colocó una placa de corte tangencial en el microscopio con el lente 20x.

## RESULTADOS

### Propiedades físicas de la madera

Las variaciones de peso y volumen cambiaron de acuerdo a los estados en los que se encuentra la madera en verde, seca y en equilibrio con el ambiente en relación a cada una de sus dimensiones. Las probetas en estado seco de *H. billbergii* y *H. chrysanthus* de Mangahurco mostraron notablemente una disminución en sus medidas comparadas con las del estado verde y en equilibrio con el ambiente; mientras en *H. chrysanthus* de Sozoranga no se registraron variaciones en su estado de equilibrio, pero sí en verde. En cuanto a *H. serratifolius* sus medidas en verde y en equilibrio no variaron significativamente en alto y ancho, pero en el largo existieron claramente reducción en sus medidas, mientras que en seco no presentaron variación en sus dimensiones. Tanto el peso como el volumen variaron de acuerdo al estado de la madera en cada una de las especies. Por otra parte, las muestras de las especies colectadas presentaron colores oscuros como marrón y aceituna, sabor amargo, olor aromático, madera pesada y grano recto (Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades organolépticas de la madera de guayacanes

Propiedades o Características	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i>	<i>H. billbergii</i> (Mangahurco)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
Sabor	Amargo	Amargo	Amargo	Ácido
Olor	Aromático	Aromático	Aromático	Aromático
Color en verde	7.5YR – 5/2 Marrón	2.5Y-5/4 Marrón aceituna	2.5Y-7/8 Amarillo aceituna	10.0 YR 5/4 Marrón amarillento
Color en seco	5.0GY – 7/2 Gris verdoso claro	7.5Y-7/2 Gris oscuro	5.0GY-7/2 Gris oscuro	10.0 YR 5/6 Marrón amarillento
Textura	Media	Media	Media	Fina
Brillo	Alto	Bajo	Medio	Alto
Peso	Pesada	Pesada	Pesada	Pesada
Veteado o figura	Arcos superpuestos, bandas paralelas	Arcos superpuestos, bandas paralelas	Arcos superpuestos, bandas paralelas	Bandas paralelas, arcos superpuestos, jaspeado
Grano	Recto	Recto	Recto	Entrecruzado

El contenido de humedad para la muestra de *H. chrysanthus* de Sozoranga tuvo 18,54 %, *H. chrysanthus* de Mangahurco 42 %, *H. billbergii* 40% y para *H. serratifolius* 26,76 %. La densidad básica mayor se encontró en la especie *H. serratifolius* con 1,00 %, *H. billbergii* 0,85 %, *H. chrysanthus* de Sozoranga 0,81 % y *H. chrysanthus* de Mangahurco 0,79 %. En cuanto a las contracciones de la madera se determinó de cuatro tipos que son: longitudinal, tangencial, radial y volumétrica destacándose en *H. chrysanthus* de Mangahurco la contracción volumétrica con 26,22 %, seguido de *H. billbergii* 19,24 %, *H. serratifolius* 14.81 % y *H. chrysanthus* de Sozoranga 0,11 % (Tabla 2).

Tabla 2. Propiedades físicas de la madera de guayacanes

Propiedad o característica	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i> (Mangahurco)	<i>H. billbergii</i> (Mangahurco)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
Contenido de humedad [%]	18.54	42	40	26.76
Densidad en verde [g/cm <sup>3</sup> ]	0.96	1.132	0.93	1.27
Densidad en equilibrio [g/cm <sup>3</sup> ]	1.20	1.89	1,65	1.15
Densidad anhidra [g/cm <sup>3</sup> ]	0.84	1.11	1.04	1.14
Densidad básica [g/cm <sup>3</sup> ]	0.81	0.79	0.85	1.00
Contracción longitudinal [%]	0	1.96	0.87	0.24
Contracción tangencial [%]	0	13.04	8	0.22
Contracción radial [%]	0	0	0	0.25
Contracción volumétrica [%]	0.11	26.22	19.24	14.81

### Características microscópicas de la madera

Para las tres muestras de las dos especies, tanto de Sozoranga y Mangahurco se evidenció anillos de crecimiento visibles, anillos con poros difusos, disposición de los vasos en bandas tangenciales y en patrones radiales/diagonales, vasos en grupos radiales de 4 o más, los vasos por milímetro cuadrado fueron mayores o iguales a 100, longitud media de vasos menor o igual a 350 um, y la composición celular de los radios con todas las células procumbentes, mientras que para *H. serratifolius* (Zamora) presentó anillos de crecimiento poco visibles o ausentes, anillos semiporosos, vasos en patrones radiales o diagonales, exclusivamente solitarios, presentó tilosis común, su parénquima axial fue confluyente con un parénquima en bandas axial escaliforme con longitud de hebras de 5-8 células, radios con ancho de 1 a 3 series con altura mayor a 1 mm y el cuerpo del radio con células procumbentes y una sola fila de células verticales y/o cuadradas marginales (Tabla 3).

Tabla 3. Características anatómicas y microscópicas de la madera de acuerdo a la nomenclatura IAWA.

Características	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i> (Mangahurco)	<i>H. billbergii</i> (Mangahuro)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
<b>Anillos de crecimiento</b>				
1. Anillos de crecimiento visibles	X	X	X	
2. Anillos de crecimiento poco visibles o ausentes				X

Características	<i>H. chrysanthus</i> (Sozoranga)	<i>H. chrysanthus</i> (Mangahurco)	<i>H. billbergii</i> (Mangahuro)	<i>H. serratifolius</i> (Zamora)
<b>Vasos</b>				
<b>Porosidad</b>				
4. Anillos semiporosos				X
5. Anillos con poros difusos	X	X	X	
<b>Disposición de los vasos o poros</b>				
6. Vasos (poros) en bandas tangenciales	X	X	X	
7. Vasos (poros) en patrones radiales o diagonales	X	X	X	X
<b>Agrupación de vasos</b>				
9. Vasos (poros) exclusivamente solitarios (90% o más)				X
10. Vasos (poros) en grupos radiales de 4 o más	X	X	X	
<b>Placas de perforación</b>				
13. Placas de perforación simples	X	X	X	X
<b>Punteaduras intervasculares: disposición y tamaño</b>				
23. Forma de Punteaduras poligonales alternas	X	X	X	X
<b>Tamaño de punteaduras intervasculares (alternas y opuestas) *</b>				
25. Pequeño - 4-7 µm	XD			X
26. Medio - 7-10 µm	XA	XD-A		
27. Grande - ≥ 10 µm			XD-A	
<b>Punteaduras vasos-radios</b>				
30. Punteaduras vasos-radios con distintos bordes; similar a las perforaciones intervasculares en forma y tamaño a través de células radiales	X	X	X	X
<b>Vasos por milímetro cuadrado</b>				
49. 40-100 vasos por milímetro cuadrado				X
50. ≥ 100 vasos por milímetro cuadrado	X	X	X	
<b>Albura</b>				
51. Media, +/- Desviación estándar, Rango mínimo	90.96, +/- 8.49, 82.00:106.00	104.43,+/- 8.17, 96.00:123.00, 10	100.90, +/-11.86, 87.00:123.00,10	
<b>Rango máximo</b>				
<b>Duramen</b>				
51. Media, +/- Desviación estándar, Rango mínimo	83.91, +/-14.03, 63.00:103.00,10	93.69, +/-7.87, 80.00:104.00, 10		
<b>Rango máximo</b>				
<b>Longitud media de vasos</b>				
52. ≤ 350 µm	X	X	X	X

<b>Características</b>	<i>H. chrysanthus</i> <b>(Sozoranga)</b>	<i>H. chrysanthus</i> <b>(Mangahurco)</b>	<i>H. billbergii</i> <b>(Mangahuro)</b>	<i>H. serratifolius</i> <b>(Zamora)</b>
<b>Albura</b>				
55. Media, +/- Desviación estándar, Rango mínimo	129.11,+/-54.98, 42.98:227.47, 10	166.37,+/33.29, 83.10:238.01, 10	212.41,+/- 24.52,177.69: 302.71,10	218.22,+/- 53.18, 294,93:116,05
Rango máximo				
<b>Duramen</b>				
55. Media, +/- Desviación estándar, Rango mínimo	90.58,+/-49.58, 24.85:252.18,10	157.50,+/- 32.23,82.16: 212.03, 10	174.42,+/- 41.66,88.85: 230.31,10	
Rango máximo				
<b>Tilosis</b>				
56. Tilosis común				X
<b>Espesor de la pared de fibras</b>				
69. Fibras de pared delgada a gruesa	X	X		x
70. Fibras de paredes muy gruesas			X	
<b>Parénquima axial paratraqueal</b>				
79. Parénquima axial vasicéntrico	X	X	X	
83. Parénquima axial confluyente	X	X		X
84. Parénquima axial unilateral paratraqueal			X	
<b>Parénquima en bandas</b>				
86. Parénquima axial en bandas finas o líneas de hasta tres células de ancho	X		X	
87. Parénquima axial reticulado		X		
88. Parénquima axial escaliforme				X
<b>Parénquima axial por tipo de células / longitud de hebra</b>				
90. Células de parénquima fusiforme		X	X	
93. Ocho (5-8) células por hebra de parénquima	X			X
<b>Radios</b>				
<b>Ancho de radio</b>				
96. Radios exclusivamente uniseriados			X	
97. Radios con ancho de 1 a 3 series	X	X		X
<b>Altura de radio</b>				
102. Radios de altura mayor a 1mm				X
<b>Radios: composición celular</b>				
104. Todas las células procumbentes	X	X	X	
106. Cuerpo del radio con células procumbentes y una sola fila de células verticales y/o cuadradas marginales				X

\*Los valores con D representan el duramen, A representan albura.

Las características que difieren entre especies fueron el parénquima axial, por otra parte, el paratraqueal vasicéntrico-confluyente se encontró en *H. chrysanthus*, mientras que el paratraqueal vasicéntrico-unilateral se encontró en *H. billbergii*. Además, el espesor de fibras se diferenció entre *H. chrysanthus* y *H. billbergii*, puesto que en *H. chrysanthus* las fibras fueron de delgada a gruesa y en *H. billbergii* fueron fibras de paredes muy gruesas. En el parénquima axial por tipo de células existió diferencia de acuerdo a los sitios, para *H. chrysanthus* de Sozoranga Ocho (5-8) células por hebra de parénquima, para *H. chrysanthus* y *H. billbergii* de Mangahurco se vieron células de parénquima fusiforme. Adicionalmente, una diferencia muy notable fue el ancho de los radios, en vista de que se encontró radios exclusivamente uniseriados para *H. billbergii* y radios con ancho de 1 a 3 series para *H. chrysanthus*. La especie de la provincia de Zamora, *H. serratifolius* se diferenció de las otras dos especies debido a que sus anillos de crecimiento fueron poco visibles y semiporosos, además se observó vasos solitarios y presentó tilosis común (ver figuras 2 y 3).

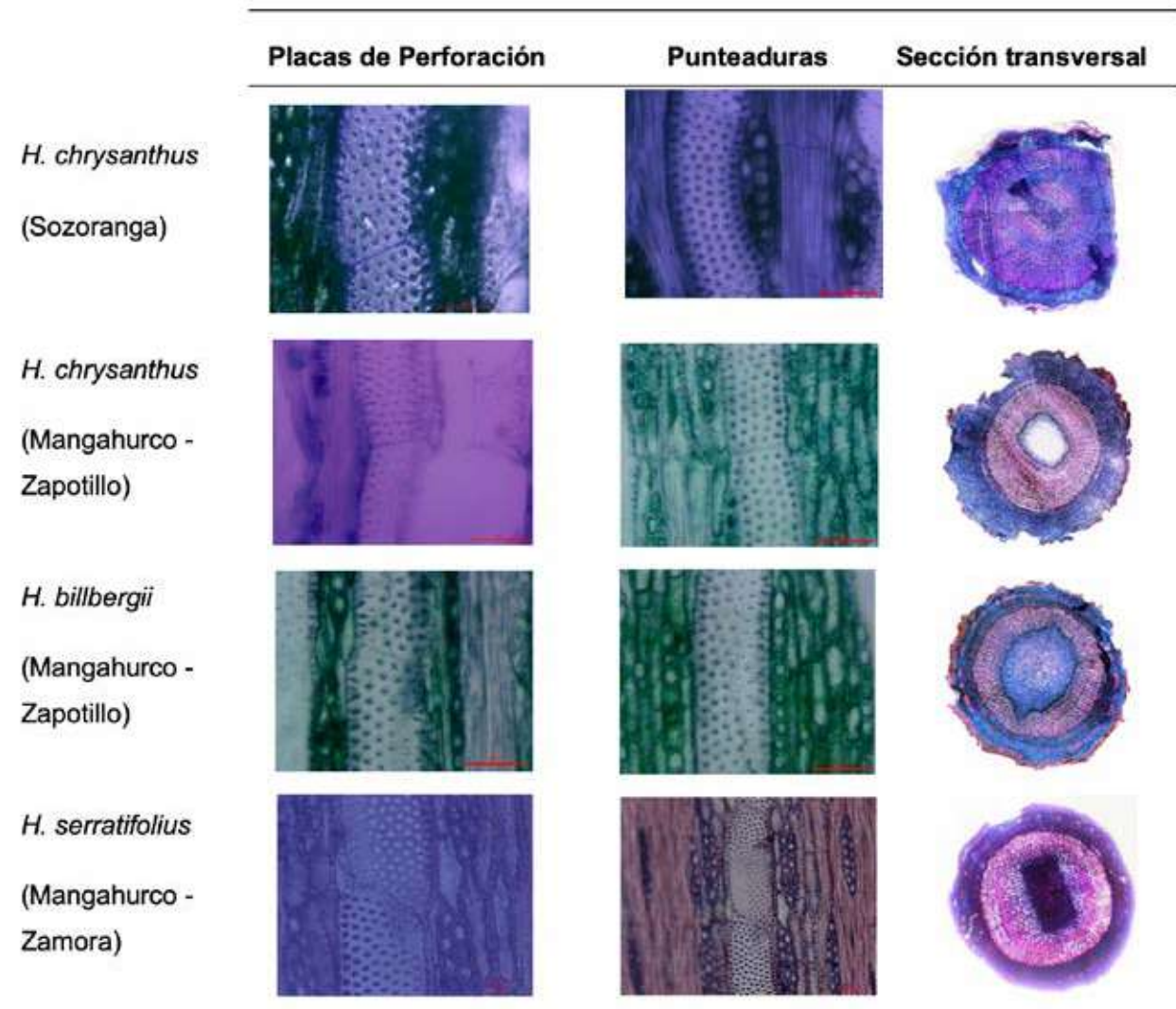


Figura 2. Vista anatómica de la madera donde se muestra el tipo de placas de perforación, punteaduras y un corte transversal de pequeñas ramas.

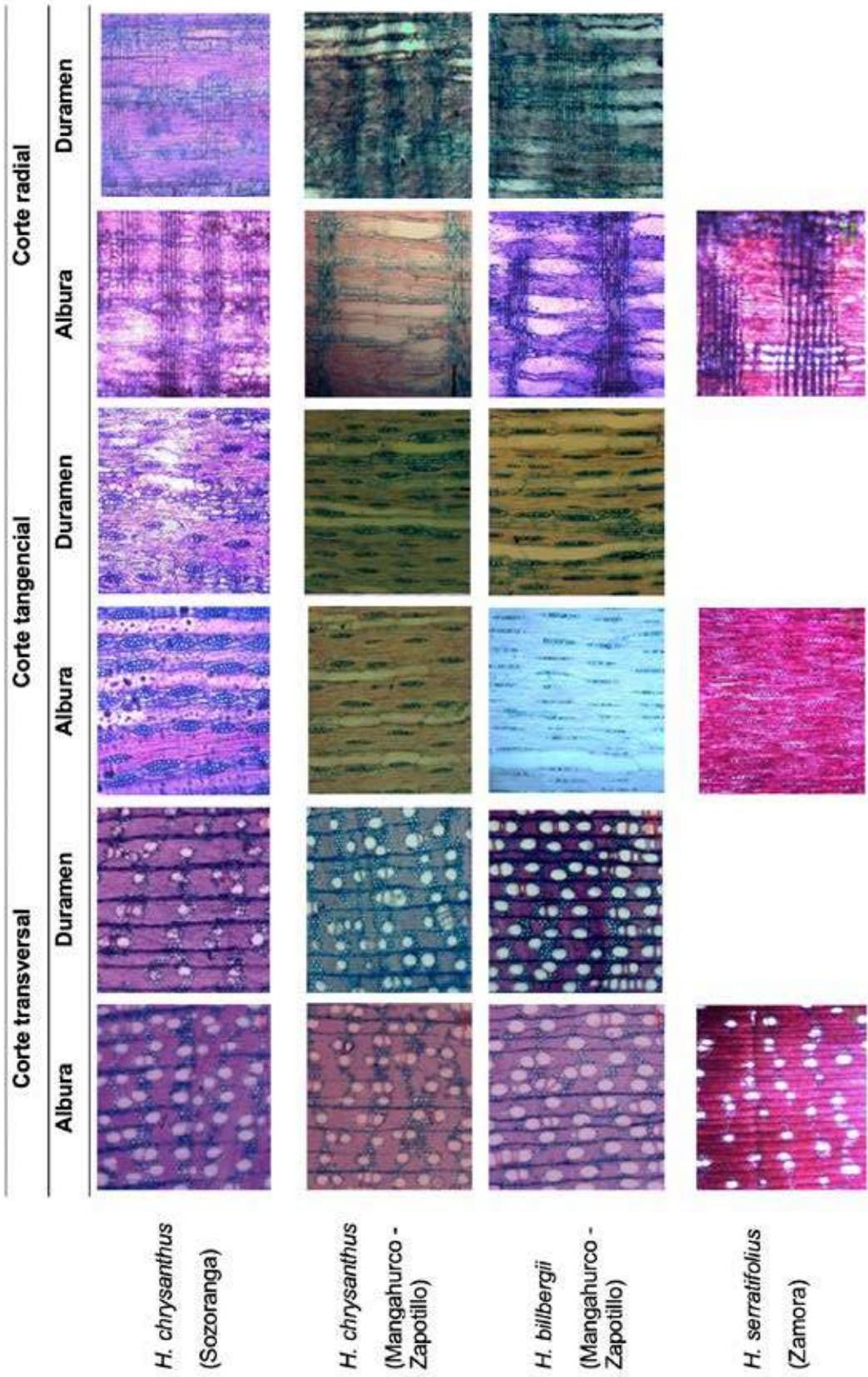


Figura 3. Vista anatómica en los cortes transversal, tangencial y radial de la madera con un lente 10x.

## ■ DISCUSION

Las variaciones de las características físicas y microscópicas se distinguen de acuerdo a la especie y el sitio de origen. Los resultados obtenidos en *H. chrysanthus* son similares a los presentados por León (2007) y Vinueza (2012), quienes al igual que este estudio presentan que la transición entre albura y duramen abrupta, color del duramen marrón oscuro, grano recto a entrecruzado, madera dura y pesada, sin embargo, solamente con Vinueza (2012) concuerda en cuanto a la textura mediana. Lo que difiere con estos autores son algunas propiedades organolépticas, debido a que ellos presentan albura de color amarillo, brillo irregular, sabor y olor ausente. Entre los dos individuos de *H. chrysanthus* de los sitios de Sozoranga y Mangahurco la única característica en cuanto a propiedades organolépticas que difiere es el brillo siendo alto y bajo respectivamente. Según Chavesta (2006), estas diferencias en el brillo de la madera dependen del ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie, de los tipos de células expuestas y, además, la infiltración de sustancias aceitosas o cerosas en el duramen reducen el brillo de la madera. El sabor y olor de la madera depende de las sustancias aromáticas contenidas en el suelo debido a la infiltración que se produce. Según Nutsch (1999) el color depende de los pigmentos contenidos en las células, lignina, celulosa y del grano de mineralización de la madera.

Los resultados obtenidos para las propiedades físicas referente a la densidad en verde de *H. chrysanthus* de Sozoranga (0,96 gr/cm<sup>3</sup>) es similar a los presentados por Vinueza (2012) y Silva (2009) quienes obtuvieron 0,95 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que, en las demás propiedades físicas como la densidad en equilibrio, anhidra y básica fueron muy diferentes a los expuestos por Vinueza (2012), pero con una pequeña variación en los resultados obtenidos por Silva (2009). Las diferencias entre la densidad se deben a características del sitio como el contenido de humedad del suelo, productividad, y densidad del arbolado (Parolin, 2002). En comparación entre los individuos de Mangahurco y Sozoranga el contenido de humedad y la contracción volumétrica presentan gran diferencia, debido a que las precipitaciones son mayores en el bosque piemontano de Sozoranga con respecto al bosque seco, cabe recalcar que *H. chrysanthus* de Mangahurco posee mayor cantidad de vasos, generando mayor absorción y reten de agua que la planta almacena para luego cumplir con sus funciones biológicas, como menciona Rodríguez *et al.*, (2007) y lo confirma esta investigación.

En el trabajo presentado por Silva (2009) se encontró características similares a los de la presente investigación respecto a *H. billbergii* en donde la transición de duramen a albura es gradual, el color en verde es amarillo aceituna y en seco gris oscuro, brillo medio, vetado en arcos superpuestos, sin embargo, en su análisis manifiesta que la madera de esta especie no presenta sabor, olor y textura fina, lo que difiere con lo expuesto en la presente investigación. El tamaño de poros y cantidad de células leñosas definen el tipo de textura en la madera (Chavesta, 2006). En relación al contenido de humedad, densidades y contracciones encontradas en esta investigación para *H. billbergii* son casi el doble que las encontradas por Silva (2009), esto se puede dar por las diferencias climáticas y altitudinales que presentan los dos sitios en comparación.



Los resultados obtenidos respecto a las propiedades organolépticas de *H. serratifolius* concuerdan con los obtenidos por SENA (2012) y León (2014), quien manifiesta que para esta especie la transición de albura a duramen es abrupta, textura fina, brillo alto y grano entrecruzado, sin embargo lo que difiere son las características como el olor, sabor y veteado, esta última característica la diferencia se debe a la disposición, tamaño y abundancia de los elementos constitutivos del leño como añillos de crecimiento, grano, color y parénquima (Chavesta, 2006). Respecto a las propiedades físicas de *H. serratifolius*, muestran que la densidad básica es 1, lo que difiere en el estudio realizado por SENA (2012) quien obtuvo un valor de 0.92 para dicha densidad. Por otra parte, los resultados que presenta SENA (2012) en el análisis de contracciones de la especie *H. serratifolius* son totalmente diferentes a las obtenidas en esta investigación. Estas diferencias se pueden dar debido a la humedad ambiental de los sitios en comparación y la saturación de fibras en la madera.

En cuanto a características anatómicas la especie *H. chrysanthus* del sitio Sozoranga presenta anillos de crecimiento visibles, porosidad difusa, vasos dispuestos en bandas tangenciales y patrones diagonales, grupos radiales, más de 100 vasos por mm<sup>2</sup>, y una longitud media de vasos menor a 350  $\mu$ m, lo cual coincide con el análisis anatómico de la misma especie presentado por León (2014), Pineda, S., León, W., y Valero, S. (2016). Por otra parte, se encontró que para esta especie en lo referente al ancho de fibras y parénquima difieren con los obtenidos por León (2014); pero coinciden en cuanto al tipo de parénquima, tipo de placas de perforación y punteaduras, lo que indica que estas propiedades pueden estar relacionadas a las condiciones ambientales donde se encuentra la especie y que varían de acuerdo al sitio y aún más de país a país. Cabe recalcar que, en comparación con la especie de *H. chrysanthus* del sitio Mangahurco, solamente difiere en el tipo y células de parénquima.

En el caso de *H. billbergii* el análisis anatómico de esta especie presentó características similares a la especie *H. chrysanthus*. Las diferencias notables se encuentran en el ancho de fibra, tipo de parénquima y tipo de radio, lo que concuerda con el estudio de Silva (2009) y difieren considerablemente con el análisis anatómico realizado por Chavesta (2005); diferencias que permiten dar un primer paso para poder identificar esta especie y discriminar de otras especies del mismo género, además estas diferencias se pueden atribuir al hecho de que los presentes estudios fueron realizados en áreas con condiciones climáticas completamente diferentes. De acuerdo a la descripción anatómica de Silva (2009) para esta especie, se encontraron diferencias en cuanto al tipo de placas de perforación y disposición de las punteaduras; en cambio según la plataforma digital "Inside Wood" estos elementos anatómicos son similares a los obtenidos en la presente investigación.

León (2009) y León (2014) mencionan que la especie *H. serratifolius*, presenta anillos de crecimiento no visibles, porosidad difusa, poros sin patrón definido, lo que no concuerda con lo expuesto en la presente investigación; sin embargo, se encontró similitud con la disposición de vasos, placas de perforación, punteaduras, ancho de fibra y tipo de parénquima.

El análisis de estas características realizado en *H. serratifolius* nos permite establecer claras diferencias en relación a las otras dos especies del mismo género, quienes presentan características muy similares, sin embargo, las similitudes encontradas son mínimas, por lo que no suponen un punto clave para la diferenciación entre especies del género *Handroanthus*.

## CONCLUSIONES

La importancia de identificar especies forestales, es esencial para poder establecer planes para su manejo, conservación o la utilización para la trabajabilidad de la madera. Las tres especies que se presentan en este artículo, mostraron notables diferencias entre sí de acuerdo a las características evaluadas a cada especie o al sitio de muestreo.

Las tres especies evaluadas guardan diferencias puntuales entre sí, por lo que se las puede distinguir; las diferencias son importantes por el hecho de pertenecer a una misma familia botánica (Bignoniaceae), estas diferencias facilitan su identificación.

*H. chrysanthus* del sitio Mangahurco y de Sozoranga las características que se evaluaron son similares, esto confirma que se trata de la misma especie, pero las diferencias en el número y longitud de vasos puede estar más influenciadas por las diferencias climáticas y biogeográficas donde crecieron estos individuos, lo cual es un indicador muy importante a tomar en cuenta para determinar el origen de estos individuos. Por otro lado, se puede diferenciar anatómicamente las especies *H. chrysanthus*, *H. billbergii* y *H. serratifolius* mediante las características de espesor de la pared de fibras, parénquima axial paratraqueal, ancho de radios y la agrupación de los vasos.

Las especies de *H. chrysanthus* y *H. serratifolius* se asemejan entre sí en la mayoría de características anatómicas, una diferencia importante es que *H. serratifolius* posee vasos exclusivamente solitarios, pero la especie que muestra más diferencias dentro de esta familia es *H. billbergii* con un espesor de fibras muy gruesas, tejido paratraqueal unilateral, punteaduras grandes y lo más notable es los radios que posee, siendo exclusivamente uniseriados, característica única entre las especies evaluadas.

Del parecido entre las especies *H. chrysanthus* y *H. serratifolius*, se puede justificar por qué anteriormente se los confundía, se tomaba a *H. chrysanthus* como una especie identificada en el Oriente Ecuatoriano y actualmente se identifica a *H. serratifolius*, de ello la importancia de su diferenciación anatómica.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al proyecto de investigación “Determinación de los turnos biológicos de corta para el manejo forestal sostenible al sur de Ecuador” por hacer posible la realización de este estudio. A nuestros compañeros de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja por su ayuda durante el trabajo de laboratorio. A nuestros familiares y todos quienes de una u otra manera nos apoyaron durante este proceso.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Shirley A., Angélica B., y Luis N. realizaron el trabajo en campo, laboratorio, microscopía digital, identificación de características anatómicas y de propiedades físicas, análisis de datos y redacción del artículo. Darwin P. participó en la formulación y asesoramiento de la investigación, así como en la revisión, redacción y correcciones del artículo científico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre- Mendoza Z., Loja A., Solano M, y Aguirre N. (2015). *Especies Forestales más aprovechadas del Sur de Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 128p.
- Aguirre, Zhofre. (2015). Pasado, presente y futuro de los “guayacanes” *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose y *Handroanthus billbergii* (Bureau y K. Schum.) S. O. Grose, de los bosques secos de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*. 22(1): 85-104.
- Barghoorn, W., Cabrera, D. y Alvarado, P. (1967). *Estudio orientativo de algunas propiedades anatómicas y físico -mecánicas de 41 especies maderables de la región Carare – Opón*. Instituto de Investigaciones y Proyectos Forestales y Madereros de La Universidad Distrital. Bogotá, Colombia.
- Corothie, H. (1948). *Maderas de Venezuela*. Ministerio de Agricultura y cría. Universidad de Michigan.
- Chavesta, M. (2005). *Maderas para pisos*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Chavesta, M. (2006). *Separata de capacitación sobre identificación de madera*. Perú. 8-13.
- De Muñiz, G. I. B., y Marchiori, J. N. C. (2009). Anatomía da madeira de duas Bignoniáceas da Floresta Estacional de Misiones– Argentina. *Balduinia*, (18): 20- 25.
- E. (Eds.). (1989). IAWA list of microscopic features for hardwood identification. Repr. *IAWA Journal* 10: 219-332.
- Kribs, D. 1950. *Comercial Foreign Word on the American Market*. Dower Publication. Inc the Pennsylvania State University. New Cork, United States.
- González, A. (2013). *Indumento, nectarios extraflorales y anatomía foliar en Bignoniaceas de la Argentina*.
- Grande, D., Polanco, C. (2007). Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque Alto-Andino en GUASCA, Cundinamarca. *Colombia Forestal*. 10 (20): 180-206
- Grose, S y Olmsted R. (2007). Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s.l. (Bignoniaceae). Department of Biology, University of Washington. *Systematic Botany*, 32 (3): 660-670.
- Ibáñez, C. (2001). *La Madera: Composición, alteraciones y restauración*. Recuperado de: [https://grupos.unican.es/acanto/aep/bolpas/la\\_madera\\_BMVP-2001.htm](https://grupos.unican.es/acanto/aep/bolpas/la_madera_BMVP-2001.htm)
- Leonardi, D., Sapio, O., Gattuso, M. y Gattuso S. (2002). Caracteres morfoanatómicos de la corteza y hojas de *Tabebuia impetiginosa* y *T. heptaphylla* (Bignoniaceae). *Sociedad Argentina de Botánica*. 37 (1-2): 51-61
- León, W. (2007). *Anatomía del Xilema Secundario de 10 especies de la familia Bignoniaceae de Venezuela*. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- León, W. (2009). Anatomía de la Madera y Clave de Identificación para Especies Forestales Vedadas en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 51-62.
- León, W. (2014). *Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela*. Universidad de los Andes, Revista Pittieria.
- Marchiori, J. N. C. (2009). Estudo anatômico da madeira de *Handroanthus pulcherrimus* (Sandwith) S. Grose. *Balduinia*, (19): 10-13.

- Morris, C. y Rey, J. (1974). *Clave macro y micrográfica de catorce (14) maderas colombianas*. Tesis de grado. Ingeniería forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Santafé de Bogotá.
- Nutsch, W. (1999). *Tecnología de la madera y mueble*. Editorial Reverté, S.A.
- Parolin, P. (2002). Radial gradients in wood specific gravity in trees of Central Amazonian Floodplains. *IAWA Journal*. (23): 449-457.
- Pérez, A. (1987). La identificación anatómica de maderas en Latinoamérica. *Acta Botánica Brasiliense*. (2): 291-297.
- Pineda, S., León, W., y Valero, S. (2016). Madera de frondosas: cedro, apamate, curarire y divi, utilizadas en armaduras de cubiertas y carpintería de las viviendas de mampostería del casco histórico de Maracaibo, Venezuela. *Revista electrónica ReCoPar*, (11): 18-38.
- Rodríguez, R., Palacios, H y Lomelí M. (2007). *Estructura anatómica de la madera*. *Ciencia y Desarrollo*. 33 (213): 24-29.
- SENA. (2012). *Guayacán, Polvillo (Tabebuia serratifolia)*. Disponible en: [http://www.cmm.com.co/assets/pdf/Guayacan\\_Polvillo\\_\(Tabebuia\\_serratifolia\).pdf](http://www.cmm.com.co/assets/pdf/Guayacan_Polvillo_(Tabebuia_serratifolia).pdf)
- Silva, J. (2009). *Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especie forestal madero negro o guayacán (Tabebuia billbergii) de la región Tumbes*. Tesis Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes. Perú. 130p.
- Villalba, H. (2010). *Materiales de uso técnico. La Madera*. Disponible en: [https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/materiales\\_madera.pdf](https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/materiales_madera.pdf)
- Vinueza, M. (2012). *Fichas técnicas de especies forestales. Ficha técnica N° 6: Guayacán*. Ecuador Forestal. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-6-guayacan/>
- Zapater, M. y Lozano, E. (2009). Delimitación y estatus de *Handroanthus heptaphyllus* y *H. impetiginosus* (Tecomae, Bignoniaceae). *Darwiniana*. 46 (2): 304-317
- Zapater, M., Califano, L., Castillo, E., Quiroga, M. y Lozano, E. (2009). Las Especies Nativas Y Exóticas De *Tabebuia* Y *Handroanthus* (Tecomae, Bignoniaceae) En Argentina. *Darwiniana*. 47 (1): 185 -220.

## Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador

### Anatomical variability of wood in four forest species of different provenances south of Ecuador

Barrera-Jiménez Estefanía<sup>1\*</sup>,  
Castro-Veintimilla Josué<sup>1</sup>,  
Muñoz-Chamba Darwin<sup>1</sup>,  
Pucha-Cofrep Darwin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

<sup>2</sup> Laboratorio de Anatomía de Maderas Tropicales, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

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

Recibido: 19/09/2018

Aprobado: 05/12/2018

## RESUMEN

El estudio muestra la variabilidad anatómica de *Alnus acuminata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry, especies nativas de la zona sur de Ecuador con alta importancia tanto económica como cultural. El objetivo fue identificar si existen diferencias anatómicas entre individuos de la misma especie, y determinar cómo influyen las condiciones del sitio sobre sus características microscópicas. Para la determinación de estas características anatómicas se realizaron tres cortes micrométricos en los planos radial, tangencial, y transversal de cubos de madera de 1cm, luego los cortes fueron tinturados con Astrablue y Safranina para la diferenciación de tejidos, y finalmente sellados con Bálsamo de Canadá. Las características anatómicas se caracterizaron en base a la nomenclatura IAWA. Los resultados mostraron que todas las especies tienen características anatómicas similares independientemente del sitio donde crecieron. Sin embargo, *Alnus acuminata* Kunth mostró diferencias en las placas de perforación y punteaduras, *Cedrela odorata* L. en la disposición y cantidad de vasos, y *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry en el número de vasos. Por lo tanto, la procedencia y las condiciones de sitio únicamente influyen en el número y disposición de las placas de perforación, punteaduras, y vasos.

Palabras clave: Anatomía de la madera, *Alnus*, *Cedrela*, *Handroanthus*, *Jacaranda*

## ABSTRACT

The study shows the anatomical variability of *Alnus acuminata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., and *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry native species of the southern zone of Ecuador with high economic and cultural importance. The objective was to identify if there are anatomical differences between individuals of the same species, and to determine how the conditions of the site influence their microscopic characteristics. To determine these anatomical characteristics, three micrometric cuts were made in the radial, tangential, and transversal planes of 1 cm wooden cubes, then the sections were dye with Astrablue and Safranina for tissue differentiation, and finally sealed with Balsam from Canada. The anatomical characteristics were characterized based on the IAWA nomenclature. The results showed that all species have similar anatomical characteristics regardless of where they grew. However, *Alnus acuminata* Kunth showed differences in perforation plaques and pits, *Cedrela odorata* L. in the arrangement and quantity of vessels, and *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose., y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry in the number of vessels. Therefore, provenance and site conditions only influence the number and arrangement of perforation plaques, pits, and vessels.

*Keywords:* Wood anatomy, *Alnus*, *Cedrela*, *Handroanthus*, *Jacaranda*

## INTRODUCCIÓN

La biodiversidad en Ecuador constituye un patrimonio natural para la humanidad, si bien la extensión territorial de nuestro país es relativamente pequeña, Ecuador es un país privilegiado por contar con distintos factores biológicos determinados por su ubicación geográfica que genera recursos aprovechables para sustentar la exuberante variedad de especies forestales (Boada, 2003). La región sur de Ecuador se caracteriza por poseer factores meteorológicos que propician el ambiente necesario para el desarrollo de gran cantidad de especies arbóreas (Richter y Moreira, 2005), de las que aún no se tiene un vasto conocimiento referente a su estructura anatómica y a los cambios que ocurren dentro de cada especie. Por esta razón y ante el deterioro de sus ecosistemas por actividades extractivas y cambios en el uso del suelo, la identificación y caracterización anatómica de las maderas del bosque significa una gran contribución en esta área de las ciencias forestales (Grande y Polanco, 2007).

La madera es un material biológico de origen vegetal que forma parte del tronco de los árboles y su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas, da soporte a las ramas que forman la copa y fija las sustancias de reserva almacenando los productos transformados en sus hojas. La anatomía de madera es la rama de la biología que estudia el xilema, leño o madera con el fin de conocerla internamente y darle un uso correcto, identificar sus cambios de acuerdo a las condiciones climáticas y de sitio, prever el comportamiento del leño en procesos industriales y evaluar la aptitud tecnológica de la madera (Giménez *et al.*, 2005). La caracterización anatómica de la madera de una especie constituye el punto de partida para diversas investigaciones, que conlleven por ejemplo, a conocer el funcionamiento de los organismos vegetales, su comportamiento asociativo y su relación con el ambiente. La investigación de las características microscópicas es importante para elaborar claves de identificación que faciliten el reconocimiento de las especies, este tipo de estudios pretende contribuir a los conocimientos tecnológicos de las maderas tropicales, con el fin de propiciar el máximo

aprovechamiento de las mismas (Poma, 1973). El presente artículo está encaminado a identificar si existen diferencias anatómicas en individuos de una misma especie creciendo en distintas procedencias y condiciones de sitio. Este estudio investigó cuatro especies forestales: *Cedrela odorata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry. de gran importancia para la provincia de Loja y el sur de Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio y selección de especies.

El estudio se realizó en la provincia de Loja en los sectores Vilcabamba, El Tambo, Cajanuma, Urdaneta, vía Loja-Zamora, Sozoranga y Cariamanga (Figura 1). Se seleccionó cuatro especies forestales: *Alnus acuminata* Kunth, *Cedrela odorata* L., *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose. y *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry. Las cuales fueron escogidas por ser representativas de cada sector. Este estudio se desarrolló en el laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de Maderas Tropicales de la Universidad Nacional de Loja. Para la selección de los individuos se tomó en consideración que cada uno tenga un buen estado fitosanitario y el fuste recto con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 5cm (Tabla 1).

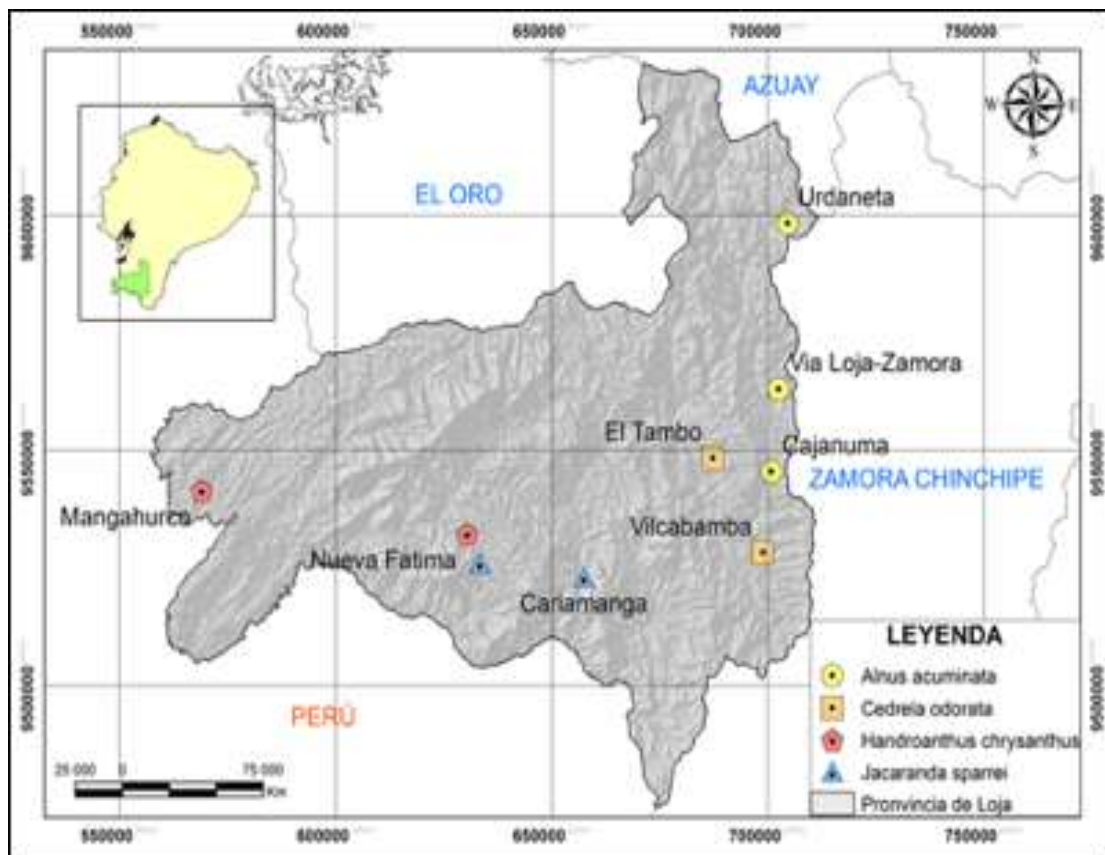


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo donde cada símbolo representa una especie forestal

Tabla 1. Taxonomía y procedencia de las especies en estudio

Familia	Nombre científico	Nombre común	Procedencia	DAP (cm)	Altura total (m)
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	Cajanuma	17,5	10
			Vía Loja-Zamora	18,78	6
			Urdaneta	18,46	6
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	El Tambo	21,65	16
			Vilcabamba	87	20,3
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O. Grose.	Guayacán	Mangahurco	47,59	13
			Sozoranga	9,8	5
			<i>Jacaranda sparrei</i> A. H. Gentry.	Arabisco	Sozoranga
Cariamanga	54,43	14			

### Cortes micrométricos

Para la toma de muestras en campo se cortó una probeta de madera de 1m de largo con ayuda de una sierra. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional de Loja y se extrajo cinco cubos de 1cm<sup>3</sup> de los cuales se obtuvo 9 láminas de 20um de espesor en sus tres planos (tangencial, radial y transversal) con ayuda de un micrótopo GSL1/WSL. Las láminas de madera fueron colocadas en un porta-objetos para ser revisadas en el microscopio y así seleccionar los mejores cortes para la tinturación. A cada corte se colocó Astrablue dejando reposar de 10 a 15 minutos. Posteriormente con ayuda de una pipeta se lavó las muestras con alcohol en diferentes concentraciones (50%, 95% y 96%) para quitar el exceso de Astrablue. Con un microscopio Olympus BX41TF y el software Software Infinity Analyze v5 se tomó fotografías digitales de cada corte en sus diferentes planos y con diferentes objetivos (4X, 10X y 20X) con la finalidad de observar con mayor facilidad las características microscópicas establecidas según la nomenclatura de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera IAWA como anillos de crecimiento, vasos, placas de perforación, punteaduras, tilosis, parénquima y radios.



## ■ RESULTADOS

### *Alnus acuminata* Kunth.

Los individuos de los tres sectores presentaron características en común como: anillos de crecimiento visibles, madera con porosidad difusa, vasos arreglados en hileras radiales; los elementos del vaso miden entre 350-800um, con placas de perforación escaliformes (dos individuos) o simples (un individuo) y punteaduras intervasculares opuestas (dos individuos) o poligonales alternas (un individuo). El parénquima axial ausente y apotraqueal difuso, formado por hebras de 5-8 (dos individuos) y 3-4 (un individuo). Los radios son uniseriados de 1-3 series, formados por células procumbentes. Por otra parte en la cantidad de vasos presentes en un milímetro cuadrado, se pudo evidenciar que no hay diferencia significativa a nivel de sitios, los tres individuos presentaron una media entre 30 y 40 vasos, pero, se logró ver variación entre duramen y albura de cada individuo (Figura 2 y Tabla 2).

Elemento anatómico	Cajanuma	Zamora	Urdaneta
Anillos de crecimiento y poros			
Placas de perforación			
Punteaduras			
Parénquima			
Radios			
Composición celular de radios			

Figura 2. Elementos anatómicos de *Alnus acuminata* Kunth

***Cedrela odorata* L.**

Los dos individuos presentaron características semejantes como anillos de crecimiento visibles, madera con porosidad difusa, vasos arreglados en hileras radiales o diagonales. Los elementos del vaso tienen una longitud de  $\leq 350\mu\text{m}$ , presentan gomas y las placas de perforación son simples con punteaduras intervasculares alternas. El parénquima axial difuso y paratraqueal vasicéntrico, formados por hebras de 3-4 células. Los radios son de distintos tamaños de 1-3 series formados por células procumbentes con una sola fila de células verticales y cuadradas marginales. Así mismo, en el conteo de vasos se logró visualizar que existe variación entre albura y duramen, pero no existen diferencias significativas en los valores de media de los sitios de estudio (Figura 3 y Tabla 2).




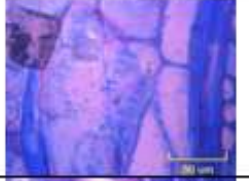



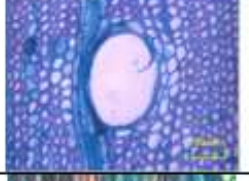




Elemento anatómico	Vilcabamba	El Tambo
Anillos de crecimiento y poros		
Placas de perforación		
Punteaduras		
Parénquima		
Radios		
Composición celular de radios		

Figura 3. Elementos anatómicos de *Cedrela odorata* L.

***Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose.**

Los dos individuos presentaron características similares en donde se evidencia que presentan anillos de crecimiento visibles con poros difusos, vasos arreglados en bandas tangenciales, patrones radiales y diagonales. Los elementos del vaso miden 350µm o más, con placas de perforación simples y punteaduras poligonales alternas. El parénquima paratraqueal axial vasicéntrico y confluyente. Los radios son uniseriados de una a tres series, formados por células procumbentes. Los valores obtenidos en el conteo de vasos mostraron una variación mínima respecto al número de vasos, siendo el individuo procedente de Mangahurco el que presentó mayores valores (Figura 4 y Tabla 2).







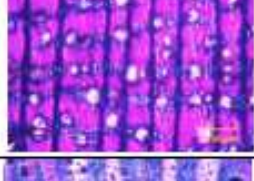

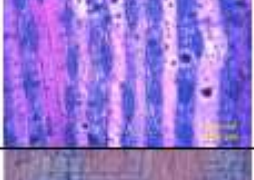

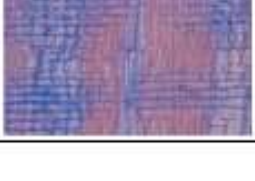

Elemento anatómico	Sozoranga	Mangahurco
Anillos de crecimiento, y poros		
Placas de perforación		
Punteaduras		
Parénquima		
Radios		
Composición celular de radios		

Figura 4. Elementos anatómicos de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose.

***Jacaranda sparrei* A. H. Gentry.**

Se analizó el duramen de los dos individuos en donde se evidenció que poseen características en común, en las que se destacaron: anillos de crecimiento poco visibles con poros difusos, los vasos están arreglados en bandas tangenciales. Los elementos del vaso midieron 350µm o más, con placas de perforación simples y punteaduras poligonales alternas. El parénquima paratraqueal axial vasicéntrico y confluyente, formado por hebras con más de tres células. Los radios son uniseriados de una a tres series, formados por células procumbentes. Los valores obtenidos en el conteo de vasos mostraron una variación considerable respecto al número de vasos, siendo el individuo procedente de Cariamanga el que presentó mayores valores (Figura 5 y Tabla 2).




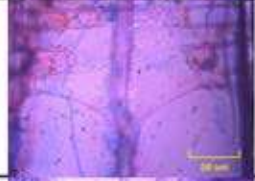


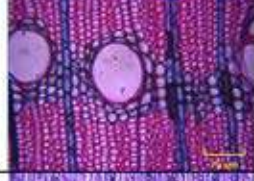


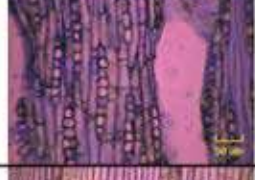


Elemento anatómico	Sozoranga	Cariamanga
Anillos de crecimiento, y poros		
Placas de perforación		
Punteaduras		
Parénquima		
Radios		
Composición celular de radios		

Figura 5. Elementos anatómicos de *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry.

Tabla 2. Características anatómicas de *Alnus acuminata*, *Cedrela odorata*, *Handroanthus chrysanthus*, y *Jacaranda sparrrei*

Especie y sitio	<i>Alnus acuminata</i>			<i>Cedrela odorata</i>		<i>Handroanthus chrysanthus</i>		<i>Jacaranda sparrrei</i>	
	Cajanuma	Loja-Zamora	Urdaneta	Vicabamba	El Tambo	Sozoranga	Mangahurco	Sozoranga	Cariamanga
Anillos de crecimiento visibles	X	X	X	X	X	X	X		
Anillos de crecimiento poco visibles o ausentes								X	X
Anillos con poros difusos	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vasos (poros) en bandas tangenciales							X	X	X
Vasos (poros) en patrones radiales o diagonales	X	X	X	X	X	X	X		
Vasos (poros) exclusivamente solitarios (90% o más)					X				
Vasos (poros) en grupos radiales de 4 o más		X				X	X	X	X
Vasos (poros) en grupos comunes (de 3 o más vasos)	X		X	X					
Placas de perforación simples			X	X	X	X	X	X	X
Placas de perforación escaliformes	X	X							
Punteaduras intervasculares opuestas		X	X						
Punteaduras intervasculares alternas	X			X	X				
Forma de Punteaduras poligonales alternas	X					X	X	X	X
Tamaño de Punteaduras Pequeño - 4-7µm	X(D-A)	X(D-A)	X(D)	X(D-A)	X(D-A)	X(D)		X(D)	X(D)
Medio 7-10µm						X(A)	X(D-A)		
Punteaduras vasos-radios con distintos bordes	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5-20 vasos por milímetro cuadrado				X(D-A)	X(D-A)			X(D)	
20-40 vasos por milímetro cuadrado	X(D-A)	X(D-A)	X(D-A)						X(D)
40-100 vasos por milímetro cuadrado						X(D-A)			
≥ 100 vasos por milímetro cuadrado							X(D-A)		
Media vasos	D=31 A=41	D=40 A=35	D=48,2 A=29,6	D=9,30 A=6,15	D=7,6 A=5,9	D=84 A=90,9	D=93,7 A=104	D=17,7	D=28,9

Barrera-Jiménez, E., Castro-Veintimilla, J., Muñoz-Chamba, D. y Pucha-Cofrep, D. (2018) Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador, *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 16-29

Especie y sitio	<i>Alnus acuminata</i>			<i>Cedrela odorata</i>		<i>Handroanthus chrysanthus</i>		<i>Jacaranda sparrei</i>	
	Cajanuma	Loja-Zamora	Urdaneta	Vilcabamba	El Tambo	Sozoranga	Mangahurco	Sozoranga	Cariamanga
Longitud de vasos $\leq 350\mu\text{m}$				X(D-A)	X(D-A)	X(D-A)	X(D-A)	X(D)	X(D)
Longitud de vasos 350-800 $\mu\text{m}$	X(D-A)	X(D-A)	X(D-A)						
Media longitud de vasos $\mu\text{m}$	D=365 A=407	D=410 A=427	D=562 A=365	D=348 A=284	D=271 A=295	D=91 A=129	D=158 A=166	D=259,9	D=225,2
Gomas y otros depósitos en vasos del duramen				X					
Fibras de pared delgada a gruesa						X	X		
Fibras de pared muy fina				X	X				
Parénquima axial difuso				X	X				
Parénquima axial vasicéntrico (paratraqueal)				X	X	X	X	X	X
Parénquima axial confluyente						X	X	X	X
Parénquima axial en bandas finas o líneas de hasta tres células de ancho						X		X	X
Parénquima axial reticulado							X		
Parénquima axial ausente o extremadamente raro.	X	X	X						
Parénquima axial difuso (apotraqueal)	X	X	X						
Células de parénquima fusiforme	X		X				X	X	X
Cuatro (3-4) células por hebra de parénquima	X			X	X				
Ocho (5-8) células por hebra de parénquima		X	X			X			
Radios exclusivamente uniseriados	X	X	X					X	X
Radios con ancho de 1 a 3 series	X	X	X	X	X	X	X		
Radios de dos tamaños distintos				X	X				
Células procumbentes y una sola fila de células verticales y/o cuerdas marginales				X	X				
Todas las células procumbentes	X	X	X			X	X	X	X

D = Duramen, A = Albura

## ■ DISCUSIÓN

### *Alnus acuminata* Kunth.

De acuerdo a este estudio *Alnus acuminata* en las tres procedencias posee características como anillos de crecimiento visibles con porosidad difusa, resultados que concuerdan con Armijos *et al.*, (2017), debido a que los individuos muestreados en ambas investigaciones son procedentes de sectores cercanos a la ciudad de Loja, es decir, se han desarrollado bajo las mismas condiciones ambientales. Los elementos del vaso son numerosos presentando una media entre 30-40 vasos con una longitud entre 350-800  $\mu\text{m}$ , mientras que en un estudio realizado por Acosta (1967) para *Alnus acuminata* manifiesta que los vasos son poco numerosos entre 7-16 vasos y pequeños con una media de 94  $\mu\text{m}$ .

Por otra parte los vasos se encuentran arreglados en hileras radiales, las placas de perforación escaliformes y punteaduras intervasculares (dos individuos); placas de perforación simples y punteaduras alternas (un individuo), semejante a un estudio de Quintanar *et al.*, (1996), que menciona que las placas de perforación para esta especie son escaliformes y las punteaduras son aeroladas opuestas de forma angular. Así mismo, Huarcaya (2016) manifiesta que *Alnus acuminata* posee placas de perforación escaliformes con punteaduras intervasculares alternas. En cuanto a lo obtenido sobre parénquima axial y radios, los resultados concuerdan con el estudio de Huarcaya (2016) y el estudio de Aguila y Barajas (2005).

### *Cedrela odorata* L.

Las características de los dos individuos, son muy semejantes a pesar de ser muestras de sitios diferentes. Las diferencias que presentan son que el individuo del Sector el Tambo presentó vasos exclusivamente solitarios y el individuo del sector Vilcabamba posee vasos en grupos comunes de 3 o más; en cuanto a la cantidad de vasos, el individuo del sector Vilcabamba presentó mayor cantidad tanto en duramen ( $\bar{x} = 9,30$ ) como en albura ( $\bar{x} = 6,15$ ); en cuanto a longitud de vasos, el individuo del sector Vilcabamba presentó mayor cantidad en duramen ( $\bar{x} = 348,03$ ), mientras que el individuo del sector El Tambo presentó mayor cantidad en albura ( $\bar{x} = 295,24$ ).

De acuerdo a este estudio, la especie *Cedrela odorata* de ambos sectores, presenta anillos de crecimiento visibles y poros difusos, lo que concuerda con el estudio de León (2009), en el que observó anillos claramente definidos y porosidad circular. Esto es debido a su naturaleza caducifolia anual. La presencia de poros solitarios, arreglados en patrones radiales, parénquima axial difuso y axial vasicéntrico, coincide con el estudio de Maza (2010), este conjunto de características semejantes entre ambos estudios, se debe a que los individuos fueron colectados en la provincia de Loja, es decir, las condiciones en las que se desarrollaron fueron similares.

Los individuos de ambos sectores presentan punteaduras intervasculares alternas pequeñas 4-7  $\mu\text{m}$  que coincide con el estudio de León (2009), debido a que los individuos provienen de bosques andinos, en donde, existe una precipitación media que limita el tamaño de las punteaduras, ya que sirven para el transporte de agua.

### *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.Grose.

Las características anatómicas observadas en los cortes tangenciales, transversales y radiales permiten identificar que los dos individuos de *Handroanthus chrysanthus*, poseen anillos de crecimiento visibles con poros difusos, sus vasos están dispuestos en bandas tangenciales y patrones diagonales, posee grupos radiales de 4 o más, parénquima paratraqueal axial vasicéntrico, confluyente y en bandas finas de hasta 3 células de ancho; posee radios uniseriados con un ancho de 1 a 3 series y todas sus células procumbentes similar a los resultados obtenidos por León (2007). León (2015), en un estudio realizado en el género *Handroanthus*, menciona que este posee placas de perforación simples y punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas, datos que se asemejan a lo encontrado en este estudio.

### *Jacaranda sparrei* A. H. Gentry.

El análisis de las características anatómicas y microscópicas, registró para esta especie anillos de crecimiento poco visibles con poros difusos y dispuestos en bandas tangenciales. León (2007), en el estudio realizado en la familia Bignoniaceae, registra valores nulos en el género *Jacaranda* para la disposición de los poros, en cuanto al parénquima de la especie analizada en el presente estudio registra un parénquima axial vasicéntrico y confluyente en bandas con más de tres células de ancho o aparentemente marginales, en cuanto al tipo de células se registró células de parénquima fusiforme y radios exclusivamente uniseriados con todas sus células procumbentes, datos que concuerdan con el estudio realizado por (Jurado y Vargas, 1985; León, 2007). Así mismo se encontró que *Jacaranda sparrei* posee placas de perforación simples con punteaduras poligonales alternas, lo que concuerda con el estudio realizado en el género *Jacaranda* de León (2007).

## ■ CONCLUSIONES

La presente investigación permitió corroborar que aunque los individuos de las cuatro especies estudiadas se desarrollaron en diferentes sectores del sur de Ecuador tienen los mismos elementos anatómicos por lo que se trata de la misma especie, con mínimas variaciones en su estructura anatómica. Siendo el número de vasos y la forma o tamaño de sus punteaduras, las diferencias más recurrentes entre los individuos de las distintas procedencias.

Los individuos de *Alnus acuminata* ubicados en Cajanuma y la vía Loja – Zamora tienen placas de perforación escaliformes a diferencia del individuo que se muestreó en Urdaneta, el cual posee placas de perforación simples; respecto a las punteaduras de los individuos en Urdaneta y la vía Loja – Zamora son intervasculares opuestas, mientras que en Cajanuma el individuo posee punteaduras intervasculares alternas; los individuos de la vía Loja – Zamora y Urdaneta poseen de 5 a 8 células por hebra de parénquima mientras que el de Cajanuma solo posee de 3 a 4 células; el conteo de vasos presentes en un milímetro cuadrado fue similar para los tres individuos, con una media entre 30 y 40 vasos.



En el caso de *Cedrela odorata*, se obtuvo una única diferencia, donde, el individuo encontrado en Vilcabamba presenta vasos asociados en grupos comunes de 3 o 4, mientras que el individuo del Tambo posee vasos exclusivamente solitarios.

Respecto a *Handroanthus chrysanthus*, el individuo encontrado en Sozoranga posee un tamaño de punteaduras diferente en duramen (4-7) que en albura (7-10), por el contrario el individuo de Mangahurco tiene el mismo tamaño de punteaduras en duramen y albura (7-10); en el conteo de vasos presentan una mínima variación, siendo el individuo procedente de Mangahurco el que presenta mayores valores. *Jacaranda sparrei* también presenta diferencias en su estructura anatómica, la cantidad de vasos para el individuo de Sozoranga está en el rango de 5 a 20, mientras que el de Cariamanga posee entre 20 y 40 vasos.

### Contribución de Autores

E.B, J.C., y D.M., realizaron el trabajo de campo, laboratorio, microscopía digital, identificación de las características anatómicas, análisis de datos y redacción del artículo. D.P, participó en la formulación y asesoramiento de la investigación, así como en la revisión, redacción y correcciones en la versión final del artículo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta I. (1967) Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica (Tesis de posgrado). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de La OEA, Centro de Enseñanza e Investigación Turrialba, Costa Rica.
- Aguilar, S. y Barajas, J. (2005). Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. *Redalyc*, 77:51-58
- Armijos, A., Alvarado, J., Quito, J., León, T., Guamán, L. y Pucha, D. (2017). Anatomía de la madera de diez especies forestales de bosque andino del sur de Ecuador. *CEDAMAZ*, 7: 83-95.
- Boada, C. (2003). Nuestra megadiversidad desconocida. *Tierra Incógnita*, 24.
- Grande Pulido, Diana Carolina; Polanco Tapia, César DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE CUARENTA ESPECIES DEL BOSQUE ALTO-ANDINO EN GUASCA, CUNDINAMARCA Colombia Forestal, vol. 10, núm. 20, diciembre, 2007, pp. 180-206 Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia.
- Gimenez, A., Moglia, J., Hernández, P. y Gerez, R. (2005). Anatomía de la Madera. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Huarcaya, R. (2016). Anatomía de los vasos de *Alnus acuminata* Kunth a diferentes altitudes, Huancayo-Junín. (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Jurado, N. y Vargas, A. (1985). Estructura anatómica y clave de identificación de 20 especies forestales de Iquitos (Perú). Iquitos, Perú: CEDINFOR
- León, W. (2007). Anatomía del Xilema secundario de diez especies de la familia Bignoniaceae de Venezuela. Caracas, Venezuela: Universidad de los Andes
- León, W. (2009). Anatomía de la madera y clave de identificación para especies forestales vedadas en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 50-51.

Barrera-Jiménez, E., Castro-Veintimilla, J., Muñoz-Chamba, D. y Pucha-Cofrep, D. (2018) Variabilidad anatómica de la madera en cuatro especies forestales de diferentes procedencias al sur del Ecuador, *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 16-29

León, W. (2015). Anatomía de la madera de 87 especies de la reserva forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela). *Pittieria* 39:107-169.

Maza, H. (2010). Anatomía macroscópica y algunas características físicas de siete especies maderables de pie de monte de la zona alta de la cuenca del río Puyango. *Ecología Forestal*, 100-103.

Poma, L. (1973). Descripción macroscópica y microscópica de 15 maderas de Ecuador y clave de identificación con tarjetas perforadas. (Tesis de grado). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA Centro Tropical de Enseñanza e Investigación Turrialba, Costa Rica.

Quintanar, A., Pérez, C., Laina, I. y Balcazar, D. (1996). Anatomía de la madera de ocho especies de angiospermas de clima templado, *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58:5-14.

# Caracterización de los sistemas de producción agrícola bajo el canal de riego Peribuela provincia de Imbabura, Ecuador

## Characterization of agricultural production systems under the irrigation channel Peribuela province of Imbabura, Ecuador

Juan Pablo Aragón <sup>1\*</sup>  
Marcelo Albuja <sup>1</sup>  
Alex Erazo <sup>2</sup>  
José Guzmán <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

<sup>2</sup>Docente-Investigador, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador..

<sup>3</sup>Técnicos del Laboratorio de Micropropagación Vegetal, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

\*Autores para correspondencia: jparagon@utn.edu.ec, alex.erazol@esPOCH.edu.ec

Recibido: 14/09/2018

Aprobado: 07/12/2018

### RESUMEN

Con la implementación del canal de riego Peribuela se instauraron diferentes sistemas de producción agrícola, basados en los sistemas de riego empleados, con los cuales se establece una línea base de información sobre las peculiaridades de los sistemas de producción. El objetivo de estudio fue caracterizar el canal de riego y los sistemas de producción en la comunidad de Peribuela, se utilizó fotografía aérea mediante un dron y análisis descriptivo mediante sistemas de información geográfica con el software Argis 10.3. Además, se aplicó la técnica de entrevista a actores claves en el canal de riego. Como resultados, lo más relevante en la infraestructura del canal de riego es su revestimiento de concreto con una longitud de 5,3 km y una pendiente de 26 % que genera un caudal por finca de 15 l/s. En los sistemas de producción, sobresalen monocultivos de: tomate de árbol, maíz y fréjol, que representa un 69 % de la superficie total beneficiada por el canal; existe baja rotación de cultivos y los sistemas de riego son por gravedad. Estos sistemas de producción degradan el suelo y no existe optimización del agua de riego causando un impacto negativo en el ambiente. Los sistemas de producción agrícolas en la comunidad no son sostenibles.

*Palabras clave:* sistemas de producción, agua, monocultivos, suelo.

## ■ ABSTRACT

**W**ith the implementation of the Peribuela irrigation channel, different agricultural production systems were established, based on the irrigation systems used, with which a base line of information is established on the peculiarities of the production systems. The objective of the study was to characterize the irrigation channel and the production systems in the community of Peribuela, aerial photography was used by a drone and descriptive analysis using geographic information systems with the software Argis 10.3. In addition, the interview technique was applied to key actors in the irrigation channel. As results, the most relevant in the infrastructure of the irrigation canal is its concrete coating with a length of 5,3 km and a slope of 26% that generates a flow per farm of 15 l/s. In production systems, monocultures stand out: tree tomato, corn and beans, which represents 69% of the total area benefited by the canal; there is low crop rotation and irrigation systems are by gravity. These production systems degrade the soil and there is no irrigation water optimization causing a negative impact on the environment. The agricultural production systems in the community are not sustainable. *Keywords:* production systems, water, monocultures, soil.

## ■ INTRODUCCIÓN

La presente investigación evaluó y estudió la disponibilidad de agua y productividad de los agro ecosistemas a nivel de familias regantes en el canal de riego Peribuela con el objetivo de caracterizar los sistemas de producción en el área de influencia. Los sistemas de producción sostenibles son objetivos a nivel mundial, así se señalan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015-2030, que hacen referencia a la producción responsable, comunidades sostenibles, uso eficiente de agua, erradicación de la pobreza y el hambre, objetivos directamente relacionados a la producción agrícola. Con el crecimiento de la demanda de alimentos a nivel mundial se deben implementar sistemas de producción más eficientes para abastecer los requerimientos poblacionales, dicha eficiencia pueden manifestarse principalmente en la forma de abastecimiento de agua en las fincas que incide en los tipos de cultivos, la superficie de siembra e infraestructuras en distintos procesos.

Martínez, Mercedes, Ortega, Santibáñez y Vergara (2015), en su trabajo acerca de conservación del suelo, agua y sus efectos, mencionan que hace miles de años la infraestructura de riego en los campos de cultivo era una de las medidas imperativas de la agricultura para el aprovechamiento eficiente de este recurso. En la actualidad, el manejo del agua en el campo es aún más importante ya que evita que la producción agrícola genere impactos negativos como degradación de suelos y contaminación de recursos básicos para los cultivos.

En el Ecuador los manejos eficientes de los sistemas de producción contribuyen al logro de los objetivos de gobierno como la soberanía alimentaria. (SENAGUA, 2013). Éste estudio, enfatiza al canal de riego Peribuela, como una aplicación eficiente en los sistemas de producción agrícolas. La relevancia del estudio se sustenta en la descripción de los sistemas de producción agrícola los cuales no son manejados de forma técnica por el agricultor y causan impactos en las propiedades físicas y químicas del suelo ya que emplean agricultura tradicional fundamentada en actividades hereditarias, considerando un factor importante los saberes ancestrales de sus antepasados, por ejemplo, el monocultivo de cultivo de maíz

y fréjol. También en la comunidad se trabaja con la agricultura convencional basada en la utilización excesiva de insumos químicos, la cual como mencionan Altieri y Nicholls (2012) no contribuyen a la seguridad alimentaria de la población, además que atentan contra los recursos naturales donde se desarrollan, suelo, agua y biósfera. Por tanto es prioritario analizar los sistemas de producción más sostenibles para fomentar la seguridad alimentaria, la mitigación de la pobreza, la gestión sostenible y conservación de los recursos naturales. El estudio generó además información base para futuras investigaciones que planteen alternativas de producción sostenible.

## ■ MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

La investigación se realizó bajo el área de influencia del canal de riego Peribuela que pertenece a la subcuenca del río Cariyacu, perteneciente a la cuenca del río Ambi, parroquia Imantag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura (Ilustre Municipio de Santa Ana de Cotacachi, 2011). Para la caracterización de los sistemas de producción se identificó el área desde la cuenca del río Ambi hasta la microcuenca del canal. Mediante Sistemas de Información Geográfica, se elaboró mapas temáticos de la zona agroecológica identificando las particularidades del canal de riego, sus dimensiones, caudal, estructuras de riego, uso de suelo actual, topografía y relieve.

La información se complementa con datos obtenidos en campo, utilizando la técnica de entrevista a informantes claves: Director de Recursos Hídricos del GAD Imbabura; el Presidente de la Junta Parroquial de Imantag; la Directora de Riego del MAGAP Imbabura; un consultor privado en riego; un docente universitario experto en recursos hídricos y un representante de la dirección de SENAGUA. Los datos obtenidos se tabularon a través de medidas de tendencia central. De acuerdo a los métodos y técnicas empleados en el presente estudio se aplicó una Investigación Descriptiva, que caracterizó los sistemas de producción agrícola sin una aplicación inmediata para soluciones sociales (Sampieri, Fernández, Baptista, 2010).

## ■ RESULTADOS

El área de influencia del Canal de Riego se encuentra dentro de la subcuenca del río Ambi con una cobertura de 1.120 km<sup>2</sup>, microcuenca del río Alambi y río Gualavi (quebrada Tushila y quebrada Grande) con una cobertura de 136 km<sup>2</sup> donde se origina el canal. Estas dos demarcaciones pertenecen a la cuenca del río Mira que baña 6.513 km<sup>2</sup> en la provincia de Imbabura y una parte de la provincia del Carchi.

La dotación del recurso hídrico para el Sistema de Riego de Peribuela se hace mediante dos fuentes de captación y un trasvase. La bocatoma está ubicada entre la quebrada Huarniyacu y la vertiente Sacha Potrero, en la cota 3.600 m s.n.m, con un caudal aproximado de 0,154 m<sup>3</sup>/s. La captación de la vertiente Sacha Potrero se realiza mediante un tanque recolector con un caudal de 0,050 m<sup>3</sup>/s, que hace un trasvase mediante una acequia a la conducción principal en la cota 3.600 m snm. El volumen total de agua 0,204 m<sup>3</sup>/s es conducido mediante un canal revestido en varios tramos hasta el sector de Pucalpa a una cota de 2.900 m s.n.m, donde se subdivide en dos canales: el ramal Peribuela que conduce el agua hacia la comunidad de Peribuela, y el ramal del Morlán. Fig. 1.

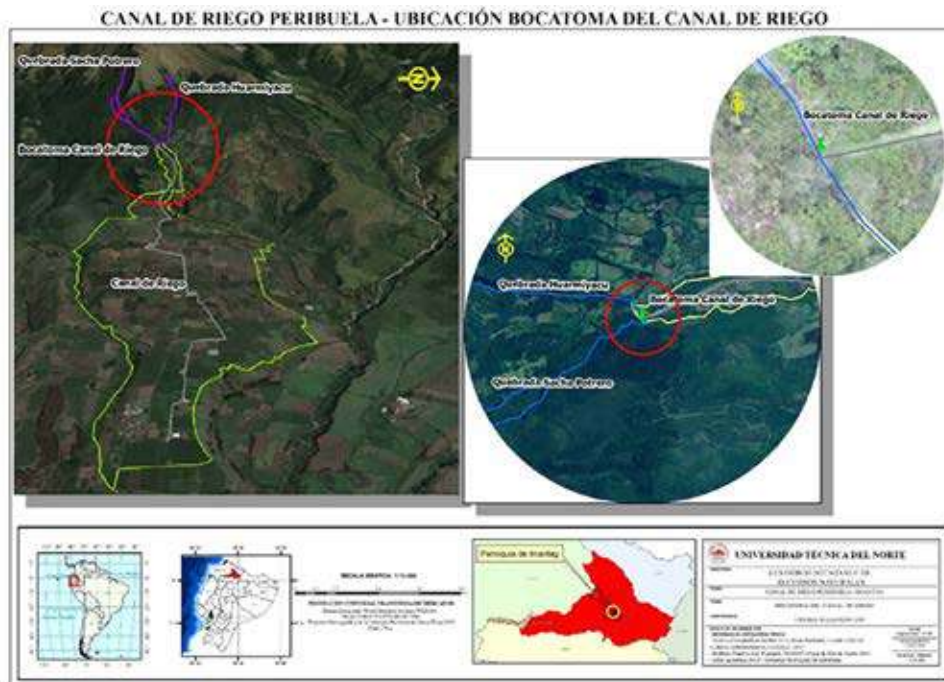


Figura 1. Origen del Canal de Riego y área de influencia en la Comunidad de Peribuela.

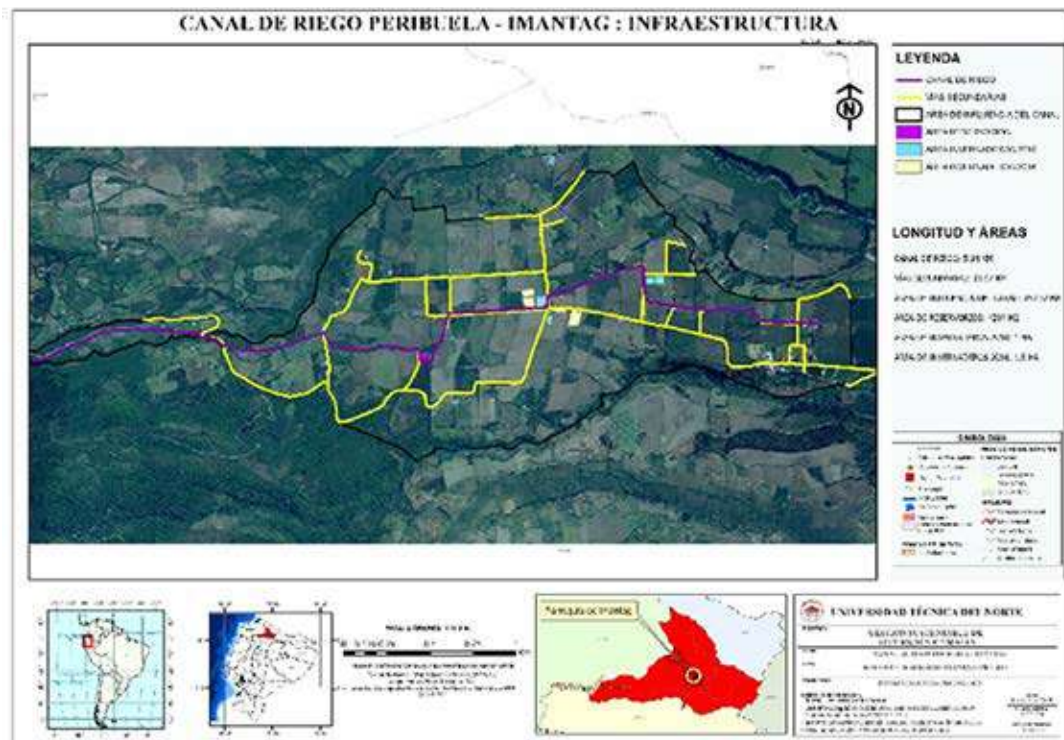


Figura 2. Estructura y dimensionamiento del canal de riego Peribuela.

El estudio dividió las características particulares del canal de riego y el uso de suelo. El canal de riego Peribuela tiene singularidades de infraestructura. El canal se origina en 2.900 m s.n.m. y finaliza en 2.470 msnm, con una pendiente promedio de 26 % que genera un caudal de 15 litros/segundo que corresponde a cada regante. Los agricultores tienen una frecuencia de riego cada 16 días con 3 a 4 horas por hectárea. Este riego abastece a los diferentes sistemas de cultivos, sean riegos por gravedad, microaspersión o goteo dependiendo del tipo de producción.

La longitud del canal es de 5,3 km revestido de concreto y 400 m sin revestir con un total de 5,7 km. Consecuencia de la infraestructura del canal se generó la construcción de 1,5 ha de invernadero y 4284 m<sup>2</sup> en reservorios. Tiene un direccionamiento de oeste a este con 13,67 km de vías de tercer orden que interconectan las fincas. Fig. 2. El revestimiento del ramal para la Comunidad Peribuela tuvo un costo presupuestado de USD156.819,14 y es el canal de mayor cobertura (SENAGUA, 2014).

Las características de uso de suelo en la comunidad de Peribuela están de acuerdo a varios factores como el tipo de cultivo y los sistemas de riego empleados. De acuerdo a la Ilustre Municipalidad del Cantón de Santa Ana de Cotacachi en su PDOT del año 2011, existen 3.439 unidades productivas en el cantón, de las cuales 719 UPAS se encuentran en la Parroquia de Imantag. El Canal de Riego Peribuela-Imantag beneficia a las comunidades de Peribuela, Morlán, Ambi Grande y Colimbuela. Son 554 UPAS que aprovechan esta agua de riego y 146 parcelas no la tienen. Existen 45 ha de bosque nativo excluido de las 313 ha del bosque protector Peribuela ubicado en el área de influencia del canal de riego, se hace esta aclaración porque el bosque protector tiene una superficie total de 1.000 ha.

La acequia la Chiquita, hoy canal de riego Peribuela beneficia a 119 usuarios dedicados el cien por ciento a actividades agrícolas con un total de 342 ha. Sus principales cultivos son tomate de árbol (*Solanum betaceum*), maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), arveja (*Pisum sativum*), melloco (*Ullucus tuberosus*), papa (*Solanum tuberosum*), aguacate (*Persea americana*), babaco (*Carica pentagona*) limón (*Citrus limón*), entre otros. Los cultivos predominantes son el tomate de árbol, maíz y fréjol que ocupan el 69 % de la superficie equivalente a 234 ha. Son manejados con sistemas de monocultivo, considerado una mala práctica agrícola para la sostenibilidad de la producción. Figura 3. La aplicación de agua de riego es del 100 % por gravedad. Sin embargo, existen 1,5 ha de invernadero con sistemas de riego por goteo y micro aspersión, empleando en ocasiones el riego por gravedad. La velocidad del agua corriente debido a la pendiente, es un factor negativo sobre la vulnerabilidad de la capa arable en los tipos de riego por gravedad. La erosión siempre tiene efectos in situ, es decir, consecuencias en el lugar desde donde el suelo es movido, y efectos ex situ, es decir, en los lugares que son afectados por el transporte de suelo erosionado o donde el suelo es depositado.

El uso del suelo está predominado por vertientes cóncavas en donde se concentra la mayor actividad agrícola por la disponibilidad de agua, este relieve ocupa aproximadamente 52 % del área de influencia del canal de riego. Un 18 % de superficie plana en donde la erosión ha sido generada por la geomorfología del suelo, razón por la cual no exista mayor influencia del canal. El 20 % de colinas medianas donde existen cultivos de aguacate y tomate de árbol, con sistemas de terrazas para evitar la degradación de suelos. En el 10 % del área de influencia del canal se encuentra con vertientes convexas por lo que no existen ramales del canal de riego principal en esa área.

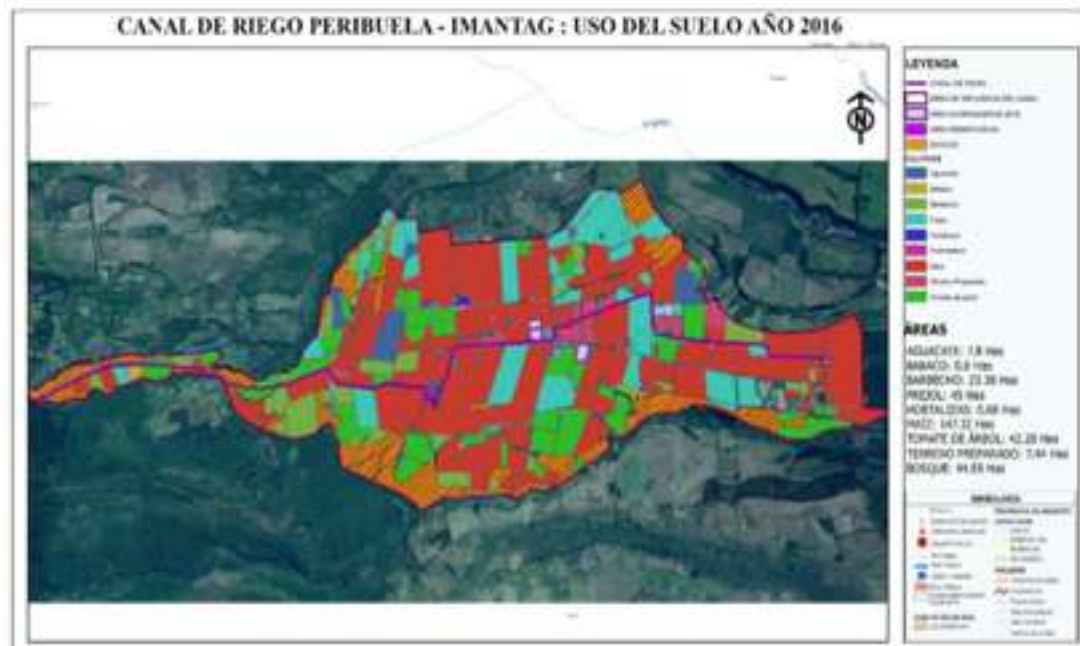


Figura 3. Uso del suelo bajo el canal de riego Peribuela.

En la tabla 1, se resume las características del área de influencia del Canal de Riego y los cultivos predominantes.

Tabla 1 Caracterización del área de influencia del canal de riego Peribuela

Factor	Cantidad	Unidad
Cuenca a la que pertenece	Río Mira	6513 km <sup>2</sup>
Subcuenca a la que pertenece	Río Ambi	1120 km <sup>2</sup>
Microcuenca	Río Alambi y Gualavi	136 km <sup>2</sup>
Área de influencia del canal de riego	342	ha
Extensión del canal de riego	5,7	km
Extensión del canal de riego revestido	5,3	km
Caudal del canal	102/2	l/s
Caudal por regante	15	l/s
Frecuencia de riego a cada usuario	15-18	c/días
Tiempo de riego por Ha	3 a 4	Horas
Número de familias beneficiadas por el canal	119	Usuarios
Altura de influencia directa del canal de riego	2900-2470	m s.n.m.
Precipitación anual del área de estudio	750 a 1250	mm
Infraestructura:		
Vías de acceso (carretera de segundo orden)	13,67	km



Factor	Cantidad	Unidad
Invernaderos	1,5	ha
Reservorios	4284	m <sup>2</sup>
Pendiente del área de influencia	25-30	%
Área susceptible de erosión (moderada y baja)	56	ha
Área nula a la erosión	286	ha
Principales cultivos:		
Tomate de árbol	42,28	ha
Fréjol	45	ha
Maíz	147,32	ha
Bosque	44,55	ha
Barbecho	23,38	ha
Aguacate	7,8	ha
Suelo sin uso actual	7,44	ha
Costo de revestimiento de canal	156 819,14	USD

## ■ DISCUSIÓN

Es imprescindible que los sistemas de producción apliquen las buenas prácticas agrícolas (BPA) para promover la sostenibilidad del ecosistema en la microcuenca del canal de riego Peribuela. Ya lo menciona el MAGAP (2011) la sostenibilidad agrícola fortalece las características sociales, económicas y ambientales de un sector. Por lo que los sistemas de producción en Peribuela deben enfocarse no solo en la productividad de los cultivos, sino mantener un equilibrio entre la conservación de los recursos naturales y el nivel de vida de sus habitantes. El origen del canal de riego es de relevancia ya que se encuentra a las faldas del volcán Cotacachi que se caracteriza por su nieve permanente y aguas subterráneas que dan origen a vertientes, además de la pluviosidad del sector sobre los 400 mm anuales influye directamente en las particularidades de los sistemas de producción.

Martínez, Mercedes, Ortega, Santibáñez y Vergara (2015) manifiestan que el relieve y geomorfología es un factor que define la implementación de un sistema de riego y afecta la superficie y expansión de un cultivo agrícola. En la comunidad Peribuela existen construcciones para un manejo adecuado del agua, reservorios, recolectores de agua de lluvia que disminuyen la vulnerabilidad del agroecosistema a impactos negativos sobre los recursos naturales del sector.

El caudal y frecuencia de riego debido a los 3 600 msnm donde nace la bocatoma afectan de forma negativa a la conservación de recursos como el suelo y el agua misma, pero con la implementación del canal se ha reducido estos efectos. Sin embargo, los sistemas de riego que utilizan en los cultivos no son óptimos en el marco de las buenas prácticas agrícolas. Así lo sustenta Altieri (1999) donde menciona, para que la agricultura sea sostenible debe por sobre todo preservar los recursos naturales. El uso de suelo en la comunidad Peribuela está enfocado únicamente a la productividad de los cultivos

implantados. Los monocultivos de tomate de árbol, maíz y fréjol en el 69 % de la zona beneficiada por el riego demuestran la falta de un manejo técnico, no existe rotación de cultivos, tampoco agricultura orgánica, menos aún control biológico. Así lo describen Martínez, *et al.* (2015) ciertas características en la expansión de la agricultura debido a las prácticas del monocultivo orientados solo al aspecto económico, dejando a un lado el aspecto social y principalmente ambiental.

La Parroquia Imantag, donde se encuentra localizada la Comunidad Peribuela es una de las parroquias de mayor productividad agrícola de la provincia, está cubierta por la cuenca del río Mira, la más grande de la región, con influencia en toda la zona norte de país. Esta condición hace aún más relevante en la búsqueda de estrategias para un manejo sustentable de la agricultura como están el uso de tecnologías; planificaciones en la siembra y principalmente brindar mayor información a los productores a través de capacitaciones, cursos, charlas de instituciones involucradas, como el Ministerio de Agricultura, Ministerio del Ambiente, instituciones privadas y ONGs. Esta estrategia ya lo menciona Villanueva (2011), en su estudio acerca de adaptación al cambio climático.

Padilla *et al.* (2015) mencionan que los sistemas de producción agrícolas empleados en un área específica inciden directamente en: calidad de agua, degradación de tierras, incremento de variedades altamente productivas, mayor riesgo de salinización, cambios socioeconómicos en la comunidad, entre otros, que determinan la sostenibilidad en un agroecosistema. Los sistemas productivos empleados en la comunidad Peribuela no son los adecuados porque en el 69 % de la superficie no hay rotación de cultivos; no se toman en cuenta factores como la pendiente, tipo de suelo para implementar el sistema de riego; generando impactos en el suelo y en la optimización del agua.

Villanueva (2011) propone algunas alternativas para volver sostenible un sistema de producción agrícola, entre ellos: Tecnologías apropiadas: en el uso sostenible del agua, suelo, pasto y bosques; en la Agro forestería; uso sostenible del agua a través de la organización, gobiernos locales, ordenamiento territorial, viveros, huertos. Organización: fortalecimiento de las organizaciones e instrucciones contemporáneas, respeto a las organizaciones tradicionales e impulso a la creación de otras referidas específicamente a la problemática. Capacidades: de las comunidades campesinas, agricultores, ganaderos, productores de tomate, maíz, a través del fortalecimiento de los conocimientos y tecnologías

## ■ CONCLUSIONES

La implementación del Canal de Riego de Peribuela con todas las características de su infraestructura influyeron en los sistemas de producción agrícolas empleados por la comunidad. El uso de suelo está determinado por la forma de abastecimiento del agua hacia los cultivos no obstante, el canal de riego ha mejorado las condiciones de vida de los agricultores en el aspecto económico.

Los sistemas de producción como monocultivos de tomate de árbol, la falta de rotación en las siembras de maíz y fréjol y los sistemas de riego por gravedad que se han empleado en la comunidad de Peribuela aportan con el desarrollo económico de los agricultores, sin embargo, no contribuyen al cuidado del recurso suelo y agua causando un impacto negativo. Las malas prácticas agrícolas manejadas en la agricultura de la comunidad no aportan a la sostenibilidad.

En una sociedad que tiene como característica principal el consumismo sobre todo de alimentos sin importar el origen, donde el agricultor trata de incrementar su productividad a toda costa para cubrir esta demanda, en que las políticas agrarias sobre planificación y control de mercados no existen, es casi imposible crear conciencia en estos tres sectores para que a través de su compromiso se pueda generar una producción de alimentos de forma sustentable, y aún más difícil en un país en vías de desarrollo.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. (1999). *Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Nordan Comunidad.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2012). *Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica*.
- Ilustre Municipio de Santa Ana de Cotacachi. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2032*.
- Martínez, S., Mercedes, M., Ortega Blu, R., Santibáñez, Q., y Vergara, C. (2015). *Prácticas conservacionistas de suelo y agua y sus efectos adaptativos sobre los impactos del cambio climático en el secano de Chile*.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2013). Recuperado de: <http://www.agricultura.gob.ec/tecnicos-del-magap-se-capacitaron-en-cambio-climatico/>
- Naranjo, M. (2008). *Ecuador: análisis de la contribución de los programas sociales al logro de los Objetivos del Milenio*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2013). *La FAO salvaguarda el medio ambiente mundial*. Adaptación de la agricultura al cambio climático.
- Padilla, L. M., Puebla, J. A. M., y Ceballos, S. E. (2015). *Orden jurídico e institucional para la adaptación y mitigación del impacto del cambio climático sobre los humedales costeros del sur de Tamaulipas, México*. Política y Jurídica, 2(3).
- Padilla, H. F. H. C. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Revista Universidad de La Salle, (70), 7-11.
- Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. Quinta Edición. McGraw-Hill / Interamericana Editores, s.a. de c.v. México.
- Secretaría Nacional del Agua SENAGUA. (2013). *Gestión de recursos hídricos en el Ecuador* Demarcación hidrográfica de Puyango Catamayo.
- Villanueva Ramírez, R. (2011) *Medidas de adaptación frente al cambio climático en la cuenca del río Santa*. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2011-089.pdf>

## Caracterización de fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador

### Characterization of cocoa (*Theobroma cacao* L.) producing farms in Santo Domingo of the Tsáchilas, Ecuador

Vicente Anzules Toala <sup>1</sup>  
Ricardo Borjas Ventura <sup>2</sup>  
Viviana Castro Cepero <sup>3</sup>  
Alberto Julca Otiniano <sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Maestría y Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n. La Molina. Lima. Perú.

<sup>2</sup>Departamento Académico de Fitotecnia. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n. La Molina. Lima. Perú.

<sup>3</sup>Departamento Académico de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n. La Molina. Lima. Perú.

\*Autor para correspondencia: ajo@lamolina.edu.pe

RECIBIDO: 12/09/2018

APROBADO: 11/12/2018

## RESUMEN

El cacao es un cultivo importante en Santo Domingo de los Tsáchilas, con 19 837 ha cultivadas, con bajos rendimientos y pobre desarrollo tecnológico debido a la heterogeneidad de las fincas y de las estrategias de manejo. Es así que este trabajo tuvo como objetivo caracterizar las fincas productoras de *Theobroma cacao* L. (cacao) en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. El estudio se realizó en las localidades de Luz de América, Puerto Limón y San Jacinto del Búa. Se trabajó con una población de 450 productores de cacao, de la que se tomó una muestra irrestricta aleatoria (n=81). Se aplicó una encuesta estructurada con 41 variables que permitió obtener la información sociocultural, económica y ecológica. Se encontró que las fincas cacaoteras son muy diversificadas, la producción de cacao es la actividad más importante, pero no es la única y se complementa con otras actividades agropecuarias, mayormente para el autoconsumo. Los bajos rendimientos muestran que hay necesidad de una mejora importante en el manejo técnico del cultivo de cacao. Además, el déficit de servicios básicos y de infraestructura, también es significativo y su solución debería abordarse a la mayor brevedad posible. La mejora en cada uno de estos aspectos conllevarán a la mejor y mayor competitividad del cacao en la zona de estudio. El análisis de conglomerados determinó cuatro grupos de fincas, pero solamente en algunas de las variables evaluadas, se encontraron diferencias estadísticas entre grupos.

*Palabras clave:* cacao, CCN-51, conglomerado, pequeños productores, plagas, rendimiento.

## ABSTRACT

Cocoa is an important crop in Santo Domingo de los Tsáchilas, with 19 837 ha cultivated, with low yields and poor technological development due to the heterogeneity of the farms and management strategies. Thus, this research aimed to characterize cocoa farms (*Theobroma cacao* L.) in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. The study was conducted in the towns of Luz de América, Puerto Limón and San Jacinto del Búa. We worked with a population of 450 cocoa producers, from which a random unrestricted sample was taken ( $n = 81$ ). A structured survey was applied with 41 variables that allowed obtaining sociocultural, economic and ecological information. It was found that cocoa farms are very diversified, cocoa production is the most important activity, but it is not the only one and is complemented by other agricultural activities, mainly for self-consumption. The low yields show that there is a need for a major improvement in the technical management of the cocoa crop. In addition, the deficit in basic services and infrastructure is also significant and its solution should be addressed as soon as possible. The improvement in each of these aspects will lead to the best and most competitive cocoa in the study area. The cluster analysis determined four groups of farms, but only in some of the evaluated variables, statistical differences between groups were found.

*Keywords:* cocoa, CCN-51, conglomerate, small producers, pests, yield.

## INTRODUCCIÓN

*Theobroma cacao* L. es un cultivo importante para la economía ecuatoriana pues ocupa el cuarto lugar en las exportaciones agrícolas con 293 487 t producidas en 559 617 ha principalmente de las provincias de El Oro, Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas y Santo Domingo de los Tsáchilas (INEC, 2016). Este producto constituye la materia prima para elaborar un sinnúmero de productos (Reynel *et al.*, 2016; Solórzano y Balseca, 2017) debido a su alto contenido de grasas insaturadas (34%) y saturadas (60%), los cuales derivan de tres productos principales: licor de cacao, manteca de cacao y polvo de cacao (Arvelo *et al.*, 2017).

Santo Domingo de los Tsáchilas tiene 19 837 ha cultivadas y se caracteriza por tener una fisiografía ondulada y accidentada, una altitud promedio de 325 msnm, clima húmedo tropical, con una pluviosidad de 2800 mm/año, temperatura promedio de 24 °C, humedad relativa 80% y una heliofanía de 780 horas luz/año (INAMHI, 2016). El rendimiento promedio es bajo (300 kg/ha/año) debido a problemas de enfermedades (Sánchez *et al.*, 2015; Alvarado *et al.*, 2017) y mal manejo poscosecha (Vera *et al.*, 2014; Reynel *et al.*, 2016). A pesar de la importancia del cultivo en esta provincia, no se han logrado niveles de desarrollo tecnológico importantes (MAGAP, 2012; Sánchez *et al.*, 2015) entre otras razones, por el alto grado de heterogeneidad que existe entre las fincas, lo que dificulta la toma de decisiones de carácter transversal (Aquino *et al.*, 2018).

Esta situación, hace necesaria la caracterización y tipificación de fincas, como paso previo, para el desarrollo de programas de mejora tecnológica. La caracterización, describe aspectos sociales, productivos, económicos y ambientales que ocurren en una finca (Vilaboa y Díaz, 2009; Criollo *et al.*, 2016; Barrezueta y Chabla, 2017). La tipificación se refiere al establecimiento y construcción de

grupos posibles basados en las características observadas (Vargas *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2016), se maximiza la homogeneidad dentro de grupos y la heterogeneidad entre los grupos (Ríos *et al.*, 2004).

Un estudio de caracterización y tipificación es de gran utilidad para proponer estrategias de mejoras de los aspectos más críticos en el manejo de las fincas (Carmona y Nahuelhual, 2009; Borja *et al.*, 2018) donde la agricultura, a pesar de ser la actividad principal, se complementa con otras actividades económicas como cría de ganado, artesanías, caza y pesca (Proaño y Lacroix, 2014), y también con trabajos fuera de la finca, a tiempo parcial, estacional e intermitente, que les permiten obtener otros ingresos y atenuan situaciones críticas en condiciones adversas (Bayona y Muñoz, 2009).

Para caracterizar y tipificar los sistemas, se han utilizado diversas técnicas de análisis estadísticos. Algunos autores como Casas y Veitía (2008) proponen utilizar técnicas de análisis de varianza; pero otros como Macedo *et al.* (2003) y Vargas *et al.* (2013) proponen técnicas de análisis multivariante, como el análisis de componentes principales, correspondencia múltiple y análisis cluster. El uso de conglomerados se ha reportado en Ecuador para agrupar fincas de café (Santistevan *et al.*, 2014) y fincas ganaderas (Vargas *et al.*, 2012). En Perú, para el análisis de fincas con cultivos prevalentes en el Cusco (Merma y Julca, 2012), fincas productoras de mandarinas en Cañete (Collantes *et al.*, 2016) y de fincas cacaoteras en San Martín (Tuesta *et al.*, 2014). En Colombia, para estudios de tipificación en sistemas de producción de cítricos y guayaba (Cleves y Jarma, 2014). En México, también para clasificar los productores de guayaba (Borja *et al.*, 2018) y en Costa Rica para clasificar hatos lecheros (Vargas *et al.*, 2013). Es en este contexto que el trabajo tuvo como objetivo caracterizar las fincas productoras de cacao en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador (Figura 1), que tiene 3 857 km<sup>2</sup> de superficie, figura como parte del territorio montañoso de la costa; se encuentra ubicada en la parte noroccidental del Ecuador, es una de la zonas con mayor pluviosidad del país. Tiene una gran riqueza hidrológica pues en ella existen cinco cuencas y microcuencas importantes. Su ubicación geográfica es 0° 20' 0" S, 79° 15' 0" W (GADPSDT, 2010).

El estudio se realizó en las localidades de Luz de América, Puerto Limón y San Jacinto del Búa, caracterizadas por la producción de cacao (García *et al.*, 2017). Se trabajó con una población de 450 productores de cacao, de la que se tomó una muestra irrestricta aleatoria (n=81) usando la fórmula de Scheaffer *et al.* (1987), para obtener un número predeterminado de individuos con las características de interés (Santos *et al.*, 2016). Como los sistemas agrícolas presentan recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento y limitaciones en general similares (Proaño y Lacroix, 2014), se empleó una encuesta estructurada con 41 variables (cualitativas y cuantitativas) que permitió obtener la información sociocultural, económica y ecológica. El uso de esta herramienta permite analizar diferentes variables, y observar tendencias del desarrollo de los sistemas productivos (Bolívar, 2011). Metodología similar ha sido empleada para caracterizar fincas productoras de café en Ecuador (Santistevan *et al.*, 2014) y de

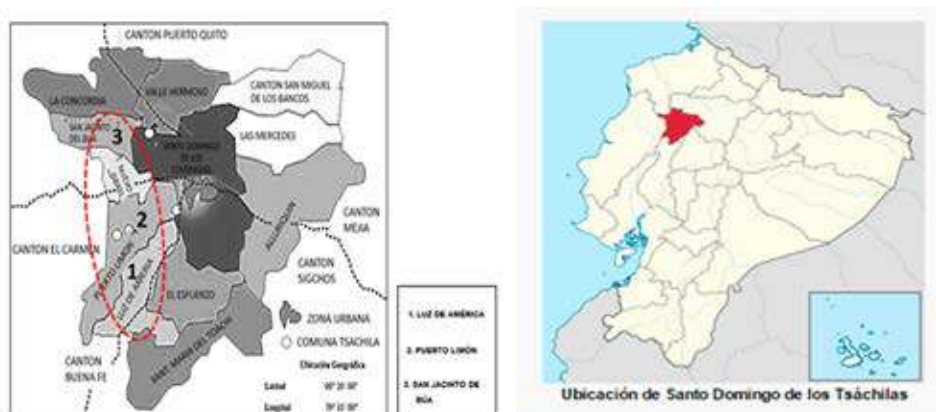


Figura 1. Zonas de estudio en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador (Fuente: Instituto Geográfico Militar del Ecuador).

cítricos en Colombia (Cleves y Jarma, 2014). Los datos de la encuesta fueron procesados con el programa estadístico: Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) por su capacidad para trabajar con bases de datos complejos (Castañeda *et al.*, 2010). Para el Análisis de Conglomerados, previamente se seleccionaron las variables con mayor poder discriminante en función del coeficiente de variabilidad (Lores *et al.*, 2008). Luego, se usó el Método de Ward con una Distancia Euclídea al Cuadrado de 20 (Vargas *et al.*, 2012; Juárez *et al.*, 2015) para construir los grupos, que fueron sometidos a un análisis de varianzas (ANOVA) para conocer si existían diferencias entre los mismos.

## ■ RESULTADOS

Características del productor y de la finca cacaotera. - La Figura 2 muestra que el 78 % de los responsables de la fincas son varones, cuyas edades están entre los 31 a 40 años (30 %), de 41 a 50 años (22 %), de 51 a 60 años (18 %) y mayores de 60 años (25 %). La edad de los hijos está comprendida entre 11 a 20 años (38 %), 21 a 30 años (35 %) y 31 a 40 (18 %). El 60 % de los productores tiene nivel de instrucción secundario, 16 % nivel primario, 14 % nivel técnico superior, 1 % nivel superior y 9 % no tiene ningún tipo de nivel de instrucción. Los ingresos mensuales del productor de cacao varían de 100 a 200 USD (27,2 %), de 201 a 300 (39,5 %), de 301 a 400 (14,8 %) y mayor a 400 USD (18,5 %). Los ingresos del productor provienen de diferentes rubros: sólo de cacao (34,6 %), de cacao y otros productos (45,7 %) y del cacao y otras actividades (18,5 %), aportando al gasto del hogar una persona (60 %) o dos personas (28 %).

La crianza de animales menores complementa la actividad agrícola en la mayoría de las fincas (91,4 %); tienen preferencia por aves (47 %) y cerdos (24,7 %). El 72,8 % de los productores indican haber recibido capacitación del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca en temas agronómicos y control de plagas. El material de construcción de la vivienda es de caña guadua (42 %), seguida de la de tipo mixta (23,5 %) y cemento (31 %), que cuentan con los servicios de electricidad (9 %) y de electricidad + telefonía (84 %). El 62 % de productores de cacao se atiende en centros de salud cercanos a su comunidad; así mismo cuentan con servicio de transporte público con una frecuencia de 1-4 veces/día (26 %) y no pertenecen a ninguna organización (83 %). El acceso a la información se da a través de televisión (37 %), radio (7 %), periódico (3 %) y a través de varios medios a la vez (53 %). La topografía de las fincas es variable:

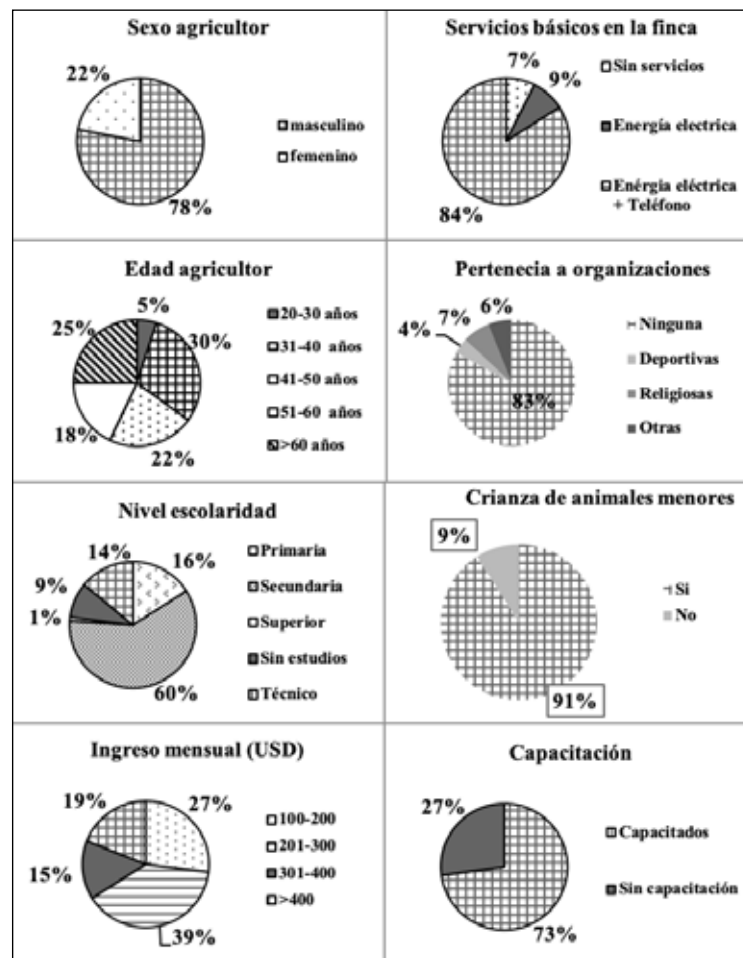


Figura 2. Características del productor y de la finca cacaotera en Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.

plana (11,1%), ondulada (39,5%) y con ambas características (49,4%). El 95% de las fincas no dispone de agua para riego y el agua para otros usos proviene de lluvias (48,1%), pozos (37%) y ríos (13,6%). El 90,1% emplea agroquímicos, como herbicidas (32,1%), insecticidas (8,63%), fertilizantes (3,7%) y la frecuencia de aplicación es de una vez/año (37%) y de dos veces/año (42%). Respecto al uso de productos orgánicos en el cultivo de cacao, el 22% emplea gallinaza, pollinaza y extractos vegetales y 16% de productores reportaron el uso de coberturas en la plantación de cacao. El cacao se cultiva asociado con plátano (35,89%), pimienta (4,9%) e incluso con más de un cultivo (16%), durante el primero (27%) y segundo año (14%); la mayor parte de la producción se comercializa (65,4%) y el resto es para autoconsumo (34,6%). La comercialización está concentrada en la movilización de un producto (43,2%) a dos productos (39,5%).

Características de la producción cacaotera. - La Figura 3 muestra que el 84% de productores de cacao tiene el título de propiedad de la finca, las cuales varían en superficie, con menos de cinco ha (56,8%), de 6 a 15 ha (34,6%), de 16 a 25 ha (2,5%) y con más de 25 ha (6,2%). Los tipos de cacao que se siembran son el cultivar Colección Castro Naranjal 51, más conocido como CCN-51 (74,1%), cacao Nacional (13,6%), ambos tipos de cacao (8,6%) y genotipos no identificados (3,7%). El área sembrada con cacao es de 1 a 5 ha (90,1%) y la edad del cultivo varía de 4 años (18%) a más de cuatro años (72%).



El cacao es atacado por diferentes enfermedades, las más importantes son la “monilla” *Moniliophthora roreri* (49,4%), seguida de la “mazorca negra” *Phytophthora palmivora* (3,7%) y la “escoba de bruja” *Crinipellis pernicioso* (1,2%). El rendimiento anual del cacao es menor a 227 kg/ha (34,6%), de 228 a 454 kg/ha (39,5%), de 455 a 682 kg/ha (14,8%) y mayor a 682 kg/ha (11,1%). El producto es comercializado seco (37%), escurrido (35,8%) y en baba (27,2%); se vende en la ciudad de Santo Domingo (59,3%) o en las fincas (32,1%). El precio del cacao seco varía de 80 a 100 USD/45 kg (69,1%) y de 101 a 120 USD/45 kg (30,9%); mientras que el cacao escurrido se vende entre 40 a 60 USD/45 kg (100%). Los precios del cacao en baba varían de 30 a 40 USD/45 kg (92,6%) y de 41 a 50 USD/45 kg (7,4%). Los costos de producción del cultivo están entre 400 a 600 USD/ha/año (95,1%). El 39.5% de los encuestados contrataron obreros para las diferentes labores agrícolas pagando el jornal diario entre 8 a 12 USD (63%) y de 13 a 16 USD (37%). Otro aspecto importante de señalar es que para la propagación del cacao en las plantaciones comerciales, se usó semilla botánica (21%), injerto (30,9%) y estacas (45,7%). El marco de plantación varía entre 3 x 3 m (27,2%), 3 x 4 m (22,2%), 4 x 4 m (19,8%), 3,5 x 3,5 m (18%) y 3 x 3,5 m (10%), que equivale a una densidad de plantación de 1111, 833, 625, 816 y 952 plantas/ha, respectivamente. El 53,1% de los productores manejan el cacao bajo sombra y realizan podas de mantenimiento una vez por año (57%) o dos veces por año (25%).

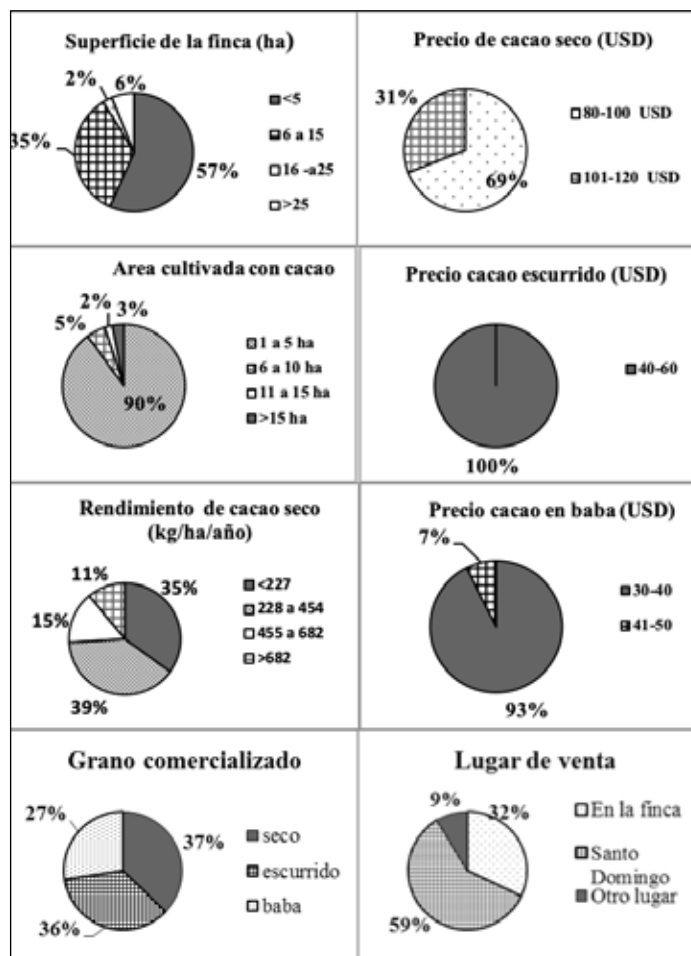


Figura 3. Características de la producción cacaotera en Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.

Tipología de fincas.- El análisis de conglomerados determinó la presencia de cuatro grupos de fincas, de los cuales, los grupos 4 y 1 fueron los más numerosos con el 32,1 y 29,6 % de las fincas, respectivamente (Figura 4). El grupo 1 se caracteriza por tener como responsable de la finca a personas relativamente más jóvenes, pero sus ingresos mensuales también son menores. Pueden tener fincas más grandes que el grupo 2 y 4, pero no toda el área se cultiva con cacao y cría animales, al igual que las otras fincas. Reporta la presencia de varias plagas atancado al cultivo y el rendimiento de cacao seco es el más bajo, comparado con los otros grupos. La edad del cultivo y los costos de producción son similares en todos los casos y no hay diferencias estadísticas entre grupos para el precio de las diferentes formas en que se vende el cacao y lo mismo ocurre con los costos de producción/ha. Sin embargo, en algunas de las variables evaluadas se encontraron diferencias estadísticas entre grupos. Entre estas destacan el ingreso mensual, el marco de plantación, costo del jornal, frecuencia de podas, número de productos para la venta, agroquímicos empleados, uso de productos orgánicos y frecuencia de aplicaciones de agroquímicos.

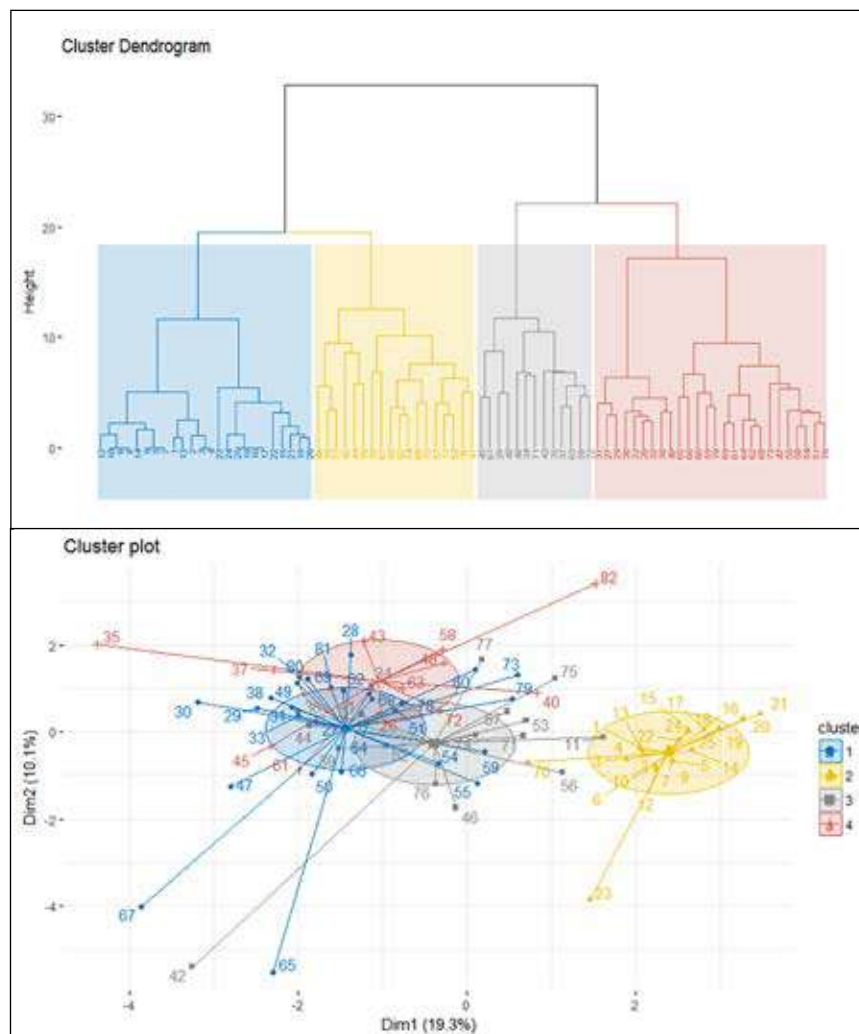


Figura 4. Agrupamiento de fincas productoras de cacao en Santo Domingo de los Tsáchilas (Ecuador).

## ■ DISCUSIÓN

Características del productor y de la finca cacaotera.- La caracterización describe aspectos sociales, productivos, económicos y ambientales que ocurren en una finca (Vilaboa y Díaz, 2009; Criollo *et al.*, 2016; Barrezueta y Chabla, 2017). De acuerdo a la Figura 2 el productor cacaotero de Santo Domingo es hombre de menor de 50 años y con nivel de instrucción secundaria, lo que concuerda con lo reportado por INEC (2012). Los ingresos mensuales del productor de cacao, que es el principal sostén familiar, están por debajo del salario básico unificado mensual que en Ecuador es de 375 USD (MTEySS, 2017). Así mismo, los productores se dedican principalmente al cultivo del cacao y complementan la actividad con la crianza de aves.

La crianza de animales es frecuente en las fincas agrícolas, tal como lo han reportado diversos autores, tanto en el Ecuador (Santistevan *et al.*, 2014) como en Perú (Tuesta *et al.*, 2014). Las comunidades cuentan con servicios básicos, de transporte, acceso a la información y de salud y los productores tienen el seguro social campesino que es un régimen especial que protege a la población rural y dedicada a la pesca artesanal (IESS, 2017). Sin embargo los productores no se encuentran asociados, lo que según Contreras *et al.* (2017), no les permite obtener beneficios y apoyo institucional para el cultivo, cosecha, producción y venta de cacao en grano y como producto elaborado.

Las fincas tienen pendiente variable, y si bien no cuentan con agua para riego la zona tiene abundante precipitación (INAMHI, 2016), y de esta fuente que obtienen el recurso agua. Los productores emplean agroquímicos, principalmente herbicidas con dos aplicaciones por año. La asistencia técnica para los productores agrícolas está basada en el empleo de agroquímicos, que podrían contaminar el ambiente, las cosechas que se producen y afectar la salud de los productores, sino hay capacitación y el uso y manejo adecuado de los mismos (AGROCALIDAD, 2012). La alternativa al uso de agroquímicos es el uso de productos orgánicos, y se observa que la frecuencia es similar a los cultivos de banano y café, que incluso tienen certificación orgánica (AGROCALIDAD, 2017). La asociación del cultivo de cacao con plátano durante el primer año de plantación es la estrategia más frecuente de manera que la mayor parte de la producción puede comercializarse y el resto contribuye a su seguridad alimentaria y nutrición (Proaño y Lacroix, 2014). Las plantaciones diversificadas de cacao protegen el suelo, conservan el agua, mantienen alta la biodiversidad y pueden fijar hasta cinco toneladas de carbono por hectárea (Beer *et al.*, 2003).

Características de la producción cacaotera.- Como se muestra en la Figura 3 las fincas son de menos de 5 ha, los productores son los propietarios y manejan principalmente el cultivar CCN-51, en plantaciones de más de 4 años de edad, lo cual es consistente con lo señalado por diversos autores, que indican que los productores de cacao de Santo Domingo de los Tsáchilas cultivan mayormente el CCN-51 y el denominado Cacao 'Nacional' o Cacao Fino de Aroma conocido como 'Arriba' se siembra en menor proporción. El CCN-51 es un genotipo que no sólo se siembra en Ecuador (Barrezueta *et al.*, 2017); sino también en otros países productores como Perú (Tuesta *et al.*, 2014; Vera *et al.*, 2014). El rendimiento anual es menor a 450 kg/ha, el cual es bajo y puede explicarse debido a un manejo agronómico inadecuado ya que la mejora del rendimiento está en función de que se realicen las labores agronómicas de manera oportuna y adecuada (Tirado *et al.*, 2016). El potencial del CCN-51 es de 2000 a 3000 kg/

ha, y contrasta con la del ‘Nacional’, que es de 300 a 500 kg/ha (Barrezueta y Chabla, 2017). Además, el CCN-51 también ofrece mayores posibilidades de trabajo a los cultivadores (Sánchez *et al.*, 2015). La siembra se hace a 3 x 3 m, con plantas obtenidas por estacas, en densidades de plantación de 1111 plantas/ha, las cuales se podan una vez al año pues esto permite mejorar la productividad (López *et al.*, 2016) y con manejo bajo sombra, lo cual es una característica de fincas menores a las 20 ha (Arvelo *et al.*, 2017) y son necesarios porque mantienen equilibrado el clima de la plantación y aumentan el contenido de nutrientes en el suelo (Jadán *et al.*, 2016). En otros países como el Perú, también se siembra el cacao bajo sombra de árboles (Tuesta *et al.*, 2014). El cacao se comercializa seco, en la ciudad de Santo Domingo, a un precio que varía de 80 a 100 USD/45 kg. En general, los precios del cacao varían durante el año de acuerdo con la calidad (Sánchez *et al.*, 2008; Reynel *et al.*, 2016) y en función de la oferta y demanda internacional. La principal enfermedad que ataca al cacao en la zona es la “monilla” *Moniliophthora roreri*, sin embargo los datos indican que los productores manifiestan que se presenta el ataque conjunto de más de una enfermedad, lo que puede afectar hasta al 50% de la producción de mazorcas (Sánchez *et al.*, 2015; Ortiz *et al.*, 2015).

Tipología de fincas.- La tipificación, se refiere al establecimiento y construcción de grupos posibles basados en las características observadas (Vargas *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2016). El agrupamiento de fincas es importante porque las acciones futuras podrían realizarse para cada grupo y ya no de manera individualizada (Criollo *et al.*, 2016), dado que los grupos se forman por similitud entre los elementos que lo componen y se podría asumir que aquellas fincas que se agrupan, solos presentan diferencias significativas con el resto (Castro *et al.*, 2012). El análisis de conglomerados (Figura 2 y 3) determinó la presencia de cuatro grupos de fincas, de los cuales, por ejemplo, el grupo 1 se caracteriza por tener como responsable de la finca a una persona joven, de ingresos bajos, fincas grandes aunque no totalmente cultivada con cacao, con rendimientos muy bajos, que complementa su actividad con la crianza de aves. Otras variables resultan ser semejantes para los cuatro grupos.

Para las variables donde se muestran diferencias estadísticas entre grupos destacan por ejemplo, la densidad de plantación en el grupo 2 es mayor (1110 plantas/ha) que en los otros grupos, pero esa mayor cantidad de plantas por unidad de área no se refleja en una mejora significativa del rendimiento y es que la capacidad productiva de la planta podría disminuir a causa de las diferentes enfermedades que atacan a la mazorca (Ortiz *et al.*, 2015). Tampoco hay diferencias estadísticas entre grupos, para el precio de las diferentes formas en que se vende el cacao y lo mismo ocurre con los costos de producción/ha. Los resultados que sugieren que la calidad del cacao no parece ser un factor a considerar para la comercialización de este producto y por ello, los agricultores no tienen mayor interés en invertir en las fincas. Por otra parte, las diferencias estadísticas significativas entre grupos para las variables, agroquímicos empleados, uso de productos orgánicos y frecuencia de aplicaciones de agroquímicos, muestran que no existe un “paquete tecnológico validado” para este cultivo, a pesar que los productores recibieron capacitación (Figura 2). Entonces, los bajos rendimientos y la ausencia del criterio de calidad, sugieren la necesidad de una mejora importante en el manejo técnico de este cultivo en la zona de estudio (Reynel *et al.*, 2016).

## CONCLUSIONES

Las fincas cacaoteras en Santo Domingo de los Tsáchilas (Ecuador) son muy diversificadas; la producción de cacao es la actividad más importante, pero no es la única y se complementa con otras actividades agropecuarias destinadas al autoconsumo. Los resultados muestran que hay necesidad de una mejora importante en el manejo técnico del cultivo de cacao y en los servicios básicos de las fincas. La mejora en cada uno de estos aspectos conllevarán a la mejor y mayor competitividad del cacao en esta zona.

## Contribución de los autores

Vicente Anzules Toala participó en el diseño y planificación del estudio, realizó y supervisó el trabajo de campo y toma de datos, también en el análisis de datos y preparación del manuscrito. Alberto Julca-Otiniano, Viviana Castro-Cepero y Ricardo Borjas Ventura, participaron en el diseño y planificación del estudio, análisis de datos, preparación y revisión del manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD. (2017). *Productos Orgánicos en Ecuador*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito, Ecuador. <https://www.agrocalidad.gob.ec/es/inocuidad-de-los-alimentos/productos-organicos-ecuador/>.
- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - AGROCALIDAD. (2012). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Cacao*. Resolución Técnica N° 0183. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito, Ecuador.
- Alvarado A., Holguín B. y Abad M. (2017). Estudio económico de la producción de cacao y las principales enfermedades de la variedad CCN-51 en el Cantón La Troncal, Guayas, Ecuador. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, N° 30.
- Aquino, V.C., Camarena, F., Julca, A. y Jiménez, J. (2018). Caracterización multivariada de fincas productoras de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) del Valle del Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 269 – 279.
- Arvelo M, Gonzáles D, Maroto S, Delgado T y Montoya P. 2017. *Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas*. San José. C.R. ISBN: 978-92-9248-732-4
- Barrezueta, S., Prado, E. y Jimbo, R. (2017). Características del Comercio de cacao a nivel intermediario en la provincia de El Oro - Ecuador. *European Scientific Journal*, 13 (16), 273 - 282.
- Barrezueta, S. y Chabla, J. (2017). Características sociales y económicas de la producción de cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *Agrociencias edición especial*, 25: 1390-6895.
- Bayona, N. y Muñoz, G. (2009). . Estudio de la actividad agrícola como base para la comprensión de la dinámica socioeconómica de una comunidad rural en Fômeque, Cundinamarca. *Agron. colomb.*, 27 (2): 273 - 281.
- Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J., Somarriba, E. y Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10(37): 28.
- Bolívar, H. (2011). *Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible*. Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales. ISSN: 1856-6189.
- Borja, M., Vélez, A. and Ramos, J. (2018). Differentiation and classification of guava (*Psidium guajava* L.) producers in Calvillo, Aguascalientes, Mexico. *Región y Sociedad*, 71: 2448-4849.
- Carmona, A. y Nahuelhual, L. (2009). Classification and characterization of farming systems: case study in the municipality of Ancud, Chiloé Island. *Agro Sur*, 37(3) : 189 -199.

- Castro, L., Carvajal, Y. y Ávila A. 2012. Análisis clúster como técnica de análisis exploratorio de registros múltiples en datos meteorológicos. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 11: 11-20.
- Casas, G. y Veitía, N. (2008). Aplicación de métodos de comparaciones múltiples en Biotecnología Vegetal. *Biotecnología Vegetal*, 8 (2): 67–71.
- Castañeda, M., Cabrera, A., Navarro, Y. y de Vries, W. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS: un libro práctico para investigadores y administradores educativos*. EDIPUCRS. CDD 519.50285. Porto Alegre, RS, Brasil.
- Cleves, J. y Jarma, A. 2014. Characterization and typification of citrus production systems in the department of Meta. *Agron. colomb.* 32 (1): 113 - 122.
- Collantes, R., Rodríguez, A. y Canto, M. (2015). Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino* 8 (1): 33 - 44.
- Contreras, J. Paredes, M. y Turba, S. (2017). Circuitos cortos de comercialización agroecológica en el Ecuador. *IDESIA* (Chile) 35 (3): 71-80.
- Criollo, H., Lagos, T., Bacca, T. y Muñoz, J. (2016). Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia. *Act. & Div. Cient.* 19(1): 105-113.
- García, G., Guzmán, L. y Pérez, R. (2017). Tendencias de la investigación del cacao: oportunidades para la investigación en Santo Domingo de los Tsáchilas. *SATHIRI: Sembrador*, 12(2): 25-45.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas –GADPSDT. (2010). *Plan de Ordenamiento Territorial*, GEOPLADES.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI. (2016). Boletín Climatológico Semestral. Núñez de Vela N36-15 y Corea. *Apartado Postal*: 17-16-310. Quito-Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ES-PAC*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ecuador
- Instituto Nacional de Estadística y Censos - INEC. (2012). *Nivel de escolaridad de los ecuatorianos*. Análisis Revista coyuntural. Cuarta Edición: septiembre 2012. Quito, Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social -IESS. (2017). *Seguro Social Campesino. Reseña Histórica. Presidencia de la República*. Quito Ecuador. Ficha Técnica. <https://www.iess.gob.ec/es/seguro-campesino>.
- Jadán, O., Torres, B., Selesi, D., Peña, D., Rosales, C. y Günter, S. (2016). Diversidad florística y estructura en cacao-tales tradicionales y bosque natural, Sumaco, Ecuador. *Colombia Forestal*, 19 (2): 129 -142.
- Juárez, J., Herman, E., Soto, A., Ávalos, A., Vilaboa, J. y Díaz, P. (2015). Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 25 (4): 317-323.
- López, S., Sánchez, A., Córdova, V. y Gallardo, F. (2016). Efecto de la poda en plantaciones de cacao en el estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.*, 14: 2807-2815
- Lores, A., Leyva, A. y Varela, M. (2008). Los Dominios de Recomendaciones: Establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultrop* 29 (3): 5-10.
- Macedo, R., Galina, M.A., Zorrilla, J.M., Palma, J.M. y Pérez, J. (2003). Análisis de un sistema de producción tradicional en Colima, México. *Archivos de Zootecnia*. 52 (200): 463 - 474.
- Merma, I. y Julca, A. (2012). Caracterización y Evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada* 11(1): 1-11.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca - MAGAP. (2012). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para cacao. Resolución Técnica N° 0183*. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. 68 pp.

- Ministerio del Trabajo, Empleo y Seguridad Social - MTEySS. (2017). *Sueldo básico unificado*. <https://www.trabajo.gob.ec/es/.usd-375-salario-basico2017>.
- Ortiz, C., Torres, M. and Hernández, S. (2015). Comparison of two systems of the cacao crop management, in presence of *Moniliophthora roreri* in México. *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (2): 191 – 196.
- Proaño, V. y Lacroix, P. (2014). *Dinámicas de comercialización para la agricultura familiar campesina: desafíos y alternativas en el escenario ecuatoriano*. (CDI-FOOD/2010/230/230-269). ISBN: 978-9978-9953-8-9. SIPAE - AVSF.
- Reynel, V., Loor, O., Bolaños, M. y Tezara, W. (2016). Efectos del tipo de secado en la calidad organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Esmeraldas, *Investigación y Saberes*. (1): 22 – 38.
- Ríos, G., Romero, M., Botero, M., Franco, G., Pérez, J., Morales, J., Gallego, J. y Echeverry, D. (2004). Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de lulo (*Solanum quitoense* Lam) en el Eje Cafetero. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 5 (1): 22 - 30.
- Rocha, C., Mora, J. y Romero, J. 2016. Tipología de sistemas de producción en la zona rural del municipio de Ibagué, Colombia. *Agron. Mesoam.* 27(2): 253-264.
- Scheaffer R.L, Mendenhall W. & Ott L. 1987. *Elementary Survey Sampling*. Duxbury. Traducido por G. Rondón y J. Gómez A. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V. México D.F. 321 pp.
- Sánchez, A., Castellanos, O. y Dominguez, K. (2008). Mejoramiento de la poscosecha del cacao a partir del roadmapping. *Revista Ingeniería e Investigación* 28 (3): 150-158.
- Sánchez, F., Medina, M., Díaz, G., Ramos, R., Vera, J., Vásquez, V., Troya, F., Garcés, F. and Onofre, R. (2015). Sanitary and productive potential of 12 clones of cocoa in Ecuador. *Rev. Fitotec. Mex.* 38 (3): 265 – 274.
- Santistevan, M., Julca, A., Borjas, R. y Tuesta, O. (2014). Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada* 13(2): 187-192.
- Santos, E., Montesinos, O. y Andrade, M. (2016). Tamaños de muestra que aseguran exactitud para estimar prevalencia de plantas bajo muestreo inverso. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7 (7): 1499-1512
- Solórzano, S., y Balseca, L. (2017). Comercio internacional: nuevas perspectivas de mercado para los productos derivados de cacao de la provincia de El Oro – Ecuador. *Rev. Tzhoeco* 9 (3).
- Tirado, P., Lopera, A. and Ríos, L. (2016). Strategies for Control of *Moniliophthora roreri* and *Moniliophthora perniciosa* in *Theobroma cacao* L.: A Systematic Review. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Mosquera* (Colombia) 17(3): 417-430.
- Tuesta, O., Julca, A., Borjas, R., Rodríguez, P. y Santistevan, M. (2014). Tipología de fincas cacaoteras en la subcuenca media del Río Huayabamba, distrito de Huicungo, (San Martín, Perú). *Ecología Aplicada* 13 (2):71-78.
- Vargas, J., Benitez, D. y Torres, A. (2012). Tipificación de fincas ganaderas en el piedemonte tropical de las provincias Cotopaxi y Los Ríos, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 1 (1): 3 -10.
- Vargas, B., Solís, O., Sáenz, F. y León, H. (2013). Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. *Agronomía Mesoamericana*. 24(2): 257- 275.
- Vera, J., Vallejo, C., Párraga, D., Morales, W., Macías, J. and Ramos, R. (2014). Physical–Chemical and sensory attributes of the cocoa Nacional (*Theobroma cacao* L.) fifteen clone beans in Ecuador. *Ciencia y Tecnología* 7(2): 21-34
- Vilaboa, J. y Díaz, P. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical* 27(4): 427-436.

# Regeneración natural en zonas alteradas e identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca del río Jipiro, Loja, Ecuador

## Natural regeneration in altered areas and identification of potential forest species for water recovery in the microbasin of Jipiro river, Loja, Ecuador

Amparito Lima Ramirez<sup>1</sup>  
Jorge Armijos<sup>2</sup>,  
Nelson Jaramillo<sup>3\*</sup>  
Jaime Peña<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Forestal, Maestrante de la Universidad Nacional Agraria La Molina

<sup>2</sup>Técnico de la Universidad Técnica Particular de Loja

<sup>3</sup>Técnicos del Herbario LOJA, Universidad Nacional de Loja

\*Autor para correspondencia: nelson.jaramillo@unl.edu.ec

RECIBIDO: 20/09/2018

APROBADO: 06/12/2018

### RESUMEN

Esta investigación se realizó en la microcuenca Jipiro del cantón Loja, formada por tres afluentes El Volcán, Sangre y El Salado, abastecedoras del 20 % de la demanda de agua potable para la ciudad de Loja. Este estudio tuvo como propósito identificar las especies que se regeneran en la microcuenca Jipiro, luego de varios años de procesos antrópicos que han alterado la estructura y composición del ecosistema. Se estudiaron tres categorías de regeneración natural en diferentes estadios de sucesión: categoría I (2-3 años), categoría II (5-6 años) y categoría III (8-10 años); en 45 parcelas de muestreo de 10 x 10 m; se realizó el levantamiento florístico de todos los individuos y se calculó los parámetros estructurales de cada categoría; se definieron las especies más importantes desde el punto de vista ecológico, que sumado a características fenológicas y hábito de crecimiento arbóreo las convierte en especies potenciales; el potencial de cada especie se determinó considerando los parámetros forma de copa, estado sucesional, producción de hojarasca, resistencia a condiciones climáticas extremas, profundidad y forma de la raíz, exigencia de suelos y distribución natural. Se definió diez especies forestales con potencial para recuperación hídrica de la microcuenca Jipiro: *Morella pubescens*, *Weinmannia pinnata*, *Croton rimbachii*, *Clethra revoluta*, *Clusia elliptica*, *Alnus acuminata*, *Juglans neotropica*, *Hedyosmum racemosum*, *Rhamnus granulosa*, *Tibouchina lepidota*.

**Palabras claves:** Especies potenciales; regeneración natural; sucesión natural, regeneración natural, diversidad, similitud.



## ABSTRACT

This investigation was carried out in the Jipiro micro-basin, in the Loja canton; formed by three tributaries El Volcán, Sangre and El Salado, which supply about 20 % drinking water of Loja city. This study aimed to identify the species that regenerate in the Jipiro micro-basin, after several years of anthropic processes which have altered the structure and composition of the ecosystem. Three categories of natural regeneration were studied in three different successional stages: category I (2-3 years), category II (5-6 years) and category III (8-10 years). In 45 sampling plots of 10 x 10 m the floristic survey of all individuals was carried out and the structural parameters of each category were calculated. The most important species were defined from the ecological point of view, that added to phenological characteristics and habit of tree growth turns them into potential species. The potential of each species was determined considering the shape of the canopy, successional status, litter production, resistance to extreme climatic conditions, depth and root shape, soil requirement and natural distribution. Ten forest species with potential for water recovery of the Jipiro micro-basin were defined: *Morella pubescens*, *Weinmannia pinnata*, *Croton rimbachii*, *Clethra revoluta*, *Clusia elliptica*, *Alnus acuminata*, *Juglans neotropica*, *Hedyosmum racemosum*, *Rhamnus granulosa*, *Tibouchina lepidota*.

**Keywords:** Potential species; natural regeneration; natural succession, natural regeneration, diversity, similarity.

## INTRODUCCIÓN

Se considera a los ecosistemas de montaña como proveedores de diversos servicios ambientales como agua, energía, suelo, diversidad biológica y de vital importancia para poblaciones locales, ecosistemas y poblaciones que se encuentran aguas abajo (Torres, 2014). La intervención del ser humano en hábitats naturales es la causa sobresaliente para la pérdida de diversidad biológica, funciones ecológicas, fragmentación y especialmente las alteraciones del ciclo hidrológico, que es el interés preponderante en las últimas décadas, el balance entre el hábitat natural y el paisaje humano podría determinar el futuro del planeta. Por lo tanto es importante mapear y cuantificar el grado de conservación humana de los hábitats naturales, las especies que más aportan a la regulación hídrica y los factores antrópicos (Lee *et al.*, 1995).

Si consideramos que una microcuenca es la unidad principal para la planificación y el ordenamiento territorial, y que soportan una serie de actividades antrópicas que son la causa para la degradación de la biodiversidad y la pérdida de las funciones ecológicas principalmente hidrológicas, es de vital importancia cuantificar sus recursos y definir cuál de ellos son más potenciales para seguir manteniendo sus características y funciones (Zury, 2004).

Los asentamientos humanos presentes en las microcuencas y consideradas como proveedoras de agua para la población, pueden perturbar a los procesos ecológicos naturales, efectos que reducen la resiliencia de los sistemas naturales de vegetación (Restrepo y Restrepo, 2005).

Lima, A., Amijos, J., Jaramillo, N., y Peña, J. (2018) Regeneración natural en zonas alteradas e identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca del río Jipiro, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 51 - 63.

Con el fin de mejorar las condiciones funcionales de las microcuencas hidrográficas, generalmente siempre se han llevado a cabo la realización de proyectos de reforestación (Loayza, 2017), pero lamentablemente en este tipo de estrategias no se han considerado las características ecológicas de las especies plantadas. En esta perspectiva y para aportar información sobre especies forestales potenciales para la función hídrica se realizó este estudio, mediante el análisis de la regeneración natural en diferentes estadios de sucesión natural, y en base al estudio de ciertas características morfológicas y ecológicas. Producto de esta investigación se ha generado un conjunto de argumentos técnicos para las personas relacionadas con el manejo de cuencas y en especial con el uso de las especies forestales que apoyan el proceso hidrológico y, que pueden ser consideradas para proyectos de restauración ecológica y en el manejo de la regeneración natural.

## METODOLOGÍA

La microcuenca Jipiro está ubicada en la parroquia El Valle del cantón y provincia de Loja (figura 1), tiene una superficie aproximada de 3 200 hectáreas, forma parte de la subcuenca del río Zamora, ubicada entre 3°55'25" – 3°59'29" Latitud Sur y 79°08'20" – 79°12'55" Longitud Oeste, en un rango altitudinal entre 2400 a 2900 m s.n.m. Posee tres afluentes: Sangre, Volcán y El Salado. Presenta una precipitación media anual de 851 mm y temperatura media anual de 15,5 °C. Según MAE (2013) la formación vegetal a la que corresponde el área de estudio es Bosque siempre Verde Montano de la Cordillera Oriental de Los Andes (BsMn02).

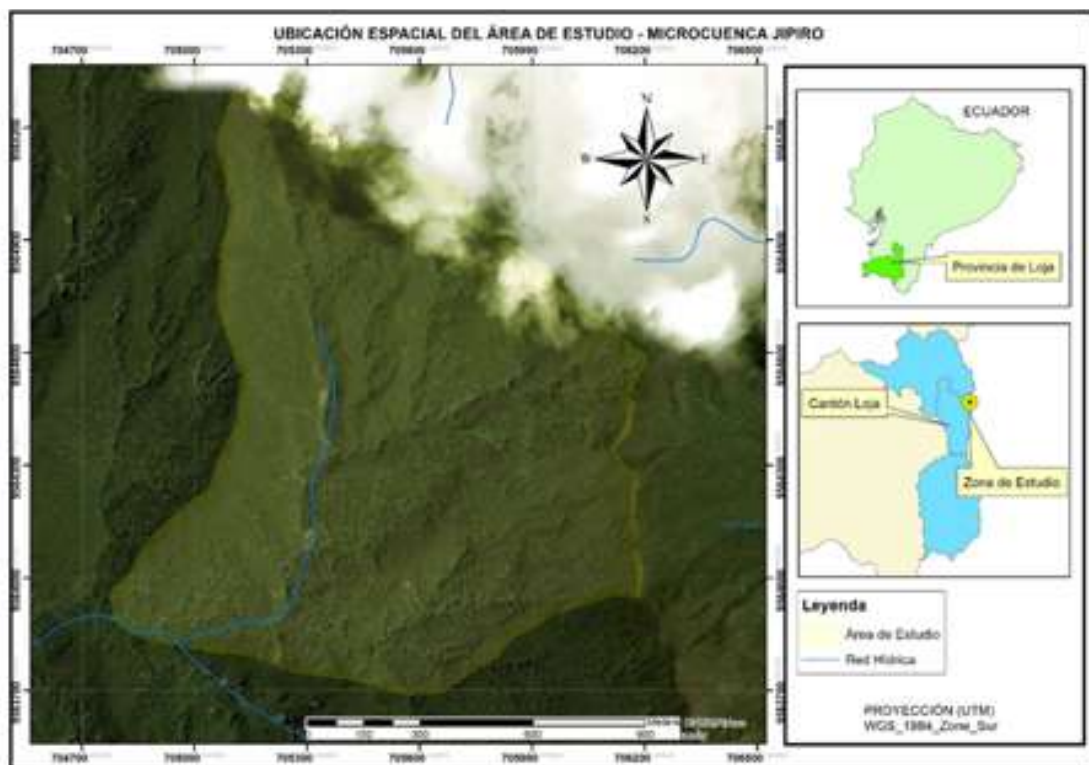


Figura 1. Ubicación espacial de la zona de estudio en el contexto nacional y provincial

## Levantamiento de la cobertura natural y uso

La determinación de los tipos de cobertura vegetal se realizó mediante fotointerpretación e interpretación de imágenes satelitales, esta información fue validada mediante recorridos de campo. Posteriormente mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (QGis), se definió el mapa final de tipos de cobertura vegetal natural y uso actual de la microcuenca Jipiro.

## Evaluación de la regeneración natural

En base al mapa de vegetación y uso del suelo, se definió las zonas alteradas por incendios forestales y deforestación, ubicada en el área de vegetación pionera, entre 2200 a 2600 m s.n.m. Mediante entrevistas a los pobladores de la microcuenca se definió las categorías de regeneración natural, considerando el tiempo de recuperación de la vegetación después de haber sido alterada por las acciones antes descritas.

Tabla 1. Categorías para la evaluación de la regeneración natural en zonas alteradas de la microcuenca Jipiro.

Categoría	Edad de recuperación
I	2 - 3 años
II	5 - 6 años
III	8 - 10 años

Categorías sugeridas por: Aguirre Z, 2010

Para definir las especies que se regeneran e inician procesos de colonización en estas zonas alteradas, se realizó el inventario de la vegetación de todos los individuos de árboles, arbustos y hierbas, usando cuadrantes de 10 X 10 m, con distanciamiento de 50 m, con 15 unidades de muestreo por categoría (I, II y III), dando un total de 45, distribuidas en forma equitativa para los tres afluentes que conforman la microcuenca Jipiro (El Salado, El Volcán y Sangre).

Además del levantamiento florístico de la regeneración natural, para efectos de comparación de la estructura y composición florística, se realizó el inventario arbóreo y arbustivo en tres transectos de vegetación alterada hace más de 10 años y tres de bosque nativo, utilizando dimensiones de 10 x 50 m donde se registró todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP-1,30 m) mayor a 5 cm. La evaluación de la estructura de la regeneración natural se realizó a través de los índices de diversidad de Shannon ( $H'$ ) y Similitud de Sorensen ( $I_s$ ) y los parámetros estructurales de la vegetación: Densidad relativa (DnR), Dominancia relativa (DmR), Frecuencia relativa (Fr) e Índice Valor Importancia (IVI), propuestas por Aguirre (2015).

## Definición del potencial de las especies forestales para recuperación hídrica

Las especies forestales potenciales para recuperación hídrica de la microcuenca Jipiro, se definió en base a los parámetros: forma de la copa, estadio sucesional, soporte de condiciones climáticas extremas, producción de hojarasca, profundidad y forma de raíces, exigencia de suelos y distribución natural. La medición de cada parámetro se realizó en 10 individuos de cada especie seleccionada, considerando plantas con alturas entre 4 a 5 m, la evaluación se efectuó a través de mediciones de campo y revisión bibliográfica. En cada parámetro se estableció tres categorías de calificación a las cuales se asignó un valor de uno a tres puntos de acuerdo a la importancia dentro del proceso de restauración que estas especies cumplen. Las matrices usadas para la calificación de cada parámetro constan en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz con los rangos y explicaciones para calificación de cada parámetro de la microcuenca Jipiro.

Estado sucesional			
Especie	Clímax (1)	Intermedia (2)	Pionera (3)
Soporte condiciones extremas			
Especie	No soporta (1)	Soporta medianamente (2)	Soporta (3)
Producción de hojarasca			
Especie	Baja 0 - 3 kg/ind. (1)	Media 3 - 6 kg/ind. (2)	Alta 6 - 9 kg/ind. (3)
Profundidad de raíz			
Especie	Superficial (1)	Media (2)	Profunda (3)
Forma de raíz			
Especie	Radiada (1)	Axonomorfa (2)	Fibrosa (3)
Exigencia de suelos			
Especie	Suelo Fértil (1)	Suelo Medianamente Fértil (2)	Suelo Degradado (3)
Distribución natural			
Especie	Restringida (1)	Media (2)	Amplia (3)

Sugerido por: Aguirre Z, 2010

Para definir las especies con mayor potencial hídrico se realizó la sumatoria de los valores medios de cada parámetro de los 10 individuos de cada especie, usando la matriz del Tabla 3.

Tabla 3. Matriz para determinar el potencial de las 10 especies forestales para recuperación hídrica de la microcuenca Jipiro.

Especie	Parámetros evaluados								Total
	Fc	PHj	ES	Pr	Fr	ExS	Cce	D	

Fc: forma de copa; PHj producción de hojarasca; ES: Estado Sucesional; Pr: profundidad de raíces; forma de raíces; ExS: Exigencia de suelos; Cce: Condiciones climáticas extremas; y Dn: distribución natural. La categorización de las especies con potencial hídrico se realizó mediante el siguiente rango de calificación: Especie con potencial hídrico alto (22 - 24 puntos), especie con potencial hídrico medio (16 - 21 puntos) y especie con potencial hídrico bajo (menor a 15 puntos).

## RESULTADOS

### Cobertura vegetal y uso

En la microcuenca Jipiro los tipos de vegetación natural identificados son: Bosque de neblina montano (49,84 %), Bosque siempre verde montano alto (5,95 %), Matorral húmedo montano alto (10,73 %), Matorral húmedo montano bajo (2,21 %), Paramo arbustivo (0,51 %). Las unidades de vegetación antrópicas: Pastizales (19,44 %), Plantación de pino (0,15 %), Plantación de eucalipto (0,49 %), Área de vegetación pionera (2,20 %), Páramo antrópico (1,22 %) y las unidades mixtas: Matorral con eucalipto (0,17 %), Pastizal con eucalipto (0,43 %), Pastizal con matorral (7,06 %), los mismos que se muestran en la Figura 2.

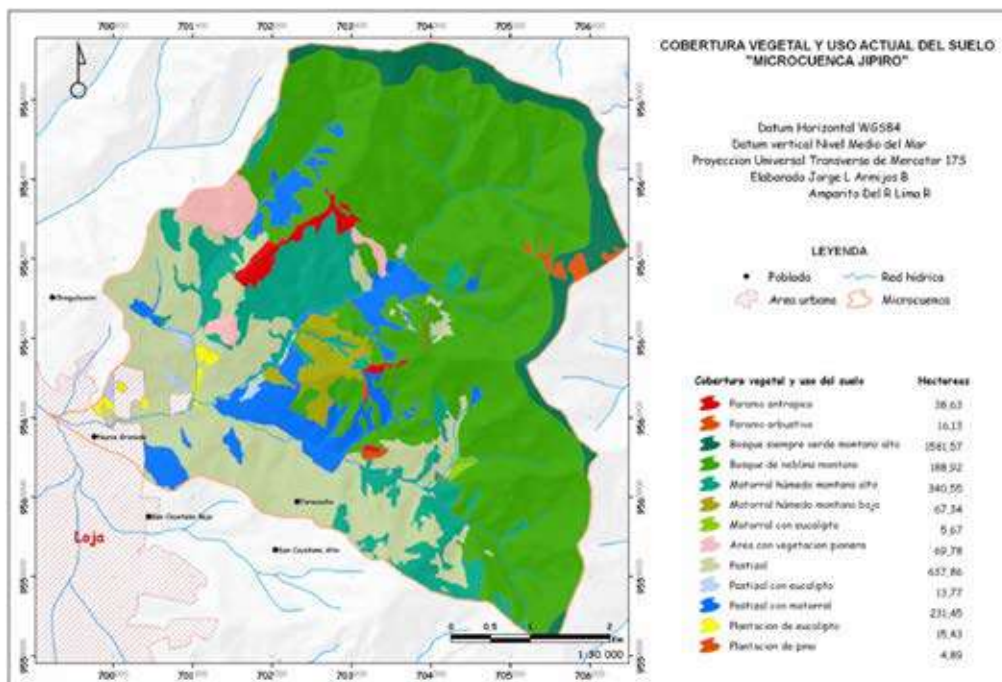


Figura 2. Tipos de cobertura vegetal presentes en la microcuenca Jipiro.

## Parámetros estructurales de la regeneración natural

En la categoría I, las especies con mayor densidad relativa son: *Pteridium arachnoideum* (29,69 %), *Calamagrostis macrophylla* (6,32 %) y *Zeugites americanus* (5,48 %). Las especies con mayor dominancia relativa son: *Pteridium arachnoideum* (27,23 %), *Ageratina dendroides* (6,53 %) y *Baccharis genistelloides* (5 %). Las especies ecológicamente más importantes (IVI) son: *Pteridium arachnoideum* (20,30 %), *Ageratina dendroides* (4,19 %) y *Baccharis genistelloides* (3,96 %) respectivamente. En la categoría II las especies con mayor densidad relativa son: *Pteridium arachnoideum* (21,6 %), *Graffenrieda harlingii* (9,8 %), y *Clinopodium taxifolium* (4,7 %). Las especies con mayor dominancia relativa son: *Pteridium arachnoideum* (14,6 %), *Tibouchina lepidota* (7,7 %) y *Tibouchina laxa* (4,9 %). Las especies ecológicamente más importantes (IVI) son: *Pteridium arachnoideum* (13,03 %), *Graffenrieda harlingii* (3,5 %) y *Tibouchina lepidota* (3,3 %).

En la categoría III las especies con mayor densidad relativa son: *Zeugites americanus* (10,1%), *Graffenrieda harlingii* (10,03%) y *Pteridium arachnoideum* (6,23%). Las especies con mayor dominancia relativa son: *Croton rimbachii* (6,99%), *Chusquea scandens* (3,18%), *Cyathea caracasana* (3,13%). Las especies ecológicamente más importantes por su IVI son: *Zeugites americanus* (3,8 %), *Pteridium arachnoideum* y *Graffenrieda harlingii* (3,5 %). En las zonas alteradas (más de 10 años) las especies (>5 cm DAP) con densidad relativa son: *Tibouchina lepidota* (36,39%), *Miconia cf. cladonia* (16,58 %), *Critoniopsis pycnantha* (9,90 %). Las especies dominantes son: *Tibouchina lepidota* (32,22 %), *Miconia cf. cladonia* (19,23 %), *Critoniopsis pycnantha* (10,15 %); mientras que las especies ecológicamente más importantes son: *Tibouchina lepidota* (35,00 %), *Miconia cf. cladonia* (17,47 %) y *Critoniopsis pycnantha* (9,98 %). En zonas no alteradas (bosque nativo) las especies con mayor densidad relativa son: *Weinmannia pinnata* (10,06 %), *Miconia caelata* (7,69 %) y *Graffenrieda harlingii* (6,80 %). Las especies con mayor dominancia relativa son: *Weinmannia pinnata* (8,27 %), *Morella pubescens* (6,49 %) y *Miconia caelata* (5,24 %). Y las especies ecológicamente más importantes resultaron ser: *Weinmannia pinnata* (9,27 %), *Miconia caelata* (6,75 %) y *Graffenrieda harlingii* (5,80 %) respectivamente.

## Diversidad alfa y beta

La diversidad alfa ( $H'$ ) calculada (Tabla 5) indica que la diversidad de especies pertenecientes a los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo en las tres categorías analizadas es media.

Tabla 5. Índices de diversidad de Shannon por categorías y hábito de crecimiento.

Estrato	Categoría I	Categoría II	Categoría III
Arbóreo	2,37	2,64	3,47
Arbustivo	3,07	3,28	3,02
Herbáceo	2,38	2,66	2,76

En zonas alteradas y zonas no alteradas el índice de diversidad obtenido es media.

Tabla 6. Índices de diversidad de Shannon, de zonas alteradas y no alteradas

Estrato	Z. alteradas (> a 10 años)	Z. no alteradas
Arbóreo	1,44	3,42
Arbustivo	1,76	2,45

La diversidad beta ( $I_s$ ) indica que: la categoría I y II son medianamente similares florísticamente, las categoría I y III son disimiles y la categoría II y III son medianamente similares florísticamente. Las principales especies que comparten estos ecosistemas son: *Alnus acuminata* (Aliso), *Morella pubescens* (Laurel de cera), *Cyathea caracasana* (Llashín), *Tibouchina lepidota* (Flor de mayo) y *Rhamnus granulosa* (Aliso negro). Los índices calculados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Índices de Similitud de Sorensen para las categorías I, II y III.

	Categoría I(2-3 años)	Categoría II	Categoría III
Categoría I	---	0,61	0,34
Categoría II	0,30	---	0,42
Categoría III	0,18	0,21	---

De acuerdo a los cálculos obtenidos a través de la diversidad beta para zonas alteradas > a 10 años y zonas no alteradas, se determina que estos dos tipos de ecosistemas son disimiles florísticamente.

Tabla 8. Índices de Similitud de Sorensen para zonas alteradas > a 10 años y zonas no alteradas.

	Zonas no alteradas
Zonas alteradas (> a 10 años)	0,29

### Especies potenciales para recuperación hídrica

De acuerdo con los parámetros cualitativos de evaluación de potencial hídrico, la especie registrada con mayor potencia hídrico en la microcuenca Jipiro es *Morella pubescens* (Laurel de Cera), mientras que *Alnus acuminata*, *Juglans neotropica*, *Clethra revoluta*, *Croton rimbachii*, *Hedyosmum racemosum* y *Weinmannia pinnata* presentan un potencial medio; y las especies *Clusia elliptica*, *Rhamnus granulosa* y *Tibouchina lepidota* poseen un potencial bajo. Estos datos preliminarmente indican que éstas son las especies forestales más adecuadas, que los técnicos deben considerar para su reproducción y utilización en proyectos de forestación y recuperación de las microcuencas hidrográficas en la hoya de Loja. En la Tabla 9 se muestra la calificación de las especies.

Lima, A., Armijos, J., Jaramillo, N., y Peña, J. (2018) Regeneración natural en zonas alteradas e identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca del río Jipiro, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 51 - 63.

Tabla 9. Síntesis de la calificación de los parámetros considerados para evaluar el potencial hídrico de las especies forestales en la microcuenca Jipiro.

Especie	Parámetros								Total
	Fc	PHj	Es	Pr	Fr	ExS	Cce	Dn	
<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. Ex Wi- lld.) Wilbur	3	1	3	3	3	3	3	3	22
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	1	1	3	2	3	3	3	3	19
<i>Croton rimbachii</i> Croizat	2	1	2	3	3	2	2	2	17
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	2	1	2	2	3	2	2	3	17
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	1	1	1	3	2	2	3	3	16
<i>Juglans neotropica</i> Diels	2	1	2	3	2	2	1	3	16
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	1	1	2	3	2	2	2	3	16
<i>Clusia elliptica</i> Kunth	2	1	1	3	2	2	1	3	15
<i>Rhamnus granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Weberb.	1	1	2	2	2	2	2	3	15
<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	1	1	2	2	3	2	2	2	15

Fc: forma de copa; PHj producción de hojarasca; ES: Estado Sucesional; Pr: profundidad de raíces; forma de raíces; ExS: Exigencia de suelos; Cce: Condiciones climáticas extremas; y Dn: distribución natural.

## DISCUSIÓN

### Cobertura vegetal y uso actual del suelo

Los tipos de cobertura vegetal bosque siempreverde montano alto, bosque de neblina montano, matorral húmedo montano alto, matorral húmedo montano bajo y páramo arbustivo, que corresponden al 66 % de la superficie total, conforman la zona de importancia hídrica de la microcuenca Jipiro, su estado de conservación es bueno al presentar características de estructura y composición florística no alteradas; datos que concuerdan con lo reportado por Villa (2009) que indica la existencia de 6 tipos de vegetación natural para la parte alta de la subcuenca del río Zamora: bosque de neblina montano, bosque siempreverde montano alto, matorral húmedo montano alto, matorral húmedo montano bajo, paramo arbustivo y páramo herbáceo.

La formación de nuevos tipos de cobertura vegetal en la microcuenca Jipiro principalmente han tenido su origen a partir de procesos antrópicos, eliminando la vegetación natural para convertirla a otros tipos de usos del suelo, como es el caso de pastizales, los cuales han sido abandonados permitiendo iniciar un proceso de regeneración natural, formando nuevos complejos ecológicos identificados en este estudio como Matorral con Eucalipto, Pastizal con Eucalipto y Pastizal con Matorral. El matorral y páramo antrópico, se han establecido por la influencia constante de incendios, por lo cual no se presentan las condiciones necesarias para iniciar un proceso de regeneración de la vegetación, existiendo únicamente la colonización de especies herbáceas como *Calamagrotis intermedia* y



*Puya parviflora*, y arbustivas como *Bejaria aestuans*, *Hesperomeles obtusifolia*; mientras que en el matorral crecen y desarrollan especies como, *Clinopodium taxifolium*, *Ageratina dendroides*, *Baccharis genistelloides*, *Pteridium arachnoideum*, *Tibouchina laxa*; lo cual es evidenciado por Aguirre (2001), quien menciona en otro estudio, que el matorral bajo se presenta poco denso (ralo), debido a la frecuencia de incendios que ha soportado, lo que ha hecho que incluso estructural y florísticamente vaya adquiriendo la apariencia de un páramo arbustivo.

### **Regeneración natural en las categorías I, II, III**

La regeneración natural en la primera categoría (2 - 3 años), está caracterizada por el crecimiento de un alto número de especies, principalmente herbáceas, pocos arbustos de tamaños pequeños, y especies arbóreas que no reportan alturas considerables, siendo aún dominadas por especies del estrato arbustivo. Aquí existe interacciones entre especies como resultado de determinadas interacciones ecológicas propias de las comunidades, como competencia, exclusión, facilitación; y, cuyas especies presentes son: *Pteridium arachnoideum*, *Calamagrostis macrophylla*, *Zeugites americanus*, *Baccharis genistelloides*, *Paspalum* sp., *Ageratina dendroides*, *Tibouchina laxa*, las cuales son reportadas como las especies ecológicamente más importantes para este tipo de categoría. Mientras que en la categoría II (5 - 6 años) las especies anteriormente mencionadas empiezan a disminuir su capacidad de regeneración y desarrollo, lo que facilita el crecimiento de otras especies intermedias, siendo más evidente la aparición de un mayor número de árboles de tamaños medianos como *Tibouchina lepidota*, *Alnus acuminata*, *Morella pubescens* y *Clusia elliptica*.

En la categoría III (8 - 10 años) el cambio en la composición florística del ecosistema no es muy variable, manteniéndose presentes las especies de la segunda categoría; la estructura funcional de la vegetación se mejora, existiendo un aumento gradual en la altura y densidad de la vegetación, así como en la producción progresiva de materia orgánica, mayor retención de humedad, lo que origina condiciones ideales para el desarrollo de las especies secundarias y en algunos casos especies clímax, empezando a normalizarse la mayoría de procesos ecológicos como la regulación del régimen hídrico de áreas alteradas en la microcuenca, observándose de esta manera especies con mayor capacidad de regeneración, las cuales deben aprovecharse en trabajos de recuperación o restauración ecológica. Respecto a lo anteriormente mencionado Lamprecht (1990), manifiesta que cuando las plantas de regeneración comienza a pasar de una fase a otra, estas empiezan a surgir y estructurarse para ocupar posiciones importantes en el dosel y cumplir funciones protectoras y productivas; además manifiesta que cuando la regeneración ha alcanzado posiciones de dominancia o codominancia, detienen su crecimiento en altura para dar paso al desarrollo del diámetro y ampliación de copas.

### **Regeneración natural en zonas alteradas hace más de 10 años y zonas no alteradas**

Los parámetros ecológicos muestran que en zonas alteradas las especies en su mayoría son árboles secundarios de sucesión, siendo ecológicamente las más importantes *Tibouchina lepidota*, *Miconia cf. cladonia*, *Critoniopsis pycnantha*; mientras que en zonas no alteradas de bosque nativo, las especies más importantes son *Weinmannia pinnata*, *Miconia caelata* y *Graffenrieda harlingii*, especies clímax que crecen y desarrollan en bosques nativos con un buen estado de conservación. Así mismo el número

de individuos por superficie (ha) difiere, donde en zonas alteradas se registra un mayor número de individuos (2693 Ind/ha-1), en tanto que en zonas no alteradas con un valor menor de especies (2206 Ind/ha-1); valores que difieren debido en un bosque o vegetación madura las especies y los procesos ecológicos tienden a estabilizarse.

### **Diversidad alfa y beta para las categorías I, II, II**

Esta variabilidad de la diversidad entre componentes se da, debido a que los ecosistemas al estar sometidos a interacciones antrópicas y con el paso del tiempo tienden a regenerar su estructura a través de diferentes procesos o estadios de sucesión. En el caso de la diversidad beta (Is) que indica el grado de similitud florística que pueden tener dos hábitats, señala que las categorías de regeneración natural son medianamente similares, tanto para árboles, arbustos y hierbas; esto posiblemente se deba a la diferencia de edad de las categorías, ingreso de nuevas especies y además la reducción en el número de individuos.

### **Diversidad alfa y beta para zonas alteradas hace más de 10 años y zonas no alteradas**

Los cálculos obtenidos a través de la diversidad beta determinan que estos dos ecosistemas son disimiles florísticamente, lo que se debe, a que una zona de estudio se trata de un área sometida a perturbaciones antrópicas, aunque en algunos casos se pueden encontrar especies compartidas en las dos zonas de estudio, como son *Tibouchina lepidota*, *Miconia cf. cladonia* y *Critoniopsis pycnantha*, demostrando que los bosques pueden llegar a recuperar su estructura con características similares a la inicial, pero no en su totalidad; a lo cual Denslow (1980) manifiesta que la diversidad disminuye luego de una perturbación severa, pero aumenta en el transcurso del tiempo.

### **Especies potenciales para recuperación hídrica**

A través de la matriz de evaluación se logró definir las especies forestales potenciales para la recuperación hidrológica en la microcuenca Jipiro, éstas son: *Morella pubescens*, *Alnus acuminata*, *Juglans neotropica*, *Clethra revoluta*, *Tibouchina lepidota*, *Rhamnus granulosa*, *Croton rimbachii*, *Hedyosmum racemosum*, *Weinmannia pinnata* y *Clusia elliptica*, datos que son corroborados por Velepucha y Hurtado (1987) que identificaron 30 especies forestales como representativas en la microcuenca Jipiro, algunas de ellas son similares: *Juglans neotropica*, *Alnus acuminata*, *Weinmannia sp*, *Clusia sp.*, *Croton sp.*, *Clethra sp.*, *Hedyosmum sp*, *Tibouchina lepidota*. En otro estudio Chamba (2008) manifiesta que las 10 especies más importantes e indispensable para la producción de agua para los campesinos del cantón Paltas son: *Lafoensia acuminata*, *Maclura tinctoria*, *Persea caerulea*, *Mimosa caduca*, *Pradosia montana*, *Criptoniopsis pycnantha*, *Fulcaldea laurifolia*, *Ficus insípida*, *Styrax subargentea* y *Cecropia litoralis*, deduciendo que existen especies vegetales más importantes que otras en la función de ayudar en la captación y regulación hídrica en una cuenca hidrográfica.

Las perturbaciones naturales en comunidades vegetales son simultáneamente una fuente de mortalidad para algunos individuos y el hábitat de establecimiento para otros y determinan la variabilidad en riqueza y diversidad de especies. El abandono de áreas de pastizales y plantaciones en la microcuenca Jipiro, ha permitido el inicio de procesos de estadios de sucesión, con el establecimiento de especies pioneras, lo que ha dado paso a la formación de complejos ecológicos como matorrales, que en el futuro sino existen nuevas intervenciones serán formaciones secundarias clímax que cumplirán funciones hídricas importantes.

## ■ CONCLUSIONES

En la microcuenca existen dos tipos de especies: las pioneras que poseen una alta capacidad de regeneración y colonización de áreas en procesos de recuperación, pero que en el transcurso del tiempo pierden esta potencialidad debido a modificaciones de las características del sitio, llegando en algunos casos a desaparecer, estas son: *Pteridium arachnoideum*, *Ageratina dendroides* y *Baccharis genistelloides*; y, las intermedias, que en el proceso inicial de regeneración de áreas perturbadas no son tan evidentes, ya que poseen una capacidad de regeneración baja, pero debido a las modificación y aporte de la especies pioneras que fortalecen los procesos ecológicos, se mantienen de forma permanente y son las que definirán la estructura y composición del ecosistema, las principales son: *Croton rimbachi*, *Weinmannia pinnata* y *Hedyosmum racemosum*.

Las especies forestales potenciales para la función hídrica de la microcuenca Jipiro son: *Morella pubescens*, *Alnus acuminata*, *Juglans neotropica*, *Clethra revoluta*, *Tibouchina lepidota*, *Rhamnus granulosa*, *Croton rimbachii*, *Hedyosmum racemosum*, *Weinmannia glabra* y *Clusia elliptica*.

Con este estudio se reafirma el papel que cumplen las coberturas boscosas como reguladoras de caudal de agua, ya que los elementos florísticos favorecen la captación, infiltración, almacenamiento y regulación, gracias a la producción de hojarasca y más detritos que forman una “esponja” sobre el suelo mineral que en conjunto con el sistema radicular de las plantas actúa en la retención y regulación hídrica. Estas propiedades regulan el nivel freático, permiten la recarga de acuíferos alimentadores del flujo base de las corrientes, disminuyen también la cantidad de pérdidas por escorrentía directa de la superficie y retrasan la evacuación instantánea de las lluvias.

## Contribución de autores

Amparito Lima Ramírez y Jorge Armijos levantaron la información de campo y elaboraron el documento inicial del artículo; Nelson Jaramillo y Jaime Peña aportaron en el análisis y a la revisión final del manuscrito.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Z. (2015). *Métodos para Medir la Biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Aguirre, Z. y Aguirre, N. (2001). *Diversidad y composición florística de un área de vegetación disturbada por un incendio forestal*. Tesis M. Sc. Escuela Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.
- Chamba, F. (2008). *Composición florística, estructura, endemismo y etnobotánica de los acuíferos ubicados entre 1000 a 2000 m s.n.m. del Cantón Paltas, Provincia de Loja*. Tesis de Ing. Forestal. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja, Ecuador
- Denslow, J. (1980). Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecología* 46:18-21.

Lima, A., Armijos, J., Jaramillo, N., y Peña, J. (2018) Regeneración natural en zonas alteradas e identificación de especies forestales potenciales para recuperación hídrica en la microcuenca del río Jipiro, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 51 - 63.

- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos*. Traducción del Alemán por Antonio Carrillo. Alemania, GTZ.
- Lee, H.; Carr, J. y Lankerani, A. (1995). Human disturbance and natural hábitat: a biome level analysis of global data set. *Biodiversity and conservation* 4: 128-155.
- Loayza, R. A. (2017). *Tesis de Ing. En Manejo y conservación del Medio Ambiente*. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja, Ecuador,
- Restrepo, J. C. y Restrepo, J. D. (2005). *Efectos naturales y antrópicos en la producción de sedimentos de la cuenca del río Magdalena*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 29 (august), 239–254.
- Torres, J. (2014). *Adaptación al cambio climático en zonas de montaña*. Retrieved may 19, 2017, from [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agro\\_noticias/smart\\_territories/docs/libro.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agro_noticias/smart_territories/docs/libro.pdf)
- Velepucha, L. Hurtado, G. (1987). *Estudio dendrológico y fenológico de las principales especies forestales de la subcuenca del río Jipiro*. Tesis de Ing. Forestal, Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja, Ecuador.
- Villa, N. (2009). *Caracterización florística y estructura de la vegetación natural de la cuenca superior del Río Zamora-Hoya de Loja*. Tesis Ingeniería en Ciencias Forestales. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja, Carrera de Ciencias Forestales.
- Zuri O, W. (2004). *Manual de Planificación y Gestión participativa de Cuencas y Microcuencas*. Quito, Ecuador.

## *Alnus acuminata kunth*: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono

### *Alnus acuminata kunth*: an alternative of reforestation and fixation of carbon dioxide

Aulestia-Guerrero Edgar<sup>1\*</sup>,  
Jiménez Leticia<sup>2</sup>,  
Quizhpe-Palacios José<sup>1</sup>,  
Capa-Mora Daniel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Biológicas, Ecología y Sistemática. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Biológicas, Biotecnología y Producción. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.

\* Autor para correspondencia: [emaulestia@hotmail.com](mailto:emaulestia@hotmail.com)

RECIBIDO: 13/09/2018

APROBADO: 12/12/2018

## RESUMEN

Uno de los gases responsables del cambio climático es el Dióxido de Carbono, mismo que se dispersa hacia la atmósfera por causa de la quema de combustibles fósiles. Además, la excesiva tasa de deforestación acontecida en el último milenio, que por motivos de expansión de la frontera agrícola y/o urbanización, ha devastado gran parte de la vegetación de ecosistemas naturales a nivel mundial, ahondando mucho más la problemática. Diversos estudios coinciden sobre la importancia de las masas vegetales hacia la disminución de Dióxido de Carbono atmosférico. Por ello, este trabajo pretende determinar la importancia de *Alnus acuminata* Kunth (aliso) en la fijación de Dióxido de Carbono, además de mostrar a esta especie como alternativa de reforestación en sectores andinos. Con este objetivo, se midió el DAP, altura y edad de 40 árboles seleccionados aleatoriamente mediante un muestreo no probabilístico. Posteriormente, se determinó el área basal, volumen de madera y biomasa existente. Con esto, se logró determinar que las plantas de aliso, en su estado natural, pueden fijar cerca de 6,15 Mg/ha de Dióxido de Carbono anualmente. Además, se estableció que las plantas estudiadas muestran un crecimiento de 1,45 m/año. Por tales motivos, se sugiere que esta especie puede ser considerada como alternativa para reforestación en sectores andinos, con la intención de disminuir la prevalencia de especies forestales exóticas invasoras, que pueden ocasionar graves pérdidas a la biodiversidad del sector; luchando además, de manera conjunta por la disminución de Dióxido de Carbono atmosférico que tanto daño ocasiona para el medio ambiente.

*Palabras clave:* aliso, cambio climático, reforestación, gases efecto invernadero, absorción de carbono, especies exóticas invasoras.

## ABSTRACT

One of the gases responsible for climate change is Carbon Dioxide, which is emitted into the atmosphere by the burning of fossil fuels. In addition, the excessive deforestation rate occurred in the last millennium, which for reasons of expansion of the agricultural frontier and / or urbanization, has devastated much of the vegetation of natural ecosystems worldwide, deepening much more the problem. Several studies agree on the importance of plant masses towards the reduction of atmospheric Carbon Dioxide. Therefore, this work aims to determine the importance of *Alnus acuminata* Kunth (alder) in the fixation of Carbon Dioxide, in addition to showing this species as an alternative of reforestation in Andean sectors. With this objective, the DAP, height and age of 40 randomly selected trees were obtained by non-probabilistic sampling. Subsequently, the basal area, wood volume and existing biomass were determined. With this, it was determined that the alder plants, in their natural state, can fix about 6,15 Mg / ha of Carbon Dioxide annually. In addition, it was established that the plants studied show a growth of 1,45 m/year. For these reasons, it is suggested that this species can be considered as an alternative for reforestation in Andean sectors, with the intention of reducing the prevalence of invasive exotic forest species, which can cause serious losses to the biodiversity of the sector; fighting in addition, jointly by the decrease of atmospheric Carbon Dioxide that causes so much damage to the environment.

*Key words:* alder, climate change, reforestation, greenhouse gases, carbon absorption, invasive alien species.

## INTRODUCCIÓN

La explosión demográfica o sobrepoblación humana que se evidencia en la actualidad ha obligado a la destrucción de ecosistemas naturales, para expandir la frontera agropecuaria y aumentar la producción de alimentos (Armenteras & Rodríguez Eraso, 2014). Esta destrucción también se ha realizado con la intención de aumentar la urbanidad y mejorar la calidad y estilo de vida de las personas (Badii *et al.*, 2015). No obstante, esto ha ocasionado graves pérdidas en la vegetación que sumado a los efectos de la revolución industrial han provocado el aumento incontrolado del Dióxido de Carbono en la atmósfera (García Marín, 2016).

Consecuencias ambientales se evidencian con el cambio climático, lo cual se debe, en gran medida, a la presencia en exceso de gases efecto invernadero en la atmósfera, con mayor incidencia del Dióxido de Carbono, que es emitido a mayor escala, por acciones antropogénicas (Díaz Cordero, 2012; González *et al.*, 2003). Se estima que cada año, se emite cerca de 52 700 000 000 Mg de Dióxido de Carbono a nivel mundial (PNUMA, 2015), 77 679 000 Mg en Ecuador (MAE, 2016) y 253 520 Mg en el cantón Loja (Vivanco Pinta 2015). Los efectos del cambio climático han ocasionado un aumento de 3°C en la temperatura media global, como también un aumento aproximado de 17 cm en el nivel del mar y un 30% en la acidificación del mismo (Coria, 2016). Además, se está evidenciando la desaparición de los glaciares y una gran distorsión climática, en donde las sequías excesivas y/o inundaciones están ocasionando serias pérdidas en la producción de alimentos a nivel mundial (López Feldman & Hernández Cortés, 2016).

No obstante, la vegetación puede aportar significativamente en la mitigación de estos efectos, considerando las altas concentraciones de Dióxido de Carbono que pueden fijar durante su periodo de vida (García Marín, 2016). Yepes & Silveira Buckeridge (2011) mencionan que todas las masas forestales juegan un papel fundamental en la absorción, almacenamiento y fijación de carbono desde la atmósfera. Bajo esta premisa científica, muchos investigadores han centrado su preocupación, hacia estudios que permitan establecer la importancia de ciertas especies forestales como sumideros de carbono.

En México, Bolaños González *et al.* (2017), estimaron la capacidad de bosques primarios de ciprés (Cupressus lusitanica) y oyamel (Abies religiosa) como fijadores de Dióxido de Carbono, asegurando que estas especies, por cada hectárea de plantación, pueden fijar cerca de 205 Mg/ha y 376 Mg/ha de carbono, respectivamente, entre biomasa forestal y carbono orgánico presente en el suelo. En Ecuador, Jumbo Salazar *et al.* (2018) realizaron un trabajo similar en un bosque siempre verde montano y siempre verde montano bajo, los cuales tienen la capacidad de almacenar, conjuntamente, cerca de 41 Mg/ha de dióxido de carbono; ante ello, aseguran que la conservación de estos tipos de bosques resulta trascendental hacia la mitigación del cambio climático.

En el cantón Loja, el 67% de su territorio es utilizado con fines de conservación, siendo el eucalipto y el pino las especies forestales con mayor dominancia (GEO Loja, 2007). No obstante, este tipo de especies forestales han causado impactos negativos al ecosistema natural, ya que su naturalización ha ocasionado el desplazamiento de especies nativas de sus hábitats naturales (Castillo, 2016). *Alnus acuminata* Kunth (aliso) es una especie nativa de los Andes que es utilizada para reforestación; esta especie es apta para asociarla a diferentes sistemas productivos, debido a sus aptitudes de conservación y adaptación, con el fin de disminuir el deterioro ambiental (Pacheco-Agudo & Quisbert-Guarachi, 2016).

Se ha demostrado que el aliso logra capturar grandes cantidades de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) lo que permite validarla como una especie forestal idónea para actividades de reforestación con fines de brindar este servicio ecosistémico (Silva-Parra, Garay-Rodríguez, & Gómez-Insuasti, 2018). El aliso, en Ecuador se distribuye naturalmente en sectores con temperaturas entre los 4 a 27°C, precipitaciones de 1 000 a 3 000 mm y altitudes de 2 300 y 2 400 m s.n.m en terrenos con altas pendientes (Aguirre Mendoza, Reyes Jiménez, Quizhpe Coronel, & Cabrera, 2017).

Con base a los antecedentes descritos, el presente trabajo de estimación pretende dar a conocer la cantidad de biomasa, carbono y Dióxido de Carbono que puede ser fijado por la especie *A. acuminata*, además de su importancia hacia la disminución de Dióxido de Carbono presente en la atmósfera. También se pretende proponerla como alternativa de reforestación en el cantón Loja (y otros sectores andinos) a cambio de especies exóticas que han sido utilizadas de manera intensiva hace varias décadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Los datos fueron recolectados en la Estación Agropecuaria de la Universidad Técnica Particular de Loja (EA-UTPL), la cual cuenta con una extensión de 52 ha y está ubicada en la zona de amortiguamiento del parque Nacional Podocarpus, sector Cajanuma, a 10 km al sur del cantón Loja (Cisneros, López, Ordóñez, & Guzmán, 2004). El sector muestreado corresponde a un bosque en zona de transición. Además indicar que sus alrededores han sido deforestados, con la intención de cultivar pastos. La zona muestreada se encuentra a una altitud aproximada de 2 750 m s.n.m, cuenta con un clima promedio de 15 °C, pendientes de 40-70% de inclinación, velocidad del viento de 3 m/s, precipitación anual de 1 700 mm, humedad relativa entre el 65 al 85% e insolación cercana a las 1 500 horas/año (Lozano, Bussmann, & Koppers, 2007).

### Medición de la edad y toma de datos o variables dasométricas

Esta investigación se la realizó bajo métodos no destructivos (no derribo de árboles). Para ello, la información correspondiente a la edad y la altura de los árboles muestreados, fue recolectada mediante métodos alternativos, los cuales se describen a continuación. La edad de los árboles fue estimada mediante el método del conteo de verticilos. Este método es utilizado en epidimetría forestal, mismo que procede al conteo de las yemas subyacentes, brindando así, una noción acertada de la edad del árbol a muestrear (Lusk & Le-Quesne, 2000). No obstante, para utilizar este método, se debe considerar que el objeto a muestrear debe poseer un solo tallo principal (crecimiento apical) sin bifurcaciones (Imaña & Encinas, 2008). Finalmente, con la fórmula número 1, expuesta en la tabla 1, se calculó el crecimiento medio anual de los individuos muestreados.

La altura total (Ht), fue medida y calculada mediante la técnica de la cruz del hachero o leñador. Esta técnica es utilizada, en dendrometría, para estimar la altura de especies forestales mediante principios geométricos. La técnica consiste en la obtención de una varilla del tamaño del brazo del muestreador y colocarla de manera perpendicular al brazo del mismo, para luego, ubicarse a una distancia aproximada al tamaño del árbol e ir observando hasta que, tanto varilla como árbol, coincidan, tal y como lo muestra la figura 1. Una vez coincida la varilla y el árbol, la distancia entre el árbol y la ubicación del muestreador donde coincidieron ambos objetos, será la altura del árbol muestreado (Romahn de la Vega & Ramírez Maldonado, 2010).

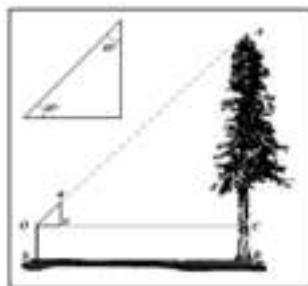


Figura 1. Técnica de la cruz del hachero

Fuente. Romahn de la Vega & Ramírez Maldonado, 2010



La circunferencia a la altura del pecho (CAP) fue medida a una altura de 1,30 m desde el tocón del árbol, con lo cual, se utilizó la fórmula 2, expuesta en la tabla 1, para obtener el diámetro a la altura del pecho (DAP) (Jumbo Salazar *et al.*, 2018). Con este dato, sumado a los datos de altura calculados anteriormente, se calculó el área basal (G) y volumen (V) utilizando la fórmula 3 y 4 detalladas en la tabla 1. Se determinó la cantidad de biomasa y Carbono fijado por las plantas estudiadas, utilizando la fórmula 5 y 6 expuestas en la tabla 1. Para calcular la cantidad de Dióxido de Carbono fijado (CO<sub>2</sub>) por las plantas de estudio, se transformó las unidades de carbono a unidades de CO<sub>2</sub> multiplicando por la constante de 3,67 (IPPC, 2006), para lo cual, se utilizó la fórmula 7 evidenciada en la tabla 1.

Se extrapolaron los resultados obtenidos con los 40 alisos estudiados, utilizando la fórmula 8 (tabla 1), para obtener el Dióxido de Carbono fijado por una hectárea. Después, se utilizó la fórmula 9 (tabla 1), para obtener el Dióxido de Carbono fijado por una hectárea de aliso por cada año de vida.

### Análisis de la información

Tabla 1. Datos y ecuaciones que fueron utilizados para calcular parámetros o variables de respuesta

Nro. de ecuación	Ecuación	Significado de variables	Fuente
1	$CMA = Ht/edad$	CMA = Crecimiento medio anual (m/año) Ht = Altura total de la planta (m) Edad = edad promedio del árbol (años)	Imaña & Encinas (2008)
2	$DAP = CAP / \pi$	DAP = Diámetro a la altura del pecho (m) CAP = Circunferencia a la altura del pecho (m) $\pi = 3,1416$	Jumbo Salazar et al. (2018)
3	$G = (\pi/4) \times DAP^2$	G = Área basal (m <sup>2</sup> ) DAP = Diámetro a la altura del pecho (m)	Jumbo Salazar et al. (2018)
4	$V = G \times Ht \times Ff$	V = Volumen total de planta (m <sup>3</sup> ) G = Área basal (m <sup>2</sup> ) Ht = Altura total de la planta (m) Ff= Factor de forma (Latifoliadas= 0,7)	Jumbo Salazar et al. (2018)
5	$Bf = V \times d \times FEBa \times FEBs$	Bf = Biomasa total (Mg) V = Volumen total de planta (m <sup>3</sup> ) d = Densidad de la madera (Aliso = 0,3 g/cm <sup>3</sup> ) FEBa = Factor de expansión de biomasa aérea [ramas, hojas] (1,20) FEBs = Factor de expansión de biomasa subterránea [raíces] (1,20)	Jumbo Salazar et al. (2018) Quinceno Urbina et al. (2016) Densidad de madera Fuente: Ospina Penagos et al. (2005) Factores de expansión Fuente: IPPC (2006)
6	$C = B \times f_c$	C = Carbono almacenado por los árboles (Mg) B = Biomasa de los árboles (Tn) f <sub>c</sub> = Fracción de carbono en la biomasa (0,5)	Jumbo Salazar et al. (2018) Quinceno Urbina et al. (2016)

Nro. de ecuación	Ecuación	Significado de variables	Fuente
7	$CO_2 = C \times 3,67$	<p><math>CO_2</math> = Dióxido de carbono capturado desde la atmósfera (Mg)</p> <p>C = Carbono almacenado por los árboles (Mg)</p>	IPPC (2006) Jumbo Salazar et al. (2018)
8	$X = (CO_2 \times 120) / 40$	<p>X = Dióxido de carbono por hectárea</p> <p><math>CO_2</math> = Dióxido de carbono capturado desde la atmósfera (Mg)</p> <p>120 = densidad de plantas registradas en el área de estudio</p> <p>40 = total de árboles muestreados</p>	Extrapolación
9	$Y = X / \text{edad promedio}$	<p>Y = Dióxido de Carbono por hectárea por año</p> <p>X = Dióxido de carbono por hectárea (Mg)</p> <p>Edad = edad promedio del árbol (años)</p>	Extrapolación

## Análisis de datos

Para el presente estudio, se utilizó un muestreo no probabilístico consecutivo. La densidad encontrada en el área de estudio fue 120 plantas/ha, de lo cual, se realizó la toma de muestras a un tercio (1/3) de la población (40 plantas) de forma aleatoria. Se utilizó estadística descriptiva para calcular la media, rangos y desviación estándar de la población muestreada.

## RESULTADOS

La tabla 2 muestra la media, rangos (máximo y mínimo) y desviación estándar de la edad y las variables dasométricas de los 40 árboles estudiados en el presente trabajo.

Se registró que la edad promedio de los alisos estudiados es de 11 años, la altura promedio es de 15,93 m y el diámetro promedio a la altura del pecho (DAP) de 31 cm. El crecimiento medio anual (CMA) fue de 1,45 m/año.

El área basal que contienen los 40 árboles de estudio fue de 3,48 m<sup>2</sup>; el volumen total de madera fue de 40,95 m<sup>3</sup>. Se logró apreciar que estos valores, extrapolados para una hectárea (120 alisos), arrojan un total de 10,43 m<sup>2</sup>/ha de área basal y 122,84 m<sup>3</sup>/ha de volumen total de madera.

La biomasa forestal fue de 15,56 Mg; la fijación de carbono es de 7,78 Mg y de Dióxido de Carbono de 28,55 Mg para los 40 alisos estudiados. Estos datos, extrapolados para una hectárea (120 alisos) son capaces de fijar 46,68 Mg/ha de biomasa, 23,34 Mg/ha de carbono y 85,65 Mg/ha de Dióxido de Carbono, en los arboles de alisos estudiados.

La fijación anual de Dióxido de Carbono por parte de los 40 alisos estudiados, fue de 2,05 Mg; mientras que una hectárea de aliso (120 árboles) es capaz de fijar cerca de 6,15 Mg/ha de Dióxido de Carbono anualmente.

Tabla 2. Parámetros estadísticos de los árboles muestreados

Parámetro	Media	Rangos		Desviación estándar
		Máximo	Mínimo	
Edad (años)	11	13	8	1,24
DAP (cm)	31,00	45,52	20,05	6,73
H (m)	15,93	19,60	12,50	1,86
Área (m <sup>2</sup> )	0,09	0,22	0,02	0,06
Volumen (m <sup>3</sup> )	1,02	2,83	0,17	0,76
Biomasa (Mg)	0,39	1,07	0,06	0,29
Carbono (Mg)	0,19	0,54	0,03	0,14
Dióxido de Carbono (Mg)	0,71	1,97	0,12	0,53

## ■ DISCUSIÓN

### Edad y crecimiento medio anual

Debido a lo comprobado en otros estudios, sobre el potencial en los sistemas de producción mixta (silvopastoral) donde incrementa la fertilidad del suelo, sumado a su velocidad de crecimiento en las condiciones edafoclimáticas del sector andino (Pacheco-Agudo & Quisbert-Guarachi, 2016), *A. acuminata* resulta una alternativa de reforestación que aporta también a la disminución de gases como Dióxido de carbono y Óxido Nitroso que son dispersados, muchas veces, por acciones antropogénicas (Silva-Parra *et al.*, 2018).

Cabe destacar que los árboles de *A. acuminata* estudiados han logrado adaptarse perfectamente a las condiciones edafoclimáticas del sector estudiado, ya que muestran un crecimiento anual promedio de 1,45 m. Esta afirmación se consolida con base a los resultados registrados por Ospina Penagos *et al.* (2005), quienes reportan en esta especie rangos de crecimiento desde 1,45 a 2,5 m en altura anualmente, en varios sectores de Colombia y Costa Rica. Similares valores se reportan en otros contextos tropicales con crecimientos de 1,20 y 2,30 m de altura anualmente (Medina, Orozco, & Díez, 2008). Cabezas Gutiérrez *et al.* (2008), afirman que el crecimiento de esta especie se debe a la capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, incrementando así, la producción de Rubisco y la actividad fotosintética, lo que mejora la distribución de los carbohidratos dentro de la planta y con esto su desarrollo vegetativo. Se puede establecer que *A. acuminata*, especie nativa de la cadena montañosa de los Andes, posee un crecimiento superior en comparación al pino (0,8 m/año) y el eucalipto (1,8 m/año) (Pinilla, 2009; Sanchez *et al.*, 2003), que son especies exóticas invasoras de relevancia socio económica dentro del sector estudiado. No obstante, de estas especies se reportan impactos negativos sobre la pérdida de biodiversidad (Castillo, 2016).

## Variables dasométricas y estimación de biomasa, carbono y dióxido de carbono

La fijación de Dióxido de Carbono obtenida en el presente estudio (85,65 Mg/ha), resultó mucho menor a lo obtenido por Jumbo Salazar *et al.* (2018) en un bosque siempreverde montano y siempreverde montano bajo, en donde registraron una fijación aproximada de 151 Mg/ha de Dióxido de Carbono; al igual que lo obtenido en Barrancominas (Colombia), por Quinceno Urbina *et al.* (2016) en un bosque muy húmedo tropical, donde registraron una fijación de 174,7 Mg/ha de Dióxido de Carbono. No obstante, la fijación del aliso toma relevancia al ser comparada con otros ecosistemas naturales; Rodríguez-Larramendi *et al.* (2016) en Chiapas (México) registró una fijación aproximada de 21,7 Mg/ha de Dióxido de Carbono en un bosque secundario; también fue superiormente relevante a lo obtenido por Flores Ramírez *et al.* (2012) en Veracruz (México) en una plantación de pino en donde lograron evidenciar una fijación de 26,5 Mg/ha de Dióxido de Carbono.

Para Quinceno Urbina *et al.* (2016) existen varios factores que pueden intervenir, positiva o negativamente, en una estimación de fijación de Dióxido de Carbono, entre ellos: la población a muestrear (bosque, rodal, silvopasturas y/o plantación), la metodología empleada para obtener los resultados pertinentes y la densidad de la madera de la especie a muestrear. Como primer punto, para diversos autores, al muestrear un bosque primario se desconoce ciertos parámetros importantes para la estimación en el almacenamiento y fijación de Dióxido de Carbono, entre ellos la edad del bosque por ejemplo; este desconocimiento arrojará estimaciones totalmente distintas (Rodríguez-Larramendi *et al.*, 2016). Es así, que un árbol antiguo ha logrado almacenar mayor cantidad de Dióxido de Carbono comparado a un árbol reciente (Fonseca, Ruíz, Rojas & Alice, 2013). Se debe considerar, además, que la densidad arbórea encontrada en cada sitio muestreado puede arrojar importantes discrepancias en cuanto a fijación de Dióxido de Carbono (Flores Ramírez *et al.*, 2012). Por ejemplo, un bosque primario puede poseer mayor o menor cantidad de árboles que una plantación y/o un bosque secundario, por lo cual, la biomasa existente será distinta para cada caso de estudio (Jumbo Salazar *et al.*, 2018).

Como segundo punto, la metodología utilizada para estimar la fijación de Dióxido de Carbono, va a depender, en cierto punto, de lo que el investigador considere más pertinente (Honorio & Baker, 2010). En el presente estudio, se consideró la biomasa de *A. acuminata* en su estado natural, mientras que Quinceno Urbina *et al.* (2016) calculan la misma variable a nivel de ecosistema considerando la biomasa en otros compartimentos de almacenamiento como la hojarasca, lo cual modifica los valores del ecosistema de manera integral. En un trabajo realizado por Fonseca *et al.* (2013), se puede notar que la estimación fue realizada mediante métodos de laboratorio, realizando un estudio destructivo (derribo de árboles) para realizar el conteo de anillos, realizar pruebas de densidad de madera y proceder al cálculo de la fijación de Dióxido de Carbono a partir de la materia orgánica obtenida mediante la técnica de Walkley y Black (Cunalata, Inga, Alvarez, Recalde & Echeverría, 2013).

Como tercer punto, la densidad de madera de *A. acuminata* es de 0,38 g/cm<sup>3</sup>, mientras que en las especies estudiadas por Jumbo Salazar *et al.* (2018) son de: 0,53 g/cm<sup>3</sup> (*Miconia sp.*) y 0,52 g/cm<sup>3</sup> (*Weinmannia pinnata* Linnaeus). Además, la densidad de las especies muestreadas por Quinceno Urbina *et al.* (2016) son de 0,47 g/cm<sup>3</sup> (*Cedrelinga cateniformis*), 0,56 g/cm<sup>3</sup> (*Couma sp.*), 0,58 g/cm<sup>3</sup> (*Qualea paraensis*). Aquí se evidencia que *A. acuminata* es una especie pionera de baja densidad en la

madera, por ende, su almacenamiento y fijación de carbono son menores frente a otras especies que poseen valores medios en cuanto a esta variable (Moreno & Iguartúa, 2015). Por tal motivo, se logra justificar que al multiplicar las diferentes densidades en el correspondiente modelo matemático, se obtendrán valores distintos, por lo cual, la estimación dependerá, en gran medida, de la densidad de la madera de la especie estudiada (Ordóñez Díaz *et al.*, 2015).

## ■ CONCLUSIONES

Los árboles de *A. acuminata* muestreados en el presente trabajo (40 árboles), muestran un total de 15,56 Mg de biomasa forestal, una fijación de 7,78 Mg de carbono y 28,55 Mg de Dióxido de Carbono. Con esto se deduce que han logrado fijar cerca de 2,05 Mg de Dióxido de Carbono anualmente. Extrapolando la muestra de para una hectárea (120 plantas según lo encontrado en su estado natural en el sector de estudio), se evidencia que la biomasa total es de 46,68 Mg/ha, mientras que logran fijar 23,34 Mg/ha de carbono y 85,65 Mg/ha de Dióxido de Carbono. Con esto, se logra determinar que los alisos son capaces de fijar cerca de 6,15 Mg/ha de Dióxido de Carbono anualmente. Así mismo, se logró registrar que poseen un desarrollo destacable (1,45 m/año), en comparación con el crecimiento vegetativo de las dos especies forestales más dominantes del cantón Loja: el pino y el eucalipto.

Por estas causas, se considera que el aliso resulta una especie forestal, nativa además, que puede aportar significativamente en la disminución de Dióxido de Carbono presente en la atmósfera, además de ser una especie de gran interés forestal, debido al buen desarrollo vegetativo que muestra.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Mendoza, Z., Reyes Jiménez, B., Quizhpe Coronel, W., & Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543–556. <https://doi.org/http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24207>
- Armenteras, D., & Rodríguez Eraso, N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de Latino América: Una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17(2), 233–246.
- Badii, M., Guillen, A., Rodríguez, C., Lugo, O., Aguilar, J., & Acuña, M. (2015). Pérdida de biodiversidad: causas y efectos. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(2), 156–174.
- Bolaños González, Y., Bolaños González, M. A., Paz Pellat, F., & Ponce Pulido, J. I. (2017). Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 35(1), 73–86.
- Cabezas Gutiérrez, M., Peña Baracaldo, F., Janier Díaz, C., & Moreno, A. F. (2008). Dosel de tres especies forestales y su relación con la adaptación a suelos degradados por erosión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 11(2), 175–185.
- Castillo, S. (2016). Introducción intencional de fauna exótica y futuros invasores: ¿Seguimos tropezando con la misma piedra una y otra vez? *Bosques*, 37(2), 237–241.
- Cisneros, R., López, F., Ordóñez, L., & Guzmán, W. (2004). *La carretera Cajanuma - Lagunas del compadre en el parque Nacional Podocarpus: La susceptibilidad de las áreas protegidas*. (P. Mena Vásquez & D. Ortiz, Eds.) (Primera). Quito, Ecuador. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/311453868\\_La\\_Carretera\\_Cajanuma\\_-\\_Lagunas\\_del\\_Compadre\\_](https://www.researchgate.net/publication/311453868_La_Carretera_Cajanuma_-_Lagunas_del_Compadre_)

- en el Parque Nacional Podocarpus La Susceptibilidad de las Áreas Protegidas
- Coria, I. D. (2016). Cambio climático : un desafío de hoy para el mundo de mañana. *Invenio*, 19(36), 7–9.
- Cunalata, C., Inga, C., Alvarez, G., Recalde, C., & Echeverría, M. (2013). Determinación del contenido de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades de Chimborazo y Shobol Ilinllin en Ecuador. *El Boletín Del Grupo Español Del Carbón*, (27), 10–13.
- Díaz Cordero, G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII(2), 227–240.
- Flores Ramírez, N. F., Mendizábal-Hernández, L. del C., & Alba-Landa, J. (2012). Potencial de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el valle de Perote. Estudio de caso: *Pinus cembroides subs. orizabensis* D.k. Bailey. *Foresta Veracruzana*, 14(1), 17–22.
- Fonseca, W., Ruiz, L., Rojas, M., & Alice, F. (2013). Modelos alométricos para la estimación de biomasa y carbono en *Alnus acuminata*. *Revista de Ciencias Ambientales*, 46(2), 37–50. <https://doi.org/10.15359/rca.46-2.4>
- García Marín, M. E. (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Producción + Limpia*, 11(2), 161–168. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a13>
- GEO Loja. (2007). *Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO LOJA*. Loja, Ecuador. Retrieved from [http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo Loja.pdf](http://www.naturalezaycultura.org/docs/Geo%20Loja.pdf)
- González, M., Jurado, E., González, S., Aguirre, Ó., Jiménez, J., & Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UANL*, 6(3), 377–385.
- Honorio, E., & Baker, T. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos* (Primera ed). Lima, Perú. Retrieved from [http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio\\_Baker2010 Manual carbono.pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio_Baker2010%20Manual%20carbono.pdf)
- Imaña, J., & Encinas, O. (2008). *Epidometría Forestal*. Brasilia, Brasil. Retrieved from [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO\\_EpidometriaForestal.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf)
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2006). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Retrieved from [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4\\_Volume4/V4\\_04\\_Ch4\\_Forest\\_Land.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf)
- Jumbo Salazar, C. A., Arévalo Delgado, C. D., & Ramirez-Cando, L. J. (2018). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tijinillas-Limón Indanza, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 27(1), 51–63. <https://doi.org/http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04Articulo>
- López Feldman, A. J., & Hernández Cortés, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, LXXXIII (4(332)), 459–496. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>
- Lozano, P., Bussmann, R., & Kupperts, M. (2007). Diversidad florística del bosque montano en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus, Sur del Ecuador y su influencia en la flora pionera en deslizamientos naturales. *Revista UDO Agrícola*, 7(1), 142–159.
- Lusk, C., & Le-Quesne, C. (2000). Los verticilos de juveniles de *Araucaria araucana* (Molina) Koch: ¿son formados anualmente? *Revista Chilena de Historia Natural*, (73), 497–501.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). (2016). *Primer informe bienal de actualización del Ecuador a la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Quito, Ecuador. Retrieved from [https://unfccc.int/files/national\\_reports/non-annex\\_i\\_parties/biennial\\_update\\_reports/application/pdf/ecubur1.pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/non-annex_i_parties/biennial_update_reports/application/pdf/ecubur1.pdf)
- Medina, M., Orozco, H., & Díez, M. C. (2008). Establecimiento de un sistema silvopastoril mediante las especies *Alnus acuminata* H.B.K. y *Acacia decurrens* Willd y respuesta al empleo de organismos rizosféricos en San Pedro (Antioquia). *Livestock Research for Rural Development*, 20(1). Retrieved from <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd20/1/medi20007.htm>
- Moreno, K., & Iguartúa, D. (2015). *Eucalyptus globulus* en el sudeste de la provincia de Buenos Aires:

- edades, procedencias y densidad de la madera. *Revista de Investigaciones*, 276(7620), 143–148.
- Ordóñez Díaz, J. A. B., Galicia Naranjo, A., Venegas Mancera, N. J., Hernández Tejeda, T., Ordóñez Díaz, M. de J., & Dávalos-Sotelo, R. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. *Madera y Bosques*, 21(Especial), 77–126.
- Ospina Penagos, C. M., Hernández Restrepo, R. J., Gómez Delgado, D. E., Godoy Bautista, J. A., Aristizábal Valencia, F. A., Patiño Castaño, J. N., & Medina Ortega, J. Á. (2005). *El aliso o cerezo. Alnus acuminata H.B.K ssp acuminata* (Vol. 1). Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/publications/aliso.pdf>
- Pacheco-Agudo, E., & Quisbert-Guarachi, A. S. (2016). Modelos de aprovechamiento sostenible del Aliso (*Alnus Acuminata* Kunth) en zona de ladera de bosque de niebla. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(1), 24–38.
- Pinilla, J. C. (2009). Modelos de crecimiento para *Eucalyptus globulus* en monte bajo entre las regiones de Valparaíso y los Lagos. *Ciencia e Investigación Forestal*, 15(2), 207–234.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2015). *Informe de 2015 sobre la disparidad en las emisiones*. Nairobi, Kenia. Retrieved from [https://uneplive.unep.org/media/docs/theme/13/EGR\\_2015\\_Technical\\_Report\\_ES.pdf](https://uneplive.unep.org/media/docs/theme/13/EGR_2015_Technical_Report_ES.pdf)
- Quinceno Urbina, N. J., Tangarife Marín, G. M., & Álvarez León, R. (2016). Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chigüiro-Chátare de Barrancominas, departamento del Guainía (Colombia). *Luna Azul*, (43), 171–202. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.9>
- Rodríguez-Larramendi, L. A., Guevara-Hernández, F., Reyes-Muro, L., Ovando-Cruz, J., Nahed-Toral, J., Prado-López, M., & Campos Saldaña, R. A. (2016). Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(37), 77–94.
- Romahn de la Vega, C. F., & Ramírez Maldonado, H. (2010). *Dendrometría*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/profile/Hugo...Dendrometria.../dendrometria.pdf>
- Sanchez, F., Rodriguez, R., Rojo, A., Alvarez, J. G., Lopez, C., Gorgoso, J., & Castedo, F. (2003). Crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.*, 12(2), 65–83.
- Silva-Parra, A., Garay-Rodríguez, S., & Gómez-Insuasti, A. S. (2018). Impacto de *Alnus acuminata* Kunth en los flujos de NO<sub>2</sub> y calidad del pasto *Pennisetum clandestinum* Hochst . ex Chiov. *Colombia Forestal*, 21(1), 47–57.
- Vivanco Pinta, S. M. (2015). *Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja*. Universidad Nacional de Loja. Retrieved from <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10317>
- Yepes, A., & Silveira Buckeridge, M. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global (Revisión). *Colombia Forestal*, 14(2), 213–232.

# Evaluación de la calidad de los suelos de sistemas frutícolas de la Zona Central de Chile

## Evaluation of soil quality of fruit systems in the Central Zone of Chile

Carlos Guillermo Chuncho <sup>1\*</sup>  
Eduardo Arrellano <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

<sup>2</sup>Profesor Asociado, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

\*Autor para correspondencia: cgchuncho@uc.cl

RECIBIDO: 21/09/2018

APROBADO: 14/12/2018

### RESUMEN

La zona central de Chile tiene el mayor porcentaje de árboles frutales por área plantada. Estos sistemas agrícolas han provocado un cambio en su fertilidad natural, productividad y propiedades; concomitantemente, pérdida de su calidad. Para encontrar e identificar prácticas de manejo adecuadas para cultivos frutales, el método de evaluación relacionado con la calidad del suelo tiene la mayor influencia. El objetivo principal de este estudio fue generar índices de calidad del suelo (ICS) para sistemas frutales en la Zona Central de Chile, basados en propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de las Regiones IV y VI. Con estas propiedades, a través de un análisis factorial, los indicadores se seleccionaron y normalizaron en un ICS a través de funciones lineales y no lineales. Los resultados generales muestran que los indicadores con el peso final más alto en la IV Región fueron conductividad eléctrica, carbono orgánico, N total, Na intercambiable, S disponible, arcilla y arena. Mientras que los indicadores en la VI Región fueron CIC, arcilla, K disponible, Ca y Mg intercambiables. Con respecto a la calidad del suelo, las Regiones IV y VI mostraron un SQI de 0,15 y 0,17, respectivamente. Estos valores no mostraron diferencias significativas ( $p = 0,2613$ ).

*Palabras claves:* Índices de calidad del suelo; Calidad del suelo; Zona Central



## ABSTRACT

The central zone of Chile has the highest percentage of fruit trees per planted area. These agricultural systems have caused a change in their natural fertility, productivity and properties; concomitantly, loss of quality. To find and identify suitable management practices for fruit crops, the evaluation method related to soil quality has the greatest influence. The main objective of this study was to generate soil quality indexes (ICS) for fruit systems in the Central Zone of Chile, based on physical, chemical and biological properties of soil in Regions IV and VI. With these properties, through a factorial analysis, the indicators were selected and normalized in an ICS through linear and non-linear functions. The general results show that the indicators with the highest final weight in the IV Region were electrical conductivity, organic carbon, total N, exchangeable Na, S available, clay and sand. While the indicators in the VI Region were CIC, clay, available K, Ca and Mg interchangeable. With respect to soil quality, Regions IV and VI showed an SQI of 0.15 and 0.17, respectively. These values did not show significant differences ( $p = 0.2613$ ).

*Key words:* soil quality indexes; soil quality; Central zone.

## INTRODUCCIÓN

La Zona Central de Chile se caracterizan por tener clima variable, no es desértico ni húmedo, presenta veranos calurosos y secos; y, una temperatura asociada a las precipitaciones anuales en invierno (Ceccarelli *et al.* 2007; Sanz *et al.* 2017). Estas características biofísicas ha permitido que esta área posea el mayor porcentaje (80 %) de superficie plantada de frutales (CONICYT 2008), convirtiéndola en la principal área geográfica de exportación (Echeverría *et al.* 2012). Sin embargo, estos sistemas agrícolas han provocado afectaciones a las propiedades físicas, químicas y bioquímicas; y, sobre su fertilidad natural y productividad del suelo (Muñoz *et al.* 2007; Stolpe *et al.* 2008). Además, la intensidad del laboreo ha ocasionado daños a la biota, temperatura, aireación, y al grado de contacto entre el material orgánico y las partículas minerales del suelo (Kladivko 2001; Tilman *et al.* 2001).

Frente a los impactos negativos sobre el suelo, producto de los sistemas frutícolas tradicionales (Weissenberger 2015), es necesario el desarrollo de nuevos sistemas de gestión que reduzcan al mínimo la degradación del suelo; por consiguiente, para encontrar e identificar prácticas adecuadas de manejo para cultivos frutícolas, el método de evaluación relacionado con la calidad de suelo es el que tienen mayor influencia (Liu *et al.* 2014; Duval *et al.* 2013; Ditzler y Tugel 2002).

Al evaluar la calidad del suelo (CS), se conocerá el estado, uso y manejo sostenible del suelo, debido a su relación con calidad ambiental, metas de la agricultura y aspectos económicos (Larson y Pierce 1994; Herrick 2000; Karlen *et al.* 2001; Doran 2002). Una de las desventajas al evaluar la CS es su determinación, debido a su especificidad a un sitio y suelo; sin embargo, puede ser evaluada a partir del uso de indicadores (Singh *et al.* 2014). Estos indicadores son un grupo compuesto de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Bloem *et al.* 2009; Marzaioli *et al.* 2010; Shukla *et al.* 2006), los cuales serán agrupadas en un conjunto mínimo de datos y transformadas en un índice general (Smith *et al.* 1993; Lee *et al.* 2006). Este índice de calidad del suelo (ICS) informará la aptitud del suelo para cumplir una o más funciones (Armenise *et al.* 2013).

Hay estudios previos realizados sobre el ICS en regiones áridas y semiáridas; y, en zonas del mediterráneo en diferentes sistemas productivos y usos del suelo en otras regiones del planeta (Raiesi y Kabiri 2016; Zornoza *et al.* 2008; Marzaioli *et al.* 2010). Sin embargo, en la zona central de Chile y regiones semiáridas como la Región de Coquimbo, con alta heterogeneidad ambiental (Comisión Nacional del Medio Ambiente 2008), y variedad de usos del suelo (Uribe *et al.* 2014), la evaluación de la CS a través de ICS en sistemas agrícolas es aún desconocida.

Adicionalmente, por los escasos reportes de la calidad del suelo de la zona central de Chile, y sobre la base de la importancia de los ICS, hace necesario su aplicación para monitorear y discriminar las prácticas de manejo en los sistemas agrícolas; y, entender como optimizar los sistemas productivos para incrementar la producción de los cultivos y mejorar la calidad del suelo (Andrews *et al.* 2002; Rezaei *et al.* 2006).

Los objetivos de esta investigación fueron desarrollar ICS a partir de la integración de propiedades físicas, químicas y biológicas, para sistemas frutícolas de la zona central de Chile de predios de las Regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y Coquimbo; y, comparar, mediante el uso de los ICS, la CS de los sistemas frutícolas de la zona central de Chile.

## ■ MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La zona central ocupa el 49,1 % del territorio nacional, es mediterráneo semiárido, con veranos secos e inviernos fríos. La temperatura máxima media es 28,7°C; y, la media mínima de 3,4°C. La precipitación se concentra en invierno con una media anual de 330 mm y un período seco de ocho meses (Martínez *et al.* 2013). En zona central de Chile, la Región de Coquimbo (IV) se caracteriza por tener un clima semiárido, presenta condiciones agroecológicas favorables, lo que ha determinado una rápida expansión de la producción frutícola (Casanova *et al.* 2013). Por su parte la VI Región, se caracteriza por tener un clima templado-cálido con lluvias invernales, una estación seca prolongada y un clima templado de degradación de montaña (Astudillo y Fuentealba, 2011). Esta Región cuenta a nivel nacional con la mayor superficie de plantaciones frutales (24 %) y la segunda de viñas y parronales viníferos (27,6 %) (INE, 2007).

### Muestras de suelos

En la IV Región se tomaron muestras de suelos en cinco predios con tres repeticiones cada una, todas con manejo convencional; mientras que en la VI Región las muestras fueron tomadas en 45 sitios establecidos correspondientes a 14 predios, tres corresponde a manejo orgánico. Se determinaron las propiedades físicas, químicas, biológicas (Tabla 1). También se incluyeron metales pesados (Casanova *et al.* 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La zona central ocupa el 49,1 % del territorio nacional, es mediterráneo semiárido, con veranos secos e inviernos fríos. La temperatura máxima media es 28,7°C; y, la media mínima de 3,4°C. La precipitación se concentra en invierno con una media anual de 330 mm y un período seco de ocho meses (Martínez *et al.* 2013) the climate, and the type and time of implementation of a particular management system. The aim of this study was to evaluate the effects of no-tillage (NT. En zona central de Chile, la Región de Coquimbo (IV) se caracteriza por tener un clima semiárido, presenta condiciones agroecológicas favorables, lo que ha determinado una rápida expansión de la producción frutícola (Casanova *et al.* 2013). Por su parte la VI Región, se caracteriza por tener un clima templado-cálido con lluvias invernales, una estación seca prolongada y un clima templado de degradación de montaña (Astudillo y Fuentealba, 2011). Esta Región cuenta a nivel nacional con la mayor superficie de plantaciones frutales (24 %) y la segunda de viñas y parronales viníferos (27,6 %) (INE, 2007).

### Muestras de suelos

En la IV Región se tomaron muestras de suelos en cinco predios con tres repeticiones cada una, todas con manejo convencional; mientras que en la VI Región las muestras fueron tomadas en 45 sitios establecidos correspondientes a 14 predios, tres corresponde a manejo orgánico. Se determinaron las propiedades físicas, químicas, biológicas (Tabla 1). También se incluyeron metales pesados (Casanova *et al.* 2013).

### Desarrollo de los índices de calidad del suelo (ICS) e identificación de los indicadores

Para determinar los ICS se consideró el enfoque de Andrews *et al.* (2002) farm advisors, resource conservationists, and other land managers may benefit from decision tools that help identify the most sustainable management practices. Indices of soil quality (SQIs: a) identificación de un conjunto mínimo de datos (CMD); b) normalización de los indicadores; c) integración de las puntuaciones de los indicadores en un ICS. Los indicadores fueron seleccionados a través de un análisis factorial con el método de rotación oblicua varimax (Shukla *et al.* 2006). Además, se aplicó una prueba paralela para establecer el número de factores (Buja y Eyuboglu 1992); y, para determinar la idoneidad del análisis factorial y que variables son las más significativas se realizó una prueba de esfericidad de Bartlett y Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).

### Normalización e integración de los indicadores

Las variables del CMD se transformaron en un ICS. Cada variable del CMD se estandarizó utilizando una función de puntuación no lineal (Andrews y Carroll, 2001). Las formas generales de las funciones son: sigmoidea asintótica superior, asintótica inferior y función gaussiana (Andrews *et al.* 2004). Para transferir los valores del CMD a puntuaciones se utilizó la ecuación 1 de tipo sigmoidea para puntuación

no lineal (Bastida *et al.* 2006); donde: es puntuación no lineal de la variable del suelo que está entre 0 y 1; es la puntuación máxima; valor de la variable del suelo; valor medio de la variable para todo el conjunto de datos; y, pendiente de la ecuación establecida en -2,5 (más es mejor) y 2,5 (menos es mejor) (Zhang *et al.* 2011; Sinha *et al.* 2009).

$$S_{NL} = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{x_0}\right)^b} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Para la función gaussiana se aplicó la ecuación 2 (Andrews *et al.* 2004). Donde, es la puntuación no lineal de la variable del suelo que está entre 0 y 1; es el valor de la variable del suelo; es el valor de la variable del suelo; y, es la media de la observación para cada indicador.

$$Y = \frac{1}{1 + z(x - a)^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Para la función lineal se utilizó ecuación 3 y 4; donde, es el puntaje lineal; valor de la propiedad del suelo; valores inferior y superior de la propiedad del suelo; y, media de la observación para cada indicador. La Ecuación 3 se utilizó para mas es mejor y Ecuación 4 para “menos es mejor”. Combinación de ambas para una puntuación óptima.

$$Y = (x - s)/(t - s) \quad (\text{Ecuación 3}) \quad Y = 1 - (x - s)/(t - s) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Para la integración de los indicadores se utilizó un métodos aditivo (ecuación 5) (Andrews *et al.* 2002; Masto *et al.* 2008) farm advisors, resource conservationists, and other land managers may benefit from decision tools that help identify the most sustainable management practices. Indices of soil quality (SQIs). Donde, ICS es el valor del índice de calidad del suelo; es la puntuación para el indicador (no lineal o lineal); es el número de indicadores que forman el CMD; es la ponderación final asignado a cada indicador.

$$ICS = \sum_{i=1}^n W_i S_i \quad (\text{Ecuación 5})$$

Para valorar la calidad del suelo se utilizó los siguientes rangos de índices: 08 -1 (alta); 04 –08 (intermedia); y, < 0.4 (baja) (Hernández *et al.* 2016). Finalmente, para determinar diferencias estadísticamente significantes, con un  $\alpha=0.05$  entre los ICS de la IV y VI Región se aplicó una prueba t. Análisis estadístico realizado en R (3.2.1), paquetes: psych, nFactors y corplot (Revelle, 2018).

## ■ RESULTADOS

### Desarrollo de los índices de calidad e indicadores analizados para las Regiones Libertador Bernardo O'Higgins y Coquimbo.

#### *Identificación de los indicadores*

En la Tabla 2 se muestran los valores de la prueba de esfericidad de Bartlett y KMO. El valor del KMO, 0,72 y 0,69 para la IV y VI Región respectivamente confirma que los datos y el tamaño de la muestra fueron adecuados para el análisis factorial (Kaiser 1974). Del mismo modo, en la Tabla 3, los indicadores tanto para la IV y VI Región, muestran valores sobre 0,6, excepto pH, N disponible, Ac, Ar, As y Pb; sin embargo, fueron considerados dentro del análisis porque están sobre 0.5 (Cerny y Kaiser, 1977). La prueba de esfericidad de Bartlett señala que todas las correlaciones son estadísticamente diferentes de cero (Tabachnick y Fidell, 2007). En conjunto, los valores de KMO y la prueba de Bartlett determinaron normas mínimas para realizar el análisis factorial tanto para la IV y VI Región.

El test KMO, permitió excluir del CMD (Tabla 1) de la IV Región a Fe disponible, metales pesados, pH, Lo y los índices de diversidad de Shannon y Simpson. Del mismo modo, se excluyó a Lo, AA, Da y los índices de diversidad del CMD de la VI Región. Se discriminaron estos indicadores porque no cumplieron el supuesto de normalidad y sus valores de KMO estuvieron bajo 0,5 (Cerny y Kaiser 1977).

Tabla 1. CMD y promedio de los indicadores evaluador en la IV y VI Región

Indicadores	Unidad	Región	
		IV	VI
pH	-	7,36	6,56
Conductividad eléctrica (CE)	dS cm-1	3,31	0,93
<b>Totales</b>			
Carbono orgánico (CO)	%	1,34	2,22
Nitrógeno total (N total)	%	0,11	0,47
C/N		-	10,62
<b>Disponibles</b>			
Nitrógeno (N)	mg Kg-1	35,43	43,40
Fosforo (P)	mg Kg-1	38,17	50,40
Potasio (K)	mg Kg-1	393,84	378,56
Cobre (Cu)	mg Kg-1	12,93	-
Hierro (Fe dispo)	mg Kg-1	11,39	-
Boro (B)	mg Kg-1	2,99	-
Azufre (S)	mg Kg-1	96,76	-
<b>Intercambiable</b>			

Indicadores	Unidad	Región	
		IV	VI
Calcio (Ca)	cmol(+) kg-1	15,97	14,47
Magnesio (Mg)	cmol(+) kg-1	3,63	2,98
Potasio (K)	cmol(+) kg-1	1,11	0,99
Sodio (Na inter)	cmol(+) kg-1	0,42	0,14
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol(+) kg-1	-	4,9
<b>Solubles</b>			
HCO <sub>3</sub>	meq l-1	4,21	-
<b>Físicos</b>			
Agua aprovechable (AA)	%	-	14,66
Arcilla (Ac)	%	14,53	29,40
Limo (Lo)	%	27,06	40,89
Arena (Ar)	%	58,41	29,69
Densidad aparente (Da)	g cm-3	1,43	1,61
<b>Índices diversidad fauna suelo</b>			
Shannon	-	1,56	1,83
Simpson	-	0,71	0,74
<b>Metales pesados</b>			
Plomo (Pb)	mg Kg-1	16,36	12,29
Arsénico (As)	mg Kg-1	9,33	13,84
Cobre (Cu)	mg Kg-1	168,69	110,99

(-) indicadores no medidos

Tabla 2. Pruebas de esfericidad de Bartlett y Kaiser, Meyer y Olkin (KMO).

Prueba	Región IV	Región VI
KMO	0.72	0.69
Bartlett (p)	<0.001	<0.001

La prueba paralela determinó que debe utilizarse tres factores en las dos regiones estudiadas (Buja y Eyuboglu 1992). En el primero y segundo factor se presentaron los indicadores más significativos. El análisis factorial mostró tres factores con valores propios >1, los cuales explicaron el 67 % (IV Región) y 54 % (VI Región) de la varianza del CMD de los indicadores (Tabla 4 y 5). En la IV Región el factor uno presentó la más alta varianza (27,8 %), mientras que el factor dos 22,3 %, y tres 17,2 %. Respecto de la carga de los factores, CO y N total mostraron la carga más alta debido a su alta correlación, lo implica que el factor uno está relacionado con la fertilidad del suelo (Kucharik *et al.* 2001). En el factor dos CE ext, S disponible y Na intercambiable se separan de los indicadores químicos; y, finalmente, en el factor tres, Ac y Ar se distancian de los indicadores físicos (Tabla 3). En consecuencia, CE ext, CO, N total, Na intercambiable, S disponible, Ac y Ar serán los indicadores del modelo para determinar los ICS en la IV Región (Ver Ec. 6).

Tabla 3. Medida de ajuste del muestreo (MAM) para los indicadores del CMD de acuerdo al KMO, aplicados a la IV y VI Región.

Indicador	MAM	
	IV	VI
pH	-	0,58
Conductividad eléctrica (ext)	0,68	0,64
Carbono orgánico	0,84	0,61
Nitrógeno total	0,72	0,66
Relación C/N	-	0,75
Nitrógeno disponible	0,74	0,59
Fosforo disponible	0,86	0,79
Potasio disponible	0,86	0,69
Cobre disponible	0,69	-
Boro disponible	0,80	-
Azufre disponible	0,70	-
Magnesio intercambiable	0,66	0,73
Potasio intercambiable	0,67	0,71
Sodio intercambiable	0,67	-
Calcio intercambiable	-	0,82
Capacidad de intercambio catiónico	-	0,82
HCO <sub>3</sub>	0,71	-
Arcilla	0,50	0,69

(-) indicador no medido

En la VI Región la más alta varianza (22,8 %) presentó el factor uno, seguido del segundo (18,7 %) y tercer factor (12,0 %) (Tabla 5). Ca intercambiable y Mg intercambiable; K disponible, Ac; CIC y As mostraron la más alta carga, lo que denota que estos indicadores son los que tendrán mayor implicancia en el modelo para determinar la CS en la VI Región. K disponible y As son los indicadores que tienen menor correlación tanto en el factor uno, sin embargo, serán determinantes en el modelo de evaluación de CS.

Respecto del peso final CO y N total son los indicadores que exhibieron la ponderación más significativa en la IV Región, mientras que CIC, K disponible, Ca y Mg intercambiable en la VI Región. Los indicadores restantes mostraron una baja contribución a la variabilidad total del modelo factorial. Esto se debió a una menor correlación con los indicadores analizados (Tabla 4 y 5). En la IV Región en los factores se tomaron valores con carga entre 0,78 y 0,99; y, valores superiores a -0,76. En la VI Región se consideraron los valores entre 0,83 y 0,97. Los intervalos de carga en cada uno de los factores y regiones, se consideraron en función de su alta correlación y aporte al modelo de evaluación de calidad del suelo.

Tabla 4. Factores y similitudes para el modelo de tres factores basado en los indicadores del CMD de la IV Región.

Indicadores	Factor1	Factor2	Factor3	Weighted communality	Peso final
Conductividad eléctrica (ext)	0,14	0,93	0,18	0,10	0,07
Carbono orgánico	0,86		0,29	0,13	0,10
Nitrógeno total	0,80		0,25	0,11	0,08
Nitrógeno disponible	0,28	0,33	0,46	0,04	0,03
Fosforo disponible	0,72	0,44		0,11	0,08
Potasio disponible	0,58	0,45	0,20	0,08	0,06
Cobre disponible	0,61	0,14	0,14	0,07	0,05
Boro disponible	0,52	0,71		0,10	0,08
Azufre disponible	-0,21	0,88		0,09	0,07
Magnesio intercambiable	0,54	0,17	0,68	0,08	0,06
Potasio intercambiable	0,50	0,44	0,20	0,07	0,05
Sodio intercambiable	0,19	0,78	0,37	0,08	0,06
HCO <sub>3</sub>	0,72	-0,12	-0,18	0,09	0,07
Arcilla			0,99	0,06	0,05
Arena		-0,17	-0,76	0,04	0,03
Densidad aparente	-0,59	-0,17	0,20	0,06	0,05
SS loadings	4,46	3,57	2,75		
Proportion Var	0,28	0,22	0,17		
Cumulative Var	0,28	0,50	0,67		
Weighted proportion	0,41	0,33	0,26		

Tabla 5. Factores y similitudes para el modelo de tres factores basado en los indicadores del CMD de la VI Región.

Indicadores	Factor1	Factor2	Factor3	Weighted communality	Peso final
pH	0,38	0,21		0,03	0,03
Conductividad eléctrica (ext)		0,34		0,01	0,01
C/N	-0,32	-0,34	-0,10	0,03	0,03
Carbono orgánico	0,39	0,38		0,05	0,04
Nitrógeno total	0,40	0,12		0,03	0,03
Nitrógeno disponible		0,41	0,23	0,02	0,02
Potasio disponible	0,15	<b>0,97</b>		0,12	0,10
Fosforo disponible	0,45	0,62		0,08	0,07
Calcio intercambiable	<b>0,87</b>	0,18		0,14	0,12
Magnesio intercambiable	<b>0,83</b>	0,27	-0,19	0,14	0,11
CIC	<b>0,87</b>	0,37	-0,15	0,15	0,13
Arcilla (Ac)	0,70	-0,21		0,10	0,08



Indicadores	Factor1	Factor2	Factor3	Weighted communality	Peso final
Arena (Ar)	-0,56			0,06	0,05
Arsénico	-0,10		<b>0,98</b>	0,05	0,04
Cobre		0,20	0,73	0,03	0,03
Plomo		0,14	0,62	0,02	0,02
SS loadings	3,87	3,18	2,05		
Proportion Var	0,23	0,19	0,12		
Cumulative Var	0,23	0,42	0,54		
Weighted proportion	0,43	0,35	0,22		

### Transformación de los índices

Con base en los resultados expuestos del análisis factorial, los indicadores con el mayor peso final fueron: CE (susp), CO, NT, Na intercambiable, S disponible, Ac y Ar. En la Tabla 6 se menciona las curvas de puntuación y los parámetros seleccionados para la definición del Índice de calidad del suelo de la IV Región.

Al aplicar la ecuación 5, de los valores del peso final y de las ecuaciones de normalización se describe la ecuación 6 (Ec.). N total, CO, CE ext. y Ac son los indicadores que contribuyen con el mayor peso al ICS para la IV Región.

$$ICS_{IV\text{ Región}} = [0,07 * CE] + [0,10 * CO] + [0,08 * NT] + [0,06 * Na] + [0,07 * S] + [0,05 * Ac] + [0,03 * Ar] \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde, es el valor del índice de calidad del suelo de la IV Región; **CE** es Conductividad eléctrica susp (mS/cm); **CO** es carbono orgánico (%); **NT** es nitrógeno total; **Na** es Sodio intercambiable (mg/Kg); **S** es azufre disponible (mg/Kg); **Ac** es arcilla (%); y, **Ar** es arena (%).

Tabla 6. Tipo de curvas de puntuación, parámetros de la ecuación no lineal y lineal, rango, y ecuación de las curvas de normalización para el modelo aplicado a la IV Región.

Indicador	No lineal/linear		Curva de puntuación	Rango	Ecuación de normalización
	Prome- dio	Pendien- te de la ecuación			
Conductividad eléctrica ext. (mS/cm)	3,31	2,5	Menos es mejor	0,42 – 7,03	$CE = \frac{1}{1 + 7,03(a - 3,1)^2}$
Carbono orgánico (%)	1,34	-2,5	Más es mejor	0,24 – 3,23	$CO = \frac{1}{1 + \left(\frac{b}{1,34}\right)^{-2,5}}$
Nitrógeno total (%)	0,13	-2,5	Más es mejor	0,02 – 0,33	$NT = \frac{1}{1 + \left(\frac{c}{0,13}\right)^{-2,5}}$

Indicador	No linear/linear		Curva de puntuación	Rango	Ecuación de normalización
	Promedio	Pendiente de la ecuación			
Sodio intercambiable (mg/Kg)	0,42	-	Optimo	0,05 – 1,32	$Na = \frac{(d-1,32)}{(0,05-1,32)} - \frac{(d-1,32)^2}{(0,05-1,32)^2}$
Azufre disponible (mg/Kg)	96,76	-	Optimo	0,85 - 596	$S = \frac{(e-596)}{(0,85-596)} - \frac{(e-596)^2}{(0,85-596)^2}$
Arcilla (%)	14,53	-	Optimo	1,3 – 33,3	$Ac = \frac{(f-33,3)}{(1,3-33,3)} - \frac{(f-33,3)^2}{(1,3-33,3)^2}$
Arena (%)	58,49	-	Optimo	36,0 – 84,0	$Ar = \frac{(g-84,0)}{(36,0-84,0)} - \frac{(g-84,0)^2}{(36,0-84,0)^2}$

**a** = valor de conductividad eléctrica medida en mS/cm; **b** = valor de carbono orgánico medido en %; **c** = valor de nitrógeno total medido en %; **d** = valor de sodio intercambiable medido en mg/Kg; **e** = valor de azufre disponible medido en mg/Kg; **f** = valor de arcilla media en %; **g** = valor de arena medido en %.

En la VI Región los resultados del análisis factorial mostraron que CIC, Ar, K disponible; y, Ca y Mg intercambiable son los indicadores con el mayor peso final. La Tabla 7 muestra las curvas de puntuación y los parámetros seleccionados para la definición del ICS de la VI Región.

$$ICS_{VI\text{ Región}} = [0,10 * Kd] + [0,11 * Cai] + [0,11 * Mgi] + [0,11 * Ki] + [0,12 * CIC] + [0,09 * Ac] + [0,04 * As] \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde, **ICS** es valor del índice de calidad del suelo de la VI Región; **Kd** es potasio disponible (mg/Kg); **Cai** es el calcio intercambiable (meq/100g); **Mgi** es el magnesio intercambiable (meq/100g); **Ki** es el potasio intercambiable (meq/100g); **CIC** es la capacidad de intercambio catiónico (meq/100g); **Ac** es arcilla (%); y, **As** es arsénico (mg/kg)

Tabla 7. Tipo de curvas de puntuación, parámetros de la ecuación no lineal, rango, y ecuación de las curvas de normalización.

Indicador	No linear/linear		Curva de puntuación	Rango	Ecuación de normalización
	Promedio	Pendiente de la ecuación			
Potasio disponible (mg/Kg)	360,55	-	Optimo	138,0 – 962,0	$Kd = \frac{(a-962,0)}{(138,0-962,0)} - \frac{(a-962,0)^2}{(138,0-962,0)^2}$
Calcio intercambiable (meq/100g)	14,2	-	Optimo	5,4 – 31,7	$Cai = \frac{(b-31,7)}{(5,4-31,7)} - \frac{(b-31,7)^2}{(5,4-31,7)^2}$
Magnesio intercambiable (meq/100g)	3,0	-	Optimo	1,1 – 6,7	$Cai = \frac{(c-6,7)}{(1,1-6,7)} - \frac{(c-6,7)^2}{(1,1-6,7)^2}$
CIC (meq/100g)	4,9	-	Más es mejor	3,6 – 6,6	$CIC = \frac{1}{1 + \left(\frac{e}{4,95}\right)^{-2,5}}$

Indicador	No linear/linear		Curva de puntuación	Rango	Ecuación de normalización
	Promedio	Pendiente de la ecuación			
Arcilla (%)	29,6	-	Optimo	14,1 – 47,3	$Ac = \frac{(f - 47,3)}{(14,1 - 47,3)} - \frac{(f - 47,3)^2}{(14,1 - 47,3)^2}$
Arsénico (mg/Kg)	3,5	-	Menos es mejor	2,0 – 5,6	$As = \frac{1}{1 + (g - 3,5)^{2,5}}$

**a** = valor de potasio disponible medido en mg/Kg; **b** = valor de Calcio intercambiable medido en meq/100g; **c** = valor de Magnesio intercambiable medido en meq/100g; **d** = valor de potasio intercambiable medido en meq/100g; **e** = valor de capacidad de intercambio catiónico medido en meq/100g; **f** = valor de arcilla media en %; **g** = valor de arsénico medido en mg/Kg.

### Comparación calidad de los suelos de IV y VI Región de Chile.

En la Tabla 8 muestra el promedio de los ICS de las regiones estudiadas. La IV Región presentó un ICS promedio de 0,15; y, la VI Región, predios con manejo convencional (MC) presentaron un promedio de 0,17 y con manejo orgánico (MaO) 0,15 (Tabla 15). Adicionalmente, al realizar la Prueba T (Tabla 9) de la comparación de medias de las regiones estudiadas el valor de  $p=0,2613$  ( $p>0,05$ ).

Tabla 8. ICS promedio presentados por la IV y VI Región

Tipo de sistema	Región	Variable	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.
Convencional	Sexta	Índice	0,17	0,02	14,34	0,14	0,20
Orgánico	Sexta	Índice	0,15	0,02	13,95	0,13	0,19
Convencional	Cuarta	Índice	0,15	0,05	32,31	0,08	0,22

Tabla 9. Prueba T de las muestras de los ICS de la IV y VI Región.

Clasificación	Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media(1)	Media(2)	pHomVar	T	p-valor	prueba
Región	Índice	{Cuarta}	{Sexta}	0,15	0,17	0,0812	-1,16	0,2613	Bilateral

Finalmente, se realizó una comparación de los ICS entre los predios con MC y MaO de la VI Región. Los resultados mostraron que no hay diferencias significativas con un nivel del 95 % ( $p=0,1256$ ) de los ICS.

## DISCUSIÓN

Estudios realizados por Armenise *et al.* (2013) soil-quality assessment is in growing demand, thus a standard set of procedures to assign a soil quality index (SQI en un ambiente mediterráneo encontró que los indicadores con carga más alta fueron MO, Ac y Ar. Además, Hernández *et al.* (2016) en la V Región, sobre calidad del suelo, encontraron que los indicadores con más alta carga fueron carbono total, N total y MO. Estos resultados se relacionan en cierto grado con los expuestos en la IV Región, se sumarían CE ext, N total, S disponible y Na intercambiable.

Pese a existir en la zona central de Chile suelos neutros a alcalinos; y, deficiencias de B, Cu, Fe, Mn y Zn debido al pH alto de algunos suelos (Casanova *et al.* 2013), los resultados expuestos en este estudio, y los analizados en ambientes mediterráneos, demostrarían que, al realizar estudios sobre CS, indicadores como: MO, NT, Ac y Ar son los que tendrían carga alta para la determinación de los ICS. Adicionalmente, la conductividad eléctrica asociada a Histosoles y Vertisoles (Sadzawka 2006), tendría un aporte significativo en los modelos para determinar calidad del suelo en la IV Región.

La disponibilidad de K, Ca y Mg dependerá de la cantidad de minerales arcillosos, capacidad de intercambio catiónico y de factores climáticos (Casanova *et al.* 2013). Por ejemplo, en la zona norte del mediterráneo uno de los factores que causa la deficiencia de nutrientes de las plantas, principalmente el K, es la fijación en el suelo con alto contenido de arcilla 2:1 (Ruiz y Sadzawka 1986), sin embargo, más al sur del mediterráneo, VI Región, el K disponible presentó una carga más alta, es decir, su aporte será determinante en la medición de la calidad del suelo.

Arsénico es uno de los elementos que se encuentra en altas concentraciones de forma natural en el altiplano chileno (De Gregori *et al.* 2003). En la zona central de Chile, se presentan altos contenidos de As, especialmente en la fundición de Caletones y otros sectores de la VI Región (Ascar, Ahumada, y Richter 2008) específicamente adsorbido (F2). La presencia de este metal en la VI Región, podría ser una de las razones por las que As presentó una alta carga en el modelo que determinará la calidad de suelo en zonas de la sexta región.

Las unidades de producción en las regiones estudiadas son a gran escala, monocultivos, y optimización de la producción sin considerar impactos al medio ambiente, a la perturbación del suelo y a la productividad del mismo a largo plazo (Arriaga, Guzman y Lowery 2017). El desarrollo frutícola provocó un cambio en los patrones de producción y de las prácticas agrícolas (CONAMA 2009) y un crecimiento de la demanda de los agroquímicos (Corral *et al.* 2017). En el periodo 1990-2000 los pesticidas se incrementaron en un 100 %, y entre el 2002 y 2003 la importación de herbicidas aumentó 14 toneladas, del mismo modo, la demanda de fertilizantes importados y nacionales se acrecentaron en un 50 % (López y Anríquez 2003). En este contexto, a pesar del uso de abonos para el restablecimiento de la MO, control biológico de plagas y desmalezamiento manual de malezas, los productores de la IV y VI Región utilizan insumos químicos y fertilizantes sintéticos. Esta similitud de prácticas aplicadas en las dos regiones puede haber contribuido a la igualdad de los ICS.

Adicionalmente, la igualdad de los ICS puede deberse a los altos niveles de erosión que están afectando a las dos regiones. La IV Región tiene un 84 % de su área erosionada, con clases de erosión moderada a muy severa; además, tiene un 92 % de su superficie regional con un nivel evidente de desertificación; y, de ese porcentaje un 42 % con erosión severa y muy severa (Morales *et al.* 2016). Por su parte, la VI Región presenta problemas de erosión en un 52 % de su superficie (Flores, López y Rojas 2012).

## CONCLUSIONES

El ICS en la zona central de Chile está entre 0,15 y 0,17, es decir bajo. Estos índices se relacionan con las prácticas agrícolas convencionales y los altos niveles de erosión del suelo que presenta la zona central. Además, estos índices no presentaron diferencias significativas ( $p=0,1256$ ).

Los indicadores que presentaron mayor carga en la IV Región son: CO (0,86) y NT (0,80) relacionados a fertilidad del suelo y mayor ponderación significativa; y, S disponible (0,88), Na intercambiable (0,78), Ac (0,99) y Ar (-0,76). Estos indicadores tienen implicancia directa en el modelo que determina calidad del suelo en la IV Región. En la región VI, Ca intercambiable (0,87); Mg intercambiable (0,83); K disponible (0,97), Ac (0,70); CIC (0,87) y As (0,98) mostraron la más alta carga. Estos indicadores, a través del modelo, determinarán la calidad de suelo en la VI Región.

Los modelos encontrados para evaluar la calidad del suelo de la IV y VI Región, podrían ser utilizados para evaluaciones en la zona central de Chile. Además, pueden ser tomados como herramientas para determinar qué prácticas de manejo son las más adecuadas para mantener un suelo saludable.

A través del análisis factorial se pueden determinar índices de calidad del suelo, debido a su capacidad para modelar un gran número de variables, y cuales son menos o más importantes. Se debe considerar, previo a los análisis, la revisión de la información obtenida, para evaluar que metodología se puede utilizar, por ejemplo, análisis de componentes principales.

### Agradecimientos

Al director y técnicos de campo del proyecto “Integración de la Biodiversidad a la Producción Frutícola Regional de O’Higgins” por la obtención de los datos de campo de cada una de los predios y regiones estudiadas.

### Contribuciones de autores

Carlos Guillermo Chunchu M. analizó, realizó los análisis estadísticos y escribió el documento. Eduardo Arellano apoyó en la revisión de la versión final del manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrews, S., D. Karlen, and C. Cambardella. 2004. “The Soil Management Assessment Framework : A Quantitative Soil Quality Evaluation Method.” *Sci. Soc. Am. J.* 68: 1945–62.
- Andrews, S, DL Karlen, and JP Mitchell. 2002. “A Comparison of Soil Quality Indexing Methods for Vegetable Production Systems in Northern California.” *Agric. Ecosyst. Environ.* 90 (1): 25–45. doi:Pii S0167-8809(01)00174-8\rdoi 10.1016/S0167-8809(01)00174-8.
- Andrews, Susan S, and C Ronald Carroll. 2001. “Designing a Soil Quality Assessment Tool for Sustainable Agroecosystem Management.” *Ecological Applications* 11 (6): 1573–85. doi:10.1890/1051-0761(2001)011[1573:DASQAT]2.0.CO;2.
- Armenise, E., M. A. Redmile-Gordon, A. M. Stellacci, A. Ciccacese, and P. Rubino. 2013. “Developing a Soil Quality Index to Compare Soil Fitness for Agricultural Use under Different Managements in the Mediterranean Environment.” *Soil and Tillage Research* 130. Elsevier B.V.: 91–98. doi:10.1016/j.still.2013.02.013.

- Arriaga, F, J Guzman, and B Lowery. 2017. "Conventional Agricultural Production Systems and Soil Functions." In *Soil Health and Intensification of Agroecosystems*, 127–28.
- Ascar, Loreto, Inés Ahumada, and Pablo Richter. 2008. "Effect of Biosolid Incorporation on Arsenic Distribution in Mollisol Soils in Central Chile." *Chemosphere* 70 (7): 1211–17. doi:10.1016/j.chemosphere.2007.08.012.
- Bastida, F, José Moreno, T Hernández, and C García. 2006. "Microbiological Degradation Index of Soils in a Semiarid Climate." *Soil Biology and Biochemistry* 38 (12): 3463–73. doi:10.1016/j.soilbio.2006.06.001.
- Buja, A., and N. Eyuboglu. 1992. "Multivariate Behavioral Remarks on Parallel Analysis Remarks on Parallel Analysis." *Multivariate Behavioral Research* 27: 37–41.
- Casanova, M., O. Salazar, O. Seguel, and W. Luzio. 2013. *The Soils of Chile*. Edited by Prof. Alfred E. Hartemink. Santiago, Chile.
- Ceccarelli, S, S Grando, and M Baum. 2007. "Participatory Plant Breeding in Water-Limited Environments." *Experimental Agriculture* 43 (04): 411–35. doi:10.1017/S0014479707005327.
- Cerny, Barbara A, and Henry F Kaiser. 1977. "A Study Of A Measure Of Sampling Adequacy For Factor- Analytic Correlation Matrices." *Multivariate Behavioral Research* 12. doi:10.1207/s15327906mbr1201.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2008. *Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos*. Mma. Segunda Ed. Santiago. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- CONAMA. 2009. "Convenio Sobre Diversidad Biológica: Cuarto Informe Nacional de Biodiversidad Chile." Santiago.
- CONICYT. 2008. "El Sector Frutícola En Chile. Capacidades de Investigación y Áreas de Desarrollo Científico-Tecnológico." Santiago.
- Corral, Sebastián A., Valeria de Angel, Natalia Salas, Liliana Zúñiga-Venegas, Pablo A. Gaspar, and Floria Pancetti. 2017. "Cognitive Impairment in Agricultural Workers and Nearby Residents Exposed to Pesticides in the Coquimbo Region of Chile." *Neurotoxicology and Teratology* 62. Elsevier Inc: 13–19. doi:10.1016/j.ntt.2017.05.003.
- De Gregori, Ida, Edward Fuentes, Mariela Rojas, Hugo Pinochet, and Martine Potin-Gautier. 2003. "Monitoring of Copper, Arsenic and Antimony Eevels in Agricultural Soils Imacted and Non-Imacted by Mining Activities, from Three Regions in Chile." *Journal of Environmental Monitoring*.
- Echeverría, Rodrigo, Víctor Moreira, and José Barrena. 2012. "A Characterization of Chilean Farmers Based on Their Market- Production Orientation." *Ciencia e Investigación Agraria* 39 (2): 255–64.
- Flores, J, C López, and J Rojas. 2012. "Estado Actual de Los Suelos de La Región de Coquimbo Uso y Degradación."
- Hernández, Ángela, Eduardo C. Arellano, David Morales-Moraga, and Marcelo D. Miranda. 2016. "Understanding the Effect of Three Decades of Land Use Change on Soil Quality and Biomass Productivity in a Mediterranean Landscape in Chile." *Catena* 140. Elsevier B.V.: 195–204. doi:10.1016/j.catena.2016.01.029.
- Kaiser, Henry F. 1974. "An Index of Factorial Simplicity." *Psychometrika* 39 (1): 31–36.
- Kladivko, E J. 2001. "Tillage Systems and Soil Ecology." *Agricultural Systems* 61: 61–76.
- Kucharik, Christopher J, Kristofor R Brye, John M Norman, A Jonathan, Stith T Gower, Larry G Bundy, Christopher J Kucharik, et al. 2001. "Carbon and Nitrogen Cycling in Agroecosystems of Southern Wisconsin : Potential for SOC Measurements and Modeling of Sequestration during the Next 50 Years." *Ecosystems* 4 (3): 237–58. doi:10.1007/s10021-001-0007-2.

- L. López y G. Anríquez. 2003. "Environmental Externalities of Agriculture: Chile 1980-2000." Roma, Italia.
- Larson, W E, and F J Pierce. 1994. "The Dynamics of Soil Quality as a Measure of Sustainable Management." *Defining Soil Quality for Sustainable Environment* 551 (1): 37-52. doi:10.2136/sssaspecpub35.c1.
- Liu, Zhanjun, Wei Zhou, Jianbo Shen, Shutian Li, Ping He, and Guoqing Liang. 2014. "Soil Quality Assessment of Albic Soils with Different Productivities for Eastern China." *Soil and Tillage Research* 140. Elsevier B.V.: 74-81. doi:10.1016/j.still.2014.02.010.
- Martínez, Eduardo, Juan Pablo Fuentes, Vanessa Pino, Paola Silva, and Edmundo Acevedo. 2013. "Chemical and Biological Properties as Affected by No-Tillage and Conventional Tillage Systems in an Irrigated Haploxeroll of Central Chile." *Soil and Tillage Research* 126: 238-45. doi:10.1016/j.still.2012.07.014.
- Marzaioli, R., R. D'Ascoli, R. A. De Pascale, and F. A. Rutigliano. 2010. "Soil Quality in a Mediterranean Area of Southern Italy as Related to Different Land Use Types." *Applied Soil Ecology* 44 (3): 205-12. doi:10.1016/j.apsoil.2009.12.007.
- Morales, C., J. Acevedo, Z. Aranibar, and G. Dascal. 2016. "Chile: Los Costos de La Inacción Ante La Desertificación y Degradación de Las Tierras." Santiago, Chile.
- Muñoz, C., E. Zagal, and C. Ovalle. 2007. "Influence of Trees on Soil Organic Matter in Mediterranean Agroforestry Systems: An Example from the 'Espinal' of Central Chile." *European Journal of Soil Science* 58 (3): 728-35. doi:10.1111/j.1365-2389.2006.00858.x.
- Raiesi, F, and V Kabiri. 2016. "Identification of Soil Quality Indicators for Assessing the Effect of Different Tillage Practices through a Soil Quality Index in a Semi-Arid Environment." *Ecological Indicators* 71. Elsevier Ltd: 198-207. doi:10.1016/j.ecolind.2016.06.061.
- Ruiz, R, and A Sadzawka. 1986. "Fijación de Potasio En Suelos Del Valle de Aconcagua." *Agricultura Técnica (Chile)* 46: 503-5.
- Shukla, M, R Lal, and M Ebinger. 2006. "Determining Soil Quality Indicators by Factor Analysis." *Soil & Tillage Research* 87: 194-204. doi:10.1016/j.still.2005.03.011.
- Singh, A. K., L. J. Bordoloi, Manoj Kumar, S. Hazarika, and Brajendra Parmar. 2014. "Land Use Impact on Soil Quality in Eastern Himalayan Region of India." *Environmental Monitoring and Assessment* 186 (4): 2013-24. doi:10.1007/s10661-013-3514-7.
- Smith, Jeffrey L., Jonathan J. Halvorson, and Robert I. Papendick. 1993. "Using Multiple-Variable Indicator Kriging for Evaluating Soil Quality." *Soil Science Society of America Journal* 57 (3): 743. doi:10.2136/sssaj1993.03615995005700030020x.
- Tabachnick, Barbara G, and Linda S Fidell. 2007. *Using Multivariate Statistics*. Fifth edit. Boston.
- Toro-Mujica, Paula, Claudio Aguilar, Raúl Vera, José Rivas, and Antón García. 2015. "Sheep Production Systems in the Semi-Arid Zone: Changes and Simulated Bio-Economic Performances in a Case Study in Central Chile." *Livestock Science* 180. Elsevier: 209-19. doi:10.1016/j.livsci.2015.07.001.
- Uribe, Hamil, David E Rupp, Jose Arumi-, Ryan D Stewart, and John S Selker. 2014. "Assessment of Current and Potential Yield of Hand-Dug Wells in a Semi-Arid Zone in South-Central Chile Using an Analytical Methodology." *Chilean Journal of Agricultural Research* 74 (June): 219-24. doi:10.4067/S0718-58392014000200014.
- Weissenberger, Jean. 2015. "Organic Production and the European Union." Vol. 989. doi:10.2861/488634.
- Zhang, Chao, Sha Xue, Guo Bin Liu, and Zi Lin Song. 2011. "A Comparison of Soil Qualities of Different Revegetation Types in the Loess Plateau, China." *Plant and Soil* 347 (1): 163-78. doi:10.1007/s11104-011-0836-5.

## Evaluación de la calidad de las riberas en cuencas prioritarias del cantón Loja, provincia de Loja, Ecuador

### Assessment of the riparian quality in priority watersheds of Loja canton, Loja Province, Ecuador

Fanny Morocho<sup>1</sup>  
Jaime Ramiro Santin<sup>2</sup>  
Leire Ruiz<sup>3</sup>  
Vinicio Alvarado<sup>1</sup>  
Eduardo Rengel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente,

<sup>2</sup>Carrera de Ingeniería Forestal

<sup>3</sup>Programa de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos de la Universidad Nacional de Loja.

<sup>4</sup>Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Loja

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

RECIBIDO: 16/03/2018

APROBADO: 11/06/2018

## RESUMEN

El estudio de las condiciones ecológicas de las riberas es de vital importancia al momento de comprender el estado ecológico de los ríos en cualquier parte del mundo y en este sentido el objetivo de la investigación fue la de comparar y evaluar valorar la estructura y dinámica de las riberas fluviales con base hidrológica y geomorfológica de dos de las cuencas prioritarias en el aporte hídrico al cantón Loja: Mónica actualmente intervenida y El Carmen tomada como referencia por mantenerse sin intervención antrópica, las mismas que se encuentran ubicadas en la provincia de Loja, Ecuador; para ello, se realizó un análisis de los parámetros morfológicos, biofísicos y análisis de los suelos en las riberas fluviales a través de mediciones in situ, y con el software *ArcGIS®* que permitió el análisis espacial de cobertura vegetal y parámetros morfométricos de la cuenca; se determinó la calidad del bosque ripario a través del índice RQI (Riparian Quality Index) en función de siete parámetros preestablecidos en un tramo de 100 m; cada uno de los parámetros se calificó en una escala de 1 a 12. En conclusión, los resultados muestran que las riberas de las quebradas Carmen 1 y Espumos pertenecientes a la microcuenca El Carmen presentan óptimas condiciones debido al bajo impacto sobre estos, a diferencia de los tramos Mónica 1 y Santa Urco que presentaron un índice de mala calidad debido a las externalidades negativas que han modificado las condiciones de las riberas fluviales.

*Palabras claves:* Índice de Calidad Ripario, calidad ambiental, microcuencas



## ■ ABSTRACT

The study of the ecological conditions of the riverbanks is of vital importance when understanding the ecological state of the rivers in any part of the world, and in this sense the objective of this research was to compare and evaluate the structure and dynamics of river banks with a hydrological and geomorphological base in two of the priority watersheds for the water supply to the Loja canton: Mónica currently intervened and El Carmen without anthropic intervention, these microbasins are located in the province of Loja, Ecuador. An analysis of the morphological, biophysical and soil analysis parameters in the riverbanks was carried out through in situ measurements, and with the Arc-GIS® software that allowed the spatial analysis of the vegetation cover and morphometric parameters of the basin; the quality of the riparian forest was determined through the RQI index (Riparian Quality Index) according to seven pre-established parameters in a 100 m section; Each of the parameters was rated on a scale of 1 to 12. In conclusion, the results show that the banks of the Carmen 1 and Espumos streams belonging to the El Carmen micro-basin present optimal conditions due to their low anthropic impact, unlike of the sections Monica 1 and Santa Urco that presented a bad quality index due to the negative externalities that have modified the conditions of the riverbanks.

*Keywords:* Riparian Quality Index, environmental quality, microwatersheds

## ■ INTRODUCCIÓN

Las zonas ribereñas de las microcuencas hidrográficas han tomado un protagonismo fundamental para evaluar su calidad ambiental, fundamentalmente porque brindan herramientas de análisis a los organismos estatales en la toma de decisiones concretas, con base científica (González del Tánago, 2006). Las zonas ribereñas o riparias han sufrido directamente el impacto de la intervención humana, como por ejemplo el pastoreo incontrolado, la extracción de áridos, la expansión de áreas urbanas próximas a los cauces, la roturación del suelo con objetivos agrícolas, y la modificación de los regímenes de caudales (Magdaleno, 2013). También, está sometida de manera natural a una fuerte dinámica ocasionada por la influencia del agua, manifestada por una parte por la reducción de los caudales que causan la muerte de individuos o la presencia de avenidas extremas que provocan la destrucción física de los mismos (Treviño, 2001).

Es de vital importancia la conservación de las riberas para precautelar el estado saludable de los bosques riparios que son uno de los factores biológicos más importantes dentro de las zonas ribereñas y al ser ecotonos entre ambientes terrestres y acuáticos (Gutierrez, 2013; Carrasco, *et al.*, 2014), además por cumplir funciones como la captación, el almacenamiento y regulación hídrica, desarrollada por la vegetación, suelo y subsuelo, además, por desempeñar funciones de sustento y recreación para la población (Suatunce, 2009).

Una forma de evaluar la calidad de las riberas de las microcuencas es a través del índice RQI (Riparian Quality Index), que “considera los principales componentes de las riberas de los ríos que desarrollan las funciones ecológicas y los servicios ambientales de los corredores fluviales”; dicho de otra manera, es un índice que valora la calidad ambiental de las riberas a través de los procesos y la dinámica riparia,

en contraste con otros métodos centrados casi exclusivamente en la valoración del estado actual de la cubierta vegetal (González del Tánago, 2006). Este índice facilita el diagnóstico de los principales problemas de las riberas; mediante el reconocimiento de los distintos efectos producidos en su estructura o funcionamiento. Esta investigación tiene la finalidad de comparar y evaluar el estado ecológico de las zonas ribereñas en las microcuencas el Carmen y Mónica del Cantón Loja a través de parámetros morfométricos de la metodología usada por Miller (2011) sumando un componente importante en el índice de calidad ambiental que está relacionado a las características del suelo.

Esta metodología es fundamental para las instituciones o gestores ambientales que necesitan de herramientas básicas que les permitan determinar las condiciones ecológicas de los sistemas riparios, contribuyendo a la toma de decisiones para su conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en la microcuenca Mónica (degradada) ubicada en el sector “Dos Puentes” y la microcuenca el Carmen (conservada) ubicada en el sector Zamora Huayco del cantón y provincia de Loja, el rango altitudinal que circunscribe las microcuencas se encuentra entre 2320 - 3400 m s.n.m. A continuación en el mapa (Figura 1), se presenta la delimitación y el lugar donde se realizaron los tramos en las microcuencas El Carmen y Mónica.

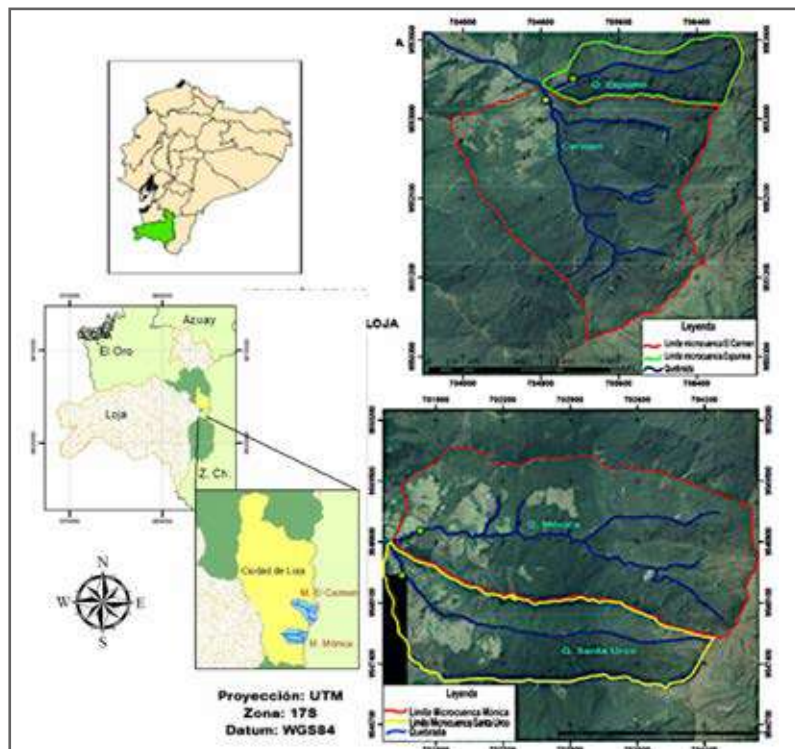


Figura 1. Ubicación geográfica de las microcuencas en estudio.

Un aspecto fundamental en la caracterización de las cuencas que es de vital importancia indicar es que el Municipio de Loja estableció áreas protegidas en la microcuenca El Carmen a través de compra de los terrenos cuyo fin indudable es la conservación y protección. Al no haber actividades antrópicas la vegetación riparia se conecta de manera horizontal, vertical y longitudinal con el cauce fluvial, mejorando las condiciones de los márgenes. Mientras que la microcuenca Mónica presenta niveles de degradación debido a la presencia de actividades antrópicas como el pastoreo, extracción de pétreos y plantaciones forestales en la cabecera de la microcuenca que han modificado el bosque ripario provocando la inestabilidad y erosión de las riberas fluviales. Se caracterizó el clima determinando la temperatura para la microcuenca el Carmen y Mónica que oscila entre 10 y 14°C, mientras que la precipitación para la microcuenca el Carmen fluctúa entre 1250-1500 mm y Mónica entre 1000-1250 mm.

**Delimitación de la cobertura vegetal en la zona de estudio:** Se usó el software ArcGIS para el análisis de cada uno de los parámetros de las microcuencas, la misma que se verificó con información secundaria. Para obtener el mapa de cobertura vegetal se utilizó ortofotos del año 2010-2012 a una resolución 30 cm tomadas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2017). El procesamiento se realizó con un mosaico de ortofotos a través de un método manual. Luego de una edición visual se generaron los mapas de cobertura vegetal mapa de suelo y mapa de clima (Ver Anexos 4 y 5 mapas de isotermas e isoyetas) a través del análisis de datos obtenidos de WorldClim (WorldClim, 2017). Se realizó la validación en campo y luego la caracterización de los parámetros biofísicos. El mapa de cobertura vegetal se trabajó en escala 1:3000

**Parámetros morfométricos:** La importancia de la morfometría es de gran importancia debido a que es un factor determinante de la velocidad con la que van a circular las aguas sobre la superficie y, por tanto, de la rapidez de respuesta de la cuenca ante las precipitaciones (Esper y Perucca, 2014). Utilizando los parámetros de Miller (2011), se calculó el área, utilizando fórmula de proyección horizontal del área de drenaje. Así mismo, se procedió a medir el perímetro, la pendiente, la altitud media de la cuenca, el histograma de frecuencia de altitudes, la curva hipsométrica, el coeficiente de compacidad, pendiente media del cauce, orden de las corrientes y densidad de drenaje todos estos parámetros son de gran importancia al aportar con información que permite de alguna manera, comparar y establecer de forma previa las relaciones hidrológicas entre las cuencas de estudio (Juárez-Gómez, 2016). Los parámetros morfométricos de la cuenca, tienen una estrecha relación con las zonas riparias en el sentido de que permiten conocer las condiciones en las que se encuentran las mismas, debido a que son parte fundamental de los procesos morfológicos que han se mantienen o cambian según las características propias de la cuenca (Juárez-Gómez, 2016); en este sentido, podrían establecerse relaciones entre parámetros de drenaje y las características físicas del suelo o de la vegetación en estas zonas, o inclusive determinar cuán afectadas pueden estas las zonas riparias por la presencia de un alto flujo en los caudales o por la misma pendiente y longitud de la cuenca.

**Caracterización del suelo ripario:** Para caracterizar los suelos se consideró la metodología de (Osorio, 2012), que consiste en identificar la zona de muestreo. En cada zona de muestreo se tomó una “muestra compuesta”. Para ello, se realizó un recorrido sobre el terreno en zig-zag, tomando submuestras en cada vértice donde se cambie la dirección del recorrido. En cada sitio de muestreo se removió las plantas y hojarasca fresca (1-3 cm) de un área de 50 cm x 50 cm, con ayuda del barreno se transfirió

aproximadamente 100 - 200 g de suelo a un balde plástico limpio. Las submuestras se mezclaron en un balde hasta completar el número total de submuestras deseadas, posteriormente se transfirió 1 kg de suelo a una bolsa plástica limpia, la misma que se cerró herméticamente y se identificó con un código que identificó el sitio de muestreo. Las muestras compuestas de suelo se llevaron al laboratorio para ser analizadas. El diseño de muestreo de suelos se efectuó de acuerdo al protocolo de muestreo de suelos del Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG, 2016) que especifica el procedimiento para la toma de muestras de suelo que serán sometidas a análisis físico o químico; en ella, se pueden apreciar ocho aspectos fundamentales: 1) La zonificación y tamaño de las áreas de muestreo; 2) Métodos de toma de muestras; 3) Tipo de muestras; 4) Colecta de la muestra; 5) Homogenización de la muestra; 6) Envasado e identificación de la muestra; 7) Registro de las muestras colectadas; 8) Transporte.

Las muestras de suelo obtenidas con el procedimiento anteriormente descrito fueron 48, de las cuales 32 fueron muestras inalteradas y 16 fueron muestras alteradas, a quienes se les realizó un análisis físico-químico en laboratorio. El análisis estadístico para las muestras consistió en un estudio de frecuencias que nos permitió establecer los casos prevalentes en los dos sitios de estudio. Los análisis físico-químicos permitieron conocer las condiciones prevalentes del suelo ribereño en los tramos Santa Urco (SU), Mónica (M), Carmen (C), Espumos (E). Las propiedades que se analizaron fueron: potencial hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), textura, densidad aparente (Da) y carbono (C). Para ello se siguió la metodología de (Flores, 2010). La porosidad total (PT) se estimó en función de la densidad aparente (Da) y densidad real (Dr).

**Índice RQI y composición florística:** Se aplicó el índice RQI (Riparian Quality Index) en los tramos Santa Urco, Mónica 1, Espumos y Carmen 1, para ello se recorrió un tramo de 100 metros en cada uno de los cauces y a través de observación directa se valoró la estructura dinámica de las riberas en función de siete parámetros de acuerdo a la metodología de (González del Tánago, 2006). Los parámetros evaluados son: La continuidad longitudinal de la vegetación riparia “que es una característica natural de la unidad de paisaje que constituye el río”; la dimensiones en anchura del espacio ripario asociada al río “que indican la magnitud del espacio donde tienen lugar los procesos y funciones ecológicas del corredor fluvial”; la composición y estructura de la vegetación riparia existente “que analiza la cubierta vegetal existente en dicho espacio ripario y cuya valoración se hace en relación a las condiciones de referencia o de la vegetación potencial que corresponde al tramo, según las características hidrológicas, geomorfológicas y región biogeográfica en que se ubica”; la regeneración natural de la vegetación riparia “que es usada como indicador del grado de equilibrio de la vegetación existente con el actual régimen de caudales y gestión de uso del espacio ripario”; la condición de las orillas “tomada como indicadora de la dinámica del cauce y la calidad del hábitat físico”; la conectividad lateral de la ribera con el cauce la misma que se establece “atendiendo a la frecuencia de inundación o conexión hidrológica a partir de la cual se establece el intercambio de materia y energía entre el cauce y su llanura de inundación” y; permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario “que son indicadores de la conectividad vertical del cauce y su ribera con el medio hiporreico y los acuíferos locales, de gran importancia para el intercambio hidrológico y ecológico en el conjunto del hidrosistema fluvial”. Cada uno de los parámetros se calificó del 1 al 12, dependiendo de las características cualitativas o semi-cuantitativas. En donde 1-3 se valoró como estado malo, 4-6 estado regular, 7-9 estado bueno y 10-12 estado óptimo. (González del Tánago, 2006).

Además, se caracterizó la vegetación riparia para ello se utilizó el transecto lineal que permite de forma rápida conocer la diversidad vegetal, composición florística y especies dominantes con la finalidad de sugerir acciones de manejo y conservación en las microcuencas en estudio. El análisis de la vegetación se realizó en los márgenes derecho e izquierdo de los ríos en las zonas de estudio, mediante transectos de 5 X 20 m contabilizando aquellas especies de arbustos y árboles con un Diámetro a la Altura de Pecho (DAP)  $\geq 2,5$  cm a 1,30 m. En la microcuenca Mónica se establecieron tres parcelas en las quebradas Santa Urco y Mónica 1 a diferencia de la microcuenca el Carmen en donde se instaló dos parcelas en las quebradas Carmen 1 y Espumos debido a la accesibilidad. Para el cálculo del valor de importancia, se usaron los parámetros de densidad (D), densidad relativa (Dr), dominancia relativa (Dr), frecuencia relativa (Fr), e índice de Importancia (IVI) (Duval, 2014).

## ■ RESULTADOS

### Descripción de los parámetros biofísicos y morfológicos de la zona de estudio

**Caracterización biofísica:** En primer lugar se presentan los resultados de la caracterización biótica de las microcuencas enfocadas a la vegetación existente, agrupadas en categorías de ecosistemas; cinco en la microcuenca El Carmen y seis en la microcuenca Mónica. En la tabla 1 se presenta las categorías.

Tabla 1. Categorías de ecosistemas en las microcuencas en estudio

Categoría	Área (ha)	Porcentaje	Microcuenca
Bosque	381,8	80	C/C*
Páramo	51,2	10,7	C/C
Matorral	26,8	6	C/C
Pastizal	16,4	3	CC
Áreas sin vegetación	1,8	0,3	CC
Total	478	100	C/C
Bosque	392,4	71	M/I**
Páramo	65,5	11	M/I
Pastizal	60,9	10	M/I
Plantaciones Forestales	33,55	0,6	M/I
Matorral	26,1	5,4	M/I
Áreas sin vegetación	11,8	2	M/I
Total	590,25	100	M/I

Fuente: MAE & MAGAP (2014).

C\* = Microcuenca El Carmen/Conservada

M\*\*= Microcuenca Mónica/Intervenida

Tabla 2. Tipo de suelo en la microcuenca Mónica y el Carmen.

Tipo de suelo	Extensión (ha)	Porcentaje	Microcuenca
Inceptisoles	346,5	73	C/C*
Entisoles	131,4	27	C/C
Entisoles	320,2	58	M/I**
Inceptisoles	228,4	42	M/I

Fuente: MAGAP (2002).

C\* = Microcuenca El Carmen/Conservada

M\*\*= Microcuenca Mónica/Intervenida

**Parámetros morfométricos:** Los parámetros morfométricos obtenidos tras el análisis en el software ArcGis se describen en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros morfológicos de las microcuencas el Carmen y Mónica 1.

Parámetros morfológicos	Carmen	Mónica	Unidad
Área	4,779	5,485	m <sup>2</sup>
Perímetro	9,715	10,368	km
Cota min	2350	2320	m s.n.m
Cota max	3400	3400	msnm
Centroide X	705309	703047	m
Centroide Y	9552043	9548873	m
Rango altitudinal	1050	1080	m s.n.m
Pendiente media de la cuenca	55,259	52,882	%
Altitud media de la cuenca	2875	2860	m s.n.m
Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad	1,253	1,248	---
Longitud del cauce principal	3,062	4,246	km
Longitud de cauces	7,801	7,469	km
Orden de las corrientes	3	3	---
Pendiente media del cauce principal	35,701	48,152	%
Densidad de drenaje	1,632	1,362	km/km <sup>2</sup>

Fuente: (Miller, 2011)

El Carmen tiene una superficie de 4,779 km<sup>2</sup> y Mónica de 5,485 km<sup>2</sup>, el perímetro para el Carmen es 9,715 km y Mónica 10,368 km, la pendiente media del Carmen es de 55,3 % y del Mónica 52,9 % indica que la pendiente de estas cuencas es muy escarpada con ello se deduce que la velocidad de la escorrentía superficial, la fuerza erosiva y la capacidad de transporte fluvial es intensa (Ibáñez, Ramón, & Gisbert, 2012). Mientras que la pendiente del cauce principal para el Carmen es de 35,70 % y en Mónica hay una fuerte pendiente de 48,15%, por otra parte, la densidad de drenaje es un índice importante que se refleja en los datos obtenidos, puesto que refleja la influencia de la geología, topografía, suelos y vegetación,

en la cuenca hidrográfica (Villón, 2002); en este sentido el índice obtenido tanto para la microcuenca El Carmen de 1,63 km/km<sup>2</sup> y Mónica 1,36 km/km<sup>2</sup> se encuentran en un rango de Moderado (escala propuesta por Villón, 2002) y está relacionado con el tiempo de salida del escurrimiento superficial de la cuenca, en tal sentido que las cuencas se encuentran moderadamente drenadas ante los flujos de precipitación dentro de estas microcuencas. Con respecto a la longitud de los cauces, es ligeramente mayor en la microcuenca El Carmen (7,8 km) que en la de Mónica (7,5 km), sin que esto marque una diferencia significativa entre ellas, puede propiciar el análisis importante en lo referente al arrastre de sedimentos y la variabilidad del bosque ripario a diferentes distancias del origen del cauce.

**Caracterización del suelo ripario:** Se describe el resultado de las propiedades físico-químico de suelo de los tramos Santa Urco, Mónica 1, Espumos y Carmen 1, las mismas que se tomaron a una profundidad de 0,20 cm (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis químico del suelo en la microcuenca Mónica y Carmen.

Muestreo	pH	C (tC/ha)	CE ds/m	CIC (meq/100 gr)	MO %	Da (g/cm <sup>3</sup> )
Carmen	5,73	96,9	0,1	21,9	7,0	1,3
Santa Urco	5,53	64,8	0,2	15,3	5,1	1,5
Espumos	5,95	172,2	0,2	15,65	10,7	1,2
Mónica	5,68	74,9	0,2	12,1	5,1	1,4

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNL (2015).

**Índice de la calidad de las riberas RQI:** En la figura 3 se establecen los parámetros de evaluación del índice de la calidad de las riberas (RQI) y las principales especies predominates por su abundancia en la zona.

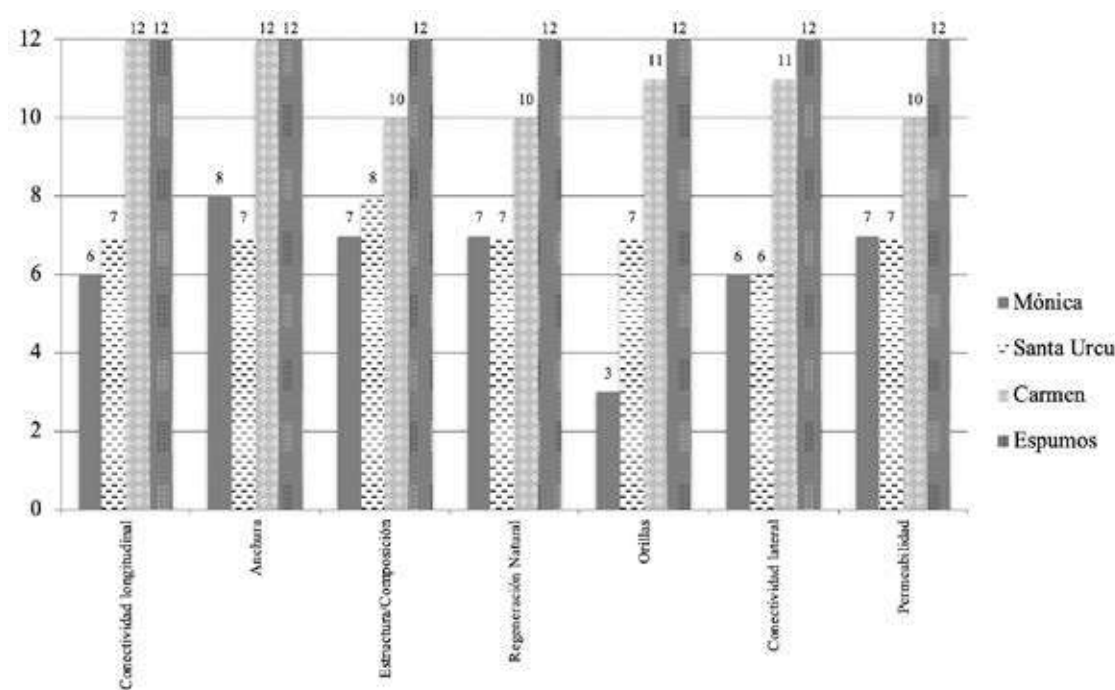


Figura 3. Parámetros de evaluación del índice RQI en las microcuencas Mónica y Carmen.

Fuente: (González del Tánago, 2006).

Finalmente se realizó la caracterización y composición del bosque ripario y se determinó a través del Índice de Valor de Importancia (IVI) la especie representativa para cada zona, siendo el 45 % para la especie *Eucalyptus Globulus Labill* y 56,3 % especie *Alnus acuminata* kunth en la microcuenca Mónica. Mientras que en la microcuenca Carmen se estableció el 17,1 % para la especie *Dennstaedtia Globulifera* (Poir) Hierar y 21,4 % *Heayosmun Scabrum*.

## ■ DISCUSIÓN

**Caracterización biofísica:** Es importante destacar las diferencias biofísicas entre los sectores de estudio; la microcuenca Mónica ha recibido las consecuencias de la dinámica antrópica, la ampliación de sus riveras en la implementación de pastizales para la ganadería así lo indican, 60 ha que ocupa el 10% del terreno es un indicador al que debe dársele mucha importancia debido a que gran parte de los servicios de protección y regularización ambiental en las riveras se pierden frente a un menor incremento en los servicios de producción por pastizales (Barral, Maceira y Zelaya, 2009).

El análisis químico del suelo ha dejado entrever que la microcuenca intervenida Mónica posee inferiores indicadores de calidad ambiental con respecto a la microcuenca el Carmen en tres aspectos fundamentales: Contenido de carbono, materia orgánica y una baja CIC; el contenido de carbono muestra tanto la disponibilidad para los procesos propiamente edáficos como el importante aporte en la captura de carbono atmosférico; por otra parte, el contenido de materia orgánica aunque no está bajo en la microcuenca intervenida por los aspectos antrópicos y las condiciones de vegetación y densidad de suelo determinadas podría ir disminuyendo con el transcurso del tiempo.

Los aspectos climáticos son muy importantes al comparar estas microcuencas; la temperatura registrada en el Carmen y Mónica oscila entre 10°C – 14°C; (Magdaleno F. , 2012) la vegetación de ribera es de tipo edafohigrófilo, lo que la hace depender menos del clima, la precipitación fluctúa en el Carmen entre los 1000 – 1500 mm y en Mónica entre 1000 - 1250 mm anuales, estas condiciones junto a la humedad e inundaciones ribereñas, modifican las características del suelo, aspecto fundamental para incrementar la complejidad de las formaciones vegetales creando un mosaico de bosques a lo largo del lecho fluvial (Correa, 2010).

**Parámetros morfométricos:** La pendiente en Mónica es mayor que la del Carmen, aspecto que supone un incremento en la velocidad de desplazamiento del agua, menor tiempo de concentración y menor infiltración (Instituto Nacional de Ecología (INE), 2004), lo que permite mejora en algunas características físicas, químicas y biológicas de las aguas, debido al incremento de la oxigenación y mineralización producto de las turbulencias generadas y arrastre de sedimentos (Londoño, 2001).

En lo referente al parámetro el índice de compacidad, las cuencas presentan forma casi redonda a oval-redonda; es decir, de clase de compacidad I, lo que es indicativo en conjunto de que al producirse lluvias de larga duración y de intensidad alta, este sistema presente bajo riesgo de torrencialidad y de arrastre de sedimentos. (CARTOLIMA, 2011)



La densidad de drenaje para el Carmen es de 1,63 km/km<sup>2</sup> y de Mónica 1,36 km/km<sup>2</sup> lo que implica un drenaje bajo con respuesta hidrológica muy lenta (Fuentes, 2006), justificando que una gota de agua recorrerá una longitud larga para llegar a la salida de la cuenca (Hernandez, 2015); la densidad va a depender de la litología, de las características de infiltración del suelo y de la cubierta vegetal existente (Romero, 1987).

**Caracterización del suelo ripario:** Los suelos en las microcuencas son del orden Inceptisoles, aptos para soportar una sucesión de cultivos, pero solamente con un manejo adecuado, el material parental permite su desarrollo ya que es altamente calcáreo y resistente a la meteorización (Ibáñez, Ramón, & Gisbert, 2012), el pH es moderadamente ácido en muestras de suelo SU, M1, C1 y E característico de suelos medianamente fértiles, ya que influye directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Instituto Nacional de Ecología (INE), 2000), la materia orgánica (MO) en los tramos de estudio es media – alta (5-10%) que estaría permitiendo el reciclaje de nutrientes e incrementando la diversidad biológica de los suelos riparios (PROBIDES; PNUD; UE, 1999), este porcentaje de MO encontrada permite una mejor capacidad de retención de agua en la ribera, aumenta su resistencia a la erosión y contribuye a evitar la contaminación de los cursos de agua, gracias a su papel de filtro natural asociado principalmente a sus propiedades adsorbentes (Gartzia, 2009). A pesar de que el tramo M1-SU la MO es media se evidencia la erosión de las riberas fluviales debido a la ganadería que se desarrolla en el lugar; un análisis conjunto se da en relación a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y la MO en razón de que a medida que se incrementa la MO también incrementa CIC (Bosque Natural, 2011), la CIC en C1 es de 21,93 meq/100 gr, E 15,65 meq/100 gr, SU 15,3 meq/100 gr y M1 12,1 meq/100 gr, ubicando los tramos en la categoría de medio - alto en relación a su CIC, esto determina la potencialidad que tiene el suelo para retener e intercambiar nutrientes vegetales (SMART, 2008).

La salinidad de los suelos varía ampliamente, tanto horizontal como verticalmente debido a pequeñas diferencias en su composición, permeabilidad, desarrollo de plantas, entre otros (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2010). La Conductividad Eléctrica en los tramos C1, E, M1, SU se encuentran en la categoría de no salinos por tener una CE promedio de 0,2 ds/m en el caso de suelos no salinos, en general contienen principalmente sales de calcio, estos suelos son adecuados para el crecimiento vegetal (Torres, 2008).

Se considera, esquemáticamente, que la porosidad total está constituida por una macroporosidad utilizada para la circulación del agua y del aire y por una microporosidad que almacena el agua y que además está relacionada con la penetración y distribución de las raíces, en este contexto la microcuencas Mónica presenta una densidad aparente ( $D_a$ ) de 1,4 gr cm<sup>-3</sup> frente a la microcuenca Santa Urco con una  $D_a$  de 1,5 gr cm<sup>-3</sup> indicadores de suelos con tendencia a la compactación frente a las microcuencas El Carmen y Espumos con una  $D_a$  de 1,3 y 1,2 gr cm<sup>-3</sup> propios de suelos arenosos con mejores condiciones de porosidad e infiltración (Antunes, *et al.*, 2007). El carbono del suelo en el C1 es de 96,9 tC/ha y E 172,2 tC/ha para SU de 64,8tC/ha y M1 de 74,9 tC/ha. Los valores de carbono en M1-SU son bajos a comparación de C1-E, esto puede atribuirse al cambio de uso de bosques riparios a pasturas o cultivos que disminuye los contenidos de carbono en el suelo, debido a aumentos de temperatura que aceleran los procesos oxidativos de compuestos orgánicos también, el lavado de los

suelos provoca la remoción del carbono (Granados, 2006). Los suelos de los tramos (M1, SU, E, C1) son de textura (franco arenoso) usualmente estos suelos presentan regímenes de infiltración veloces y presentan una excelente aireación debido a que las partículas dominantes de gran tamaño facilitan la penetración del aire (Luters, 2000).

**Índice de la calidad de las zonas de riberas:** Es de vital importancia en el análisis de la calidad de las zonas de rivera en las microcuencas el estudio, el análisis de la continuidad longitudinal la vegetación riparia por estar sometida de manera natural a una fuerte dinámica ocasionada por la reducción de los caudales que pueden causar la muerte de individuos o por los asentamientos humanos que ocasionan la destrucción de la vegetación (Suatunce, 2009). Este es el caso de la microcuenca Mónica 1 y Santa Urco que se ve afectada por la presencia de actividades ganaderas las mismas que han modificado la naturalidad del lecho y los procesos hidrogeomorfológicos (Ollero A. B., 2008). La conexión lateral de la microcuenca es regular debido a las externalidades negativas antes mencionadas las mismas que han provocado el encajonamiento del cauce. Esta pérdida de continuidad es muy negativa no solo para la ribera, sino también para el cauce y para los seres vivos que en él habitan (Ollero, 2010).

Sin embargo, la continuidad longitudinal en la microcuenca el Carmen 1 es óptima por lo que hace posible que la vegetación ribereña funcione como corredor conectando diversos ecosistemas. Al estar conectada longitudinalmente permite que, en la conexión lateral de la cuenca se produzca un intercambio de agua, sedimentos, nutrientes y organismos entre el cauce y las riberas importantes para los cauces fluviales (CIBYA y MAGRAMA, 2013; Granados *et al.*, 2016). En la microcuenca el Carmen 1 y Espumos la vegetación riparia es densa y bien estructurada permitiendo el amortiguamiento del flujo y el atrape de nutrientes (Elosegui y Sabater, 2009). En el caso de la microcuenca Mónica 1 y Santa Urco se puede observar la presencia de espacios abiertos lo que limita la dispersión de las especies y hábitat donde se desarrollan.

Las condiciones de las orillas en la microcuenca Mónica 1 muestran altas afectaciones ya que la vegetación de la ribera ha sido cambiada por pastizal lo que provoca la inestabilidad de las ribera y la erosión de los suelos ribereños, los suelos se encajan y se convierten en más estrechos con lo que disminuye la superficie utilizable por los organismos fluviales, la conexión del cauce con la llanura de inundación, así como los servicios que prestan los ríos (Elosegui, 2009), no es el caso de Santa Urco en donde la inestabilidad de las orillas es leve al no presentar erosión en sus riberas. En la microcuenca el Carmen 1 y Espumos no se evidencia alguna alteración en los márgenes ya que es casi nula la intervención humana. La vegetación arbórea junto con un sotobosque denso conformado por herbáceas, matorrales y arbustos, contribuyen con su sistema radicular a estabilizar los márgenes, dado que cohesionan las partículas del suelo a mayor profundidad y disminuye la erosión producida por la corriente de agua, las partículas en suspensión y la carga de fondo (Elosegui, 2009; Granados, Hernández & López, 2006)

El caudal circulante ejerce una importante presión selectiva sobre las comunidades vegetales ribereñas, hasta el punto de que existen determinadas pautas adaptativas (traits syndromes) que se vinculan directamente con atributos específicos del patrón de caudales existente (Blanco, 2011). A diferencia de Santa Urco y Mónica, la pérdida de vegetación en las orillas de los ríos implica la ausencia de sombra y de hojas que caen en el agua, lo cual cambia la composición química de ésta (Meli, 2011). Las especies vegetales en estos tramos son de tipo ruderal debido a las actividades antrópicas de la zona.

## ■ CONCLUSIONES

En la microcuenca bajo conservación El Carmen muestra una estructura vegetal visiblemente en buen estado, esto se debe a que los suelos de los bosques riparios en la zona de estudio presentaron indicadores físico-químicos bajo parámetros normales que influyen de manera positiva en la composición y estructura de la vegetación y por ende de los bosques; la microcuenca Mónica presenta baja calidad en los factores estudiados debido a las actividades antrópicas en el sector que han influido para que existan franjas ribereñas estrechas y alargadas lo que limita el hábitat y la dispersión de especies, las actividades de pastoreo sumadas a la escasa vegetación ribereña exigen acciones contundentes para que mantenga y mejore los servicios ecosistémicos que brinda a las comunidades que de ella se benefician.

### Agradecimientos

En este trabajo de investigación, expresamos el agradecimiento por su aporte a la Carrera de Manejo y Conservación del Medio Ambiente, al Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y la Biodiversidad (CITIAB), al Director de Tesis, Ingeniero Jaime Santin y los coautores y revisores de este trabajo.

### Contribución de los autores

La autora principal de este trabajo fue encargada de recoger los datos de campo y procesar la información cuyo objetivo fue realizar la tesis y obtención del grado de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. El segundo autor fue el director de la tesis, cuya información fue revisada en contenidos y evaluada en el campo. El aporte del tercer autor consistió en ayudar a establecer una metodología para evaluar los bosques riparios y asesorar en los diferentes procesos de la recolección de datos de campo. El aporte del cuarto autor consistió en apoyar en la revisión, síntesis de los resultados y discusiones. Y el aporte del quinto autor consistió en apoyar en el vínculo entre las áreas municipales de estudio, brindando información y facilitando procesos en la recolección y análisis de datos.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, D. (2015). Evaluación de las propiedades físicas del suelo. Obtenido en: <http://www.sec-suelo.org/wp-content/uploads/2015/06/14.-Diego-Aguirre-Evaluacion-propiedades-fisica.pdf>.
- Antunes, *et al.* (2017). Propiedades físico-hídricas del suelo en el cultivo del maíz grano. Boletín INIA. Obtenido: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40309.pdf>
- Auble, G. T. (1994 ). Relating riparian vegetation to present and future streamflows. *Ecological Applications* 4(3): 544-554. Obtenido de <https://www.fort.usgs.gov/sites/default/files/products/publications/2178/2178.pdf>
- Auble, G. T. (2005). Use of individualistic streamflow-vegetation relations along the Fremont River, Utah, USA to assess impacts of flow alteration on wetland and riparian areas. (Vol. 25). *Wetlands*.
- Blanco, F. L. (2011). Relación entre vegetación riparia y caudales: resultados preliminares en tramos fluviales del sur de España. España. Obtenido de <http://www.mediodes.com/pdfs/es/cientifi->

- cas/Vegetacion%20ripar
- Duval, C. &. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina) (Vol. 34). Argentina: Anales de Geografía. Recuperado el 2014, de [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_AGUC.2014.v34.n2](http://dx.doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2).
- Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña, F., Bertrán, C., Tapia, J., & Vargas, L. (2014). Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. Chile. Obtenido de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-66432014000100002](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432014000100002)
- Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (IBAL). (2011). Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la microcuenca de las quebradas Las Panelas y la Balsa. Obtenido de [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/estudios/cuenca\\_panelas/DIAGNOSTICO/2.2ASPECTOS\\_BIOFISICOS.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/cuenca_panelas/DIAGNOSTICO/2.2ASPECTOS_BIOFISICOS.pdf)
- Correa, D. S. (2010). Estructura y diversidad de bosques de galería en una sabana estacional de los llanos orientales colombianos (reserva Tomo Grande, Vichada. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14s1/v14s1a04.pdf>
- Cunalata, C., & Inga, C. (2012). Cuantificación De Carbono Total Almacenado En Suelos De Páramos En Las Comunidades Shobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/2012/1/236T0065.pdf>.
- Delgadillo, A. M. (2010). Hidrología: Morfometría de Cuencas.
- ECU. (2006). Communication from the commission to the council, the European parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions. Obtenido de [http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/SEC\\_2006\\_620.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/SEC_2006_620.pdf).
- Elosegi, A. S. (2009). Conceptos y técnicas en la ecología fluvial: La vegetación terrestre asociada al río el bosque de ribera. Obtenido de [http://www.fbbva.es/TLFU/microsites/ecologia\\_fluvial/pdf/cap\\_17.pdf](http://www.fbbva.es/TLFU/microsites/ecologia_fluvial/pdf/cap_17.pdf)
- Elosegui, A. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Obtenido de Disponible en: [http://books.google.com.pe/books?id=OfOUggC20\\_UC](http://books.google.com.pe/books?id=OfOUggC20_UC)
- Esper, M. y Perucca, L. (2014). Caracterización morfométrica de la Cuenca del río Seco a propósito de las fuertes precipitaciones de enero de 2013, Departamento Sarmiento, San Juan, Argentina. *Boletín de la asociación Geológica Mexicana*. 6 (22). 235 -245
- (SMART), F. M. (2008). La capacidad de intercambio catiónico. Obtenido de <http://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/Cation-Exchange-Capacity>. Consultado el 10 de abril.
- (FAO), O. d. (2012). El estado de los bosques del mundo. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>
- Fernández, L. R. (2009). Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín (41°28'S; 72°59'O) utilizando el índice RQI (66(2):269-278 ed.). *Guayana Bot*. Obtenido de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-66432009000200011](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432009000200011).
- Flores, L. A. (2010). Manual de procedimientos analíticos: Laboratorio de Física de Suelos. Obtenido de <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>.
- Fondo Regional del Agua (FORAGUA). (2013). Protección Ambiental de las microcuencas del cantón Loja. Obtenido de <http://www.foragua.org/?q=node/81>

- Fuentes, J. (2006). Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del parque nacional pico de tancitaro. Obtenido de [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria\\_pico\\_tancitaro.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria_pico_tancitaro.pdf)
- Gartzia, N. (2009). Estructura y dinámica de la materia orgánica del suelo en ecosistemas forestales templados: de lo particular a lo general. Obtenido de [http://www.iefc.net/activites/FORSEE/rapports/FORSEE\\_Euskadi\\_c5\\_thesis\\_nahia.pdf](http://www.iefc.net/activites/FORSEE/rapports/FORSEE_Euskadi_c5_thesis_nahia.pdf)
- Geissert, D. G. (2012). Funciones Ecohidrológicas del suelo y su importancia para la conservación y el desarrollo. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv105art3.pdf>
- González del Tánago, M. G. (2006). Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. (Vol. 12). Ingeniería Civil. Obtenido de <http://www.chduero.es/acciona5/metodologia/rqi.pdf>.
- Granados, D. H. (2006). Ecología de Zonas Ribereñas. Revista Chapingo, 12(1), 55-69. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/629/62912107.pdf>
- Guerrero, O. (2002). Geomorfología de Cuencas. Obtenido de [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4\\_Geomorfologia.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4_Geomorfologia.pdf)
- Gutiérrez, Y. V. (2013). Composición florística de la cuenca del río Gaira. Colombia.
- Hernandez, D. (2015). Estimación de los parámetros morfométricos y las unidades de respuesta hidrológica de la cuenca del Río Ráquira departamento de Boyacá a través del programa SWAT. Obtenido de [http://repository.ucatolica.edu.co:8080/jspui/bitstream/10983/2352/1/Trabajo\\_Grado\\_Cuenca\\_Raquira.pdf](http://repository.ucatolica.edu.co:8080/jspui/bitstream/10983/2352/1/Trabajo_Grado_Cuenca_Raquira.pdf).
- Ibáñez, S. M. (2007). Morfología de las cuencas hidrográficas. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf>.
- Ibáñez, S., Ramón, H., & Gisbert, J. (2012). Técnicas de medida del espacio poroso del suelo. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16872/AD%20Medida%20espacio%20poroso.pdf?sequence=1>.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). (2000). Análisis físicos y químicos del suelo. pH Mexico. Mexico. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/edafologia/doc/normedaf.pdf>
- Instituto Nacional de Ecología (INE). (2004). Direccion General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Obtenido de [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria\\_pico\\_tancitaro.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria_pico_tancitaro.pdf).
- Instituto Nacional de Ecología (INE). (2004). Análisis morfométricos de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro.
- Londoño, C. (2001). Cuencas Hidrográficas: Bases conceptuales caracterización planificación-administración . Obtenido de [http://www.ut.edu.co/academico/images/archivos/Fac\\_Forestal/Documentos/LIBROS/cuencas%20hidrograficas%20bases%20conceptuales%20%20caracterizacion%20%20planificacion%20yorganizacion%20-%20CARLOS%20LONDOO.pdf](http://www.ut.edu.co/academico/images/archivos/Fac_Forestal/Documentos/LIBROS/cuencas%20hidrograficas%20bases%20conceptuales%20%20caracterizacion%20%20planificacion%20yorganizacion%20-%20CARLOS%20LONDOO.pdf)
- Lozano C., D. T. (2002). La flora endémica de plantas vasculares del Parque Nacional Podocarpus. Quito, Ecuador: Abya Yala.
- Luters, A. S. (2000). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Obtenido de [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)
- Magdaleno, F. (2012). Estructura y composición de la vegetación de ribera. Evolución de los bosques

- riparios en el Ebro Medio. Obtenido de [http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/educacionambiental/Vegetacion\\_ribera\\_FMadaleno.pdf](http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/educacionambiental/Vegetacion_ribera_FMadaleno.pdf)
- Magdaleno, F. (2013). Las riveras fluviales. Obtenido de <http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/pdfs/versionpdf/Riberas.pdf>.
- Mesopotamia, E. (2013). Las riberas fluviales.
- Meli, P. C. (2011). Restauración ecológica de riberas: Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona. Obtenido de [http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones\\_digitales/RestRiberas.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/RestRiberas.pdf)
- Miller, J. C. (2011). Environmental quality of Lower Little Bow River and riparian zone along an unfenced reach with off-stream watering (Vol. 98). Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377411001120>
- Ministerio del Ambiente (MAE). (s.f.). Sistema Nacional de Areas Protegidas del Ecuador Parque Nacional Podocarpus. Obtenido de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/areas-protegidas/parque-nacional-podocarpus>
- Muhammad, I. C. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. 45.
- Ollero, A. (2010). Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro Guía metodológica.
- Ollero, A. B. (2008). IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *IHG*, 27(1).
- Ordóñez, J. (2011). Que es Cuenca Hidrográfica? Obtenido de [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). (2009). Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo. Obtenido de [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias\\_agronomicas/c20021221046edafo\\_factoresambientalesysuelos.pdf](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/c20021221046edafo_factoresambientalesysuelos.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). (2011). Los bosques de montaña las raíces de nuestro futuro. Obtenido de [http://www.fao.org/fileadmin/templates/mountain-day/images/SPANISH\\_brochure\\_2011.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/mountain-day/images/SPANISH_brochure_2011.pdf)
- Osorio, W. (2012). Toma de muestras de suelo para evaluar la fertilidad del suelo. Obtenido de [http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1%201%20Toma%20de%20muestras%20de%20suelos%20evaluacion%20de%20fertilidad%20del%20suelo%20%20Walter%20Osorio\\_0.pdf](http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1%201%20Toma%20de%20muestras%20de%20suelos%20evaluacion%20de%20fertilidad%20del%20suelo%20%20Walter%20Osorio_0.pdf)
- Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este (PROBIDES), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Unión Europea (UE). (1999). Conservación y restauración del matorral psamófilo. Obtenido de <http://www.probides.org.uy/publica/dt/DT20.pdf>
- Rodríguez, J. O. (2008). Entradas y transporte de materia orgánica en una quebrada tropical de montaña. *CALDASIA*, 30(2). Obtenido de [http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias/30\\_2/Limno2.pdf](http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias/30_2/Limno2.pdf).
- Romero, M. L. (1987). Revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al alto Guadalquivir. *Papeles de Geografía*, 47-62. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/105414.pdf>.

- Salamanca, A. S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetalera Colombia. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/163/1/arc056%2804%29381-397.pdf>
- Salomón J., M. P. (2009). Asociaciones interespecíficas de anuros en cuatro gradientes altitudinales de la Reserva Biológica Tapichalaca. Zamora, Zamora Chinchipe, Ecuador. Obtenido de [http://www.espe.edu.ec/portal/files/E-RevSerZoologicaNo2/8\(4-5\)/03RamirezAnuros.pdf](http://www.espe.edu.ec/portal/files/E-RevSerZoologicaNo2/8(4-5)/03RamirezAnuros.pdf)
- Secenciales, J. (2009). El análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio geográfico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2010). Salinidad del Suelo. Mexico. Obtenido de <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicaciones-nayarit/FOLLETOS%20Y%20MANUALES/FOLLETOS%20IMTA%202009/folleto%206%20salinidaddelsuelo.pdf>
- Suatunce, J. V. (2009). Composición Florística y Estructura del Remanente de Bosque de Galería de la Corporación Agrícola San Juan, Cantón La Maná. Cotopaxi, Ecuador.
- Torres, A. A. (2008). El problema de la salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile. *Scielo*, 26(3), 31-44. Obtenido de <http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v26n3/art04.pdf>
- Treviño, G. C. (2001). Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León (Vol. 7). Nuevo León.
- USGS (2017) United States Geological Survey. US: USGS Global Visualization Viewer (GloVis). <https://glovis.usgs.gov/>
- Vásconez, P. (2009). Montañas y agua en la mitad del mundo. Obtenido de [http://www.paramo.org/dvd/Paramo%20Andino%20Ecuador/COMPONENTE%204/4B/PROPUESTA%20PARA%20MUSEO%20yAKU\\_%20Ecosistemas%20de%20los%20andes/vegetaci%C3%B3n%20andina.pdf](http://www.paramo.org/dvd/Paramo%20Andino%20Ecuador/COMPONENTE%204/4B/PROPUESTA%20PARA%20MUSEO%20yAKU_%20Ecosistemas%20de%20los%20andes/vegetaci%C3%B3n%20andina.pdf)
- WorldClim (2017) World Clim Free climate data for ecological modeling and GIS. WorldClim: Global Climate Data. <http://www.worldclim.org/>

# Análisis bibliométrico de las tesis de ingeniero forestal de la Universidad Nacional de Loja, 2013-2017

## Bibliometric analysis of forestry engineer thesis of the National University of Loja, 2013-2017

Leonardo Chamba-Herrera

<sup>1\*</sup>Autor para correspondencia: [chherreraleo@yahoo.com](mailto:chherreraleo@yahoo.com)

RECIBIDO: 21/09/2018

APROBADO: 10/12/2018

### RESUMEN

Se analizaron mediante indicadores bibliométricos las tesis de grado de ingeniero forestal de la UNL del período 2013-2017 bajo los objetivos siguientes: caracterizar los documentos de tesis, analizar las referencias bibliográficas y las categorías de las materias principales. Del repositorio de la UNL/AARNR se extrajeron 48 tesis, señalando en fichas de registro las variables bibliométricas, analizadas con el programa Excel® para Windows 2016 y sometidas al análisis de estadística descriptiva. Las variables investigadas fueron: sexo del autor, productividad anual, extensión (número de páginas), ubicación geográfica del lugar de realización; volumen de referencias, tipo de soporte, categoría del tipo de soporte, idioma, edad (obsolescencia); categoría de temas específicos de ciencias forestales, según la clasificación de la FAO. Los resultados muestran, como aspectos más sobresalientes, una mayor proporción de autores de sexo masculino, más de 80 % de trabajos con un promedio de 90 páginas y 65 referencias bibliográficas; de esta variable alrededor de 80 % tienen soporte en obras impresas y en español, la edad de casi 70 % se halla entre 0 y 15 años; las subcategorías más investigadas fueron ciencias forestales en general, medición del bosque y especies forestales.

*Palabras claves:* ingeniería forestal, tesis, producción científica, análisis bibliométrico.



## ABSTRACT

The thesis of forestry degree of the UNL for the period 2013-2017 was analyzed using bibliometric indicators, with the following objectives: characterizing the thesis documents, analyzing the bibliographical references and the categories of the main subjects. From the repository of the UNL/AARNR 48 theses were extracted, indicating in bibs the bibliometric variables, analyzed with the Excel® program for Windows 2016 and subjected to the descriptive statistics analysis. The variables investigated were: author's sex, annual productivity, extension (number of pages), geographical location of the place of performance; volume of references, type of support, category of support type, language, age (obsolescence); category of specific topics in forest sciences, according to the FAO classification. The results show, as outstanding aspects, a greater proportion of male authors, more than 80% of works with an average of 90 pages and 65 bibliographic references; about 80% of this variable is supported in printed works and in Spanish, the age of almost 70% is between 0 and 15 years; the most researched subcategories were forest sciences in general, forest measurement and forest species.

*Keywords:* forestry engineering, thesis, scientific production, bibliometric analysis.

## INTRODUCCIÓN

La investigación es un instrumento de desarrollo de toda nación, por lo que sin inversión en educación e investigación cualquier Estado se mantiene en el subdesarrollo. La investigación que representa la culminación del pregrado, donde se conjugan los conocimientos con las habilidades prácticas en investigación, así como las actitudes personales, es la tesis. La Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) define la tesis como el trabajo de investigación individual, inédito, de aporte original, que permite aplicar conocimientos, consolidar la formación profesional y tiene como objetivo obtener el título profesional (Valle y Salvador, 2009).

Normalmente, se considera la bibliometría como una parte de la cienciometría, que pretende analizar de manera más general el conjunto de la actividad de investigación académico-científica (Ardanuy, 2013, p. 1; Escorcía, 2008). La bibliometría consiste en un conjunto de métodos estadísticos y matemáticos utilizados para analizar la producción y los fenómenos ligados a la comunicación de la ciencia (Carrizo-Sainero, 2000, citado por Armengol, 2017, p. 10).

Alan Pritchard, en 1969, consideró la bibliometría como un método por el cual se aplican tratamientos cuantitativos a las obras escritas y a su comportamiento. La definición que dio Pritchard fue: “la aplicación de métodos matemáticos dispuestos para definir los procesos de la comunicación escrita y la naturaleza y desarrollo de las disciplinas científicas, mediante comunicación” (Amézquita *et al*, 2011, p. 15). Hawkins, en 1977, definió la bibliometría como: “los análisis cuantitativos de características bibliográficas de un cuerpo literario”; mientras que Gardfield la define como la cuantificación de la información bibliográfica susceptible de ser analizada (Armengol, 2017, p. 9). TDiversos autores han señalado que el estudio de la producción científica mediante indicadores bibliométricos es tan importante como la misma producción, debido a que permite conocer las relaciones entre los productores de la ciencia, las tendencias actuales por las que discurre el conocimiento, así como los cauces por los que se seguirá en el futuro (Carpintero

y Peiró, 1981 y Okubo, 1997, citados por Pacheco y Milanés, 2009). La bibliometría constituye un medio para situar la producción de un país con respecto al mundo, una institución en relación con su país y hasta los científicos en relación con sus propias comunidades (Arenas y Romero, 2003). En el ámbito mundial existe una tendencia a evaluar las instituciones educativas de nivel superior con el fin de mejorar la calidad del sistema educativo y de investigación (Masuelli *et al*, 2017).

El crecimiento de la investigación científica en los últimos tiempos ha hecho necesario el desarrollo y la implementación de diversos indicadores que ayuden a medir la importancia de la investigación de cara a la propia comunidad científica. Se plantea una serie de indicadores de orden objetivo y subjetivo para medir este fenómeno; entre ellos se encuentran los indicadores bibliométricos, que dan cuenta de la actividad científica de un país, caracterizada por la producción de literatura científica (Moravcsik, 1989, mencionado por Ríos y Herrero, 2005). El estudio bibliométrico de una institución educativa se hace desde una doble perspectiva: a) para analizar la tasa de crecimiento de la producción científica y b) estudiar la estructura social de los grupos que producen esta literatura científica mediante el análisis de la colaboración. Este tipo de estudio es una herramienta necesaria que permite comprender el comportamiento de los dominios científicos, porque admite evaluar a través de indicadores y metodologías, las tendencias en investigación (Baldazo, 2016, p. 33). La bibliometría evaluativa tiene como propósito las aplicaciones en el campo de la política científica mediante la evaluación de la producción científica vista a la luz de las publicaciones (Saavedra-Fernández, Sotolongo-Aguilar y Guzmán-Sánchez, 2002).

El mayor volumen de estudios bibliométricos sobre agricultura se ha efectuado en base a los artículos publicados en las revistas científicas, tanto impresas como electrónicas, que circulan en la actualidad. Los estudios bibliométricos en América Latina y el Caribe sobre trabajos finales de grado en ingeniería forestal son inexistentes. En Ecuador, este tipo de investigaciones son desconocidas. Se efectuó una exhaustiva revisión de literatura sobre análisis bibliométricos de los trabajos de tesis de ingeniero forestal en las universidades públicas y privadas de Ecuador, sin encontrar publicación alguna. En la Universidad Nacional de Loja (UNL) tampoco existen estudios relacionados con bibliometría.

Por lo expuesto, se emprendió en la presente investigación siendo su objetivo principal analizar mediante indicadores bibliométricos las tesis de pregrado de ingeniero forestal de la Universidad Nacional de Loja en el período 2013-2017, y los objetivos específicos: caracterizar los documentos de tesis, analizar las referencias bibliográficas, y las categorías de las materias principales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Métodos.** Es un estudio bibliométrico, cuantitativo, de tipo descriptivo.

Mediante una búsqueda en internet se seleccionaron las tesis de ingeniero forestal, periodo 2013-2017, que se encuentran disponibles en el acceso abierto del repositorio de la Universidad Nacional de Loja ([dspace.unl.edu.ec/j](https://dspace.unl.edu.ec/j)), correspondiente al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables (AARNR). Se obtuvieron 48 trabajos realizados por 61 graduados de ingeniero forestal; 13 trabajos fueron ejecutados en pareja de egresados.

Con la información obtenida se construyó una base de datos, aplicando una hoja de cálculo Excel® para Windows 2016, anotando en cada ficha de registro las variables bibliométricas, sometiéndolas al análisis de estadística descriptiva que, según Pindyck y Rubinfeld, citados por Rojas-Moreno *et al* (2013), describen los ítems, sin implicación de relaciones matemáticas propias de análisis estadístico más profundo.

A partir de los documentos extraídos se aplicaron las siguientes variables e indicadores bibliométricos:

- Características del documento: sexo del autor, productividad anual, extensión (número de páginas), ubicación geográfica del lugar de realización.
- Referencias bibliográficas (incluidas al final del cuerpo de la tesis en una lista denominada Bibliografía): volumen de referencias, tipo de soporte, categoría del tipo de soporte, idioma, edad (obsolescencia).
- Categoría de temas específicos de ciencias forestales, según la Tabla 1.

Tabla 1. Categoría secundaria, subcategoría y temas específicos de ciencias forestales, según la clasificación AGRIS/CARIS de la FAO

Categoría secundaria	Subcategoría	Temas específicos
Ciencias forestales	1. Ciencias forestales general	- Dasonomía, dendrología, fenología.
	2. Investigación forestal	- Influencia de los bosques; efecto sobre el agua, el suelo, el clima y la salud.
	3. Especies forestales	
Producción forestal	4. Medición del bosque	- Inventario forestal, calidad de sitio, cartografía forestal, aerofotogrametría y reconocimiento.
	5. Silvicultura	- Producción forestal general, cuidado de los bosques, manejo de los bosques, extracción de árboles, rendimiento forestal
		- Sistemas silviculturales. - Quema controlada.
	6. Renovación del bosque	- Plantaciones forestales, árboles ornamentales, arborización urbana, cortinas rompevientos.
		- Renovación por semillas o medios vegetativos. - Corta de bosque bajo. - Regeneración natural.
		- Siembra o plantación, regeneración artificial. - Forestación y reforestación. - Viveros. - Siembra directa.
	7. Producción de semilla forestal	

Categoría secundaria	Subcategoría	Temas específicos
Elaboración de productos forestales	8. Madera como materia prima y elaborada	- Secado y prácticas de depósitos de maderas - Explotación maderera, aserrado, cepillado, ensamblaje. - Prueba de incendio, tratamiento para resistencia al fuego. - Tableros contrachapados.
	9. Otros productos forestales	- Pulpa y papel. - Productos químicos y de destilación. - Celulosa y lignina, resina, trementina. - Gomas, aceites, ceras, tinturas, etc.
	10. Subproductos derivados del bosque	- Leña, carbón, etc. - Mimbres, embalajes.
	11. Daños (menos plagas y enfermedades)	- Daños causados por el hombre, animales, factores atmosféricos, agentes químicos y físicos, programas de prevención y control
	12. Incendios forestales	- Factores y causas, tasa de peligro. - Técnicas y programas de control.

## ■ RESULTADOS

### Características del documento

Sexo de los autores. Entre 2013 y 2017 se graduaron de Ingeniero Forestal 61 egresados, correspondiendo a 39 hombres (64 %) y 22 mujeres (36 %).

Productividad. La distribución por años se exhibe en la Tabla 2.

Tabla 2. Productividad de las tesis de Ingeniero Forestal de la UNL, 2013-2017

Año	Parcial		Total	
	f	%	f	%
2013	4	8,3	4	8,3
2014	11	22,9	15	31,2
2015	13	27,1	28	58,3
2016	11	22,9	39	81,2
2017	9	18,8	48	100,0

El año de mayor producción fue en 2015, que alcanzó al 27,1 % del total del período, el de menor creación fue en 2013 con 8,3 %. El rango fluctuó entre 4 y 13 y el promedio fue de 9,6 tesis por año.

Extensión. La extensión de los documentos, o número de páginas del cuerpo principal, se expone en la Tabla 3.

Tabla 3. Número de páginas del cuerpo principal de los informes de tesis de Ingeniero Forestal de la UNL, 2013-2017

Rango páginas	f	%
< 60	0	0
61-80	13	27,1
81-100	12	25,0
101-120	15	31,3
121-140	3	6,2
> 140	5	10,4
Total	48	100,0

En relación al número de páginas del cuerpo principal, el 83,3 % de las tesis tiene entre 61 y 120 páginas; el restante 16,7 % corresponde a trabajos de 121 a más de 140 páginas.

Ubicación geográfica. En la Tabla 4 se muestra el lugar donde se ejecutaron los trabajos de tesis.

Tabla 4. Lugar geográfico donde se realizaron las tesis de Ingeniero Forestal de la UNL, 2013-2017

Lugar	f	%
Laboratorio	1	2,0
Predios AARNR	2	4,2
Cantón Loja	6	12,5
Provincia de Loja	20	41,7
Región Sur	4	8,3
Otras provincias	15	31,3
Total	48	100,0

El 41,7 % de las tesis se realizó en otros cantones de la provincia de Loja, como los del sector fronterizo (Zapotillo, Macará, Pindal, Celica, Puyango) donde se encuentra ubicado el bosque seco; el 31,3 % en otras provincias de Ecuador, principalmente de la región amazónica; dentro de las parroquias urbanas y rurales del cantón Loja se adelantó el 12,5 % de los estudios; la diferencia de 14,5 % ocurrió en la Región Sur (provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe), terrenos y laboratorio del AARNR.

## Referencias bibliográficas

**Volumen.** Los informes de tesis revisados para este estudio contienen un total de 3 129 referencias bibliográficas, siendo el promedio de 65. La mayor cantidad de referencias en una tesis fue de 163, inscritas en un trabajo creado en el año 2017; el número más bajo, que fue de 26, se encontró en un documento publicado en 2013.

La fluctuación de las referencias se presenta en la Figura 1. El rango >50 referencias se ubicó en primer lugar con 70,8 %; en un segundo plano se situó el rango entre 31 a 50 referencias con 25,0 %; el volumen inferior a 30 referencias equivale al 4,2 %.

**Tipo de soporte.** Como se observa en la Figura 2, el 83,4 % de las referencias fue consultada en documentos impresos y el 17,6 % en recursos electrónicos a través de internet.

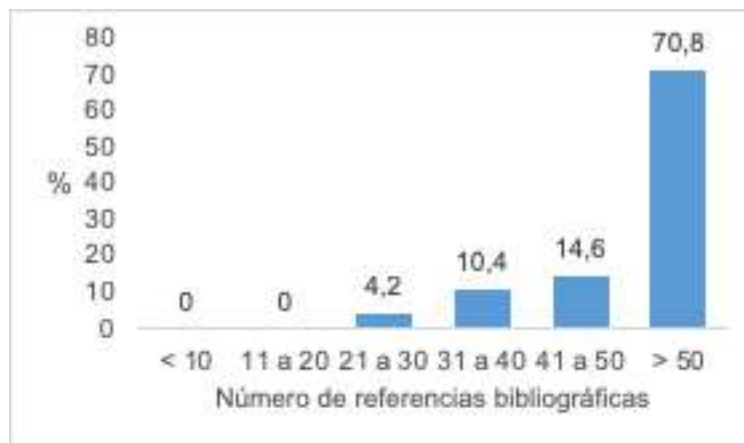


Figura 1. Número de referencias bibliográficas de las tesis de Ingeniero Forestal de la UNL, 2013-2017

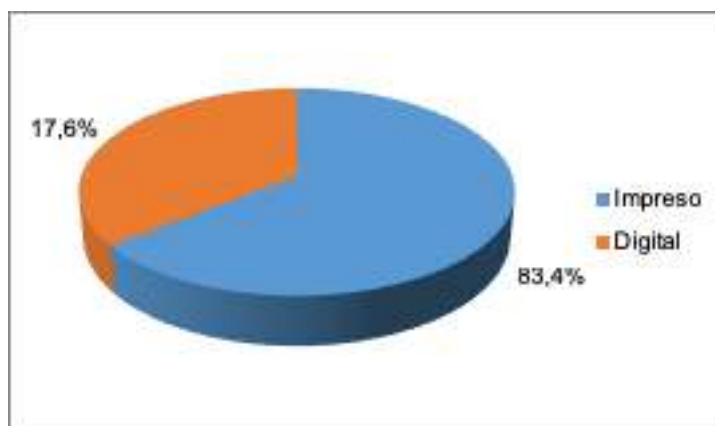


Figura 2. Tipo de soporte de las referencias bibliográficas de las tesis de Ingeniero Forestal de la UNL, 2013-2017

Categoría del documento. En la Tabla 5 se presentan los tipos de documentos de las referencias bibliográficas de los informes de tesis.

Tabla 5. Tipo de documento de las referencias bibliográficas de las tesis de Ingeniero Forestal de la UNL, 2013-2017

Categoría de documento	f	%
Libros, folletos y documentos en internet	1934	61,8
Tesis de grado	362	11,6
Trabajos en congresos	39	1,2
Capítulos de libros	86	2,7
Artículos de revista	698	22,3
Otras	10	0,3
Total	3129	100,0

Se nota la siguiente secuencia: libros, folletos y documentos en internet 61,8 %; artículos de revistas científicas 22,3 %; tesis de grado (tesis nacionales y extranjeras) 11,6 %; en un segundo grupo, que abarca el 4,2 %, se encuentran las obras colectivas (capítulos de libros), ponencias en congresos y otras fuentes.

Idioma. Las 3 129 referencias bibliográficas fueron analizadas de acuerdo a la categoría del idioma del documento consultado, Figura 5. La mayoría de las referencias, 79,5 %, fueron de documentos en idioma español, mientras que las de idioma inglés abarcó el 19,9 %; el 0,5 % de otros idiomas corresponde al francés y portugués

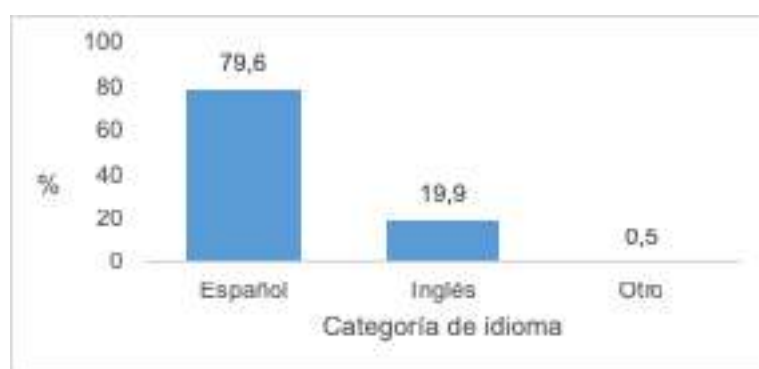


Figura 5. Idioma de las referencias bibliográficas de los informes de tesis de Ingeniero Forestal de la UNL, 2013-2017.

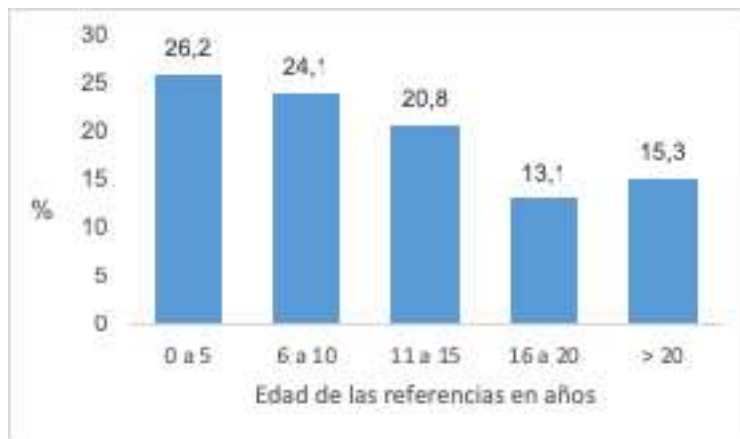


Figura 6. Edad de las referencias bibliográficas de los informes de tesis de ingeniero forestal de la UNL, 2013-2017

Como se observa en la Figura 6, la mayoría se concentra entre 0 y 15 años (71,1 %); sin embargo, el 15,3 % se halla en obsolescencia, es decir en una edad mayor a 20 años. No consta la proporción de las referencias que no tenían año (s.f.), equivalente al 0,5 %. El Índice de Price, que es el porcentaje de referencias con una antigüedad menor a cinco años, en que se considera como año cero el de la publicación del documento (Rojas-Moreno *et al*, 2013), se calculó en 23,24 %.

#### Categorías secundarias y subcategorías

Los informes de tesis de Ingeniero Forestal del período 2013-2017 se enmarcan dentro de las subcategorías mostradas en la Figura 7. Se observa que la mitad de las tesis (50,0 %) corresponde a las subcategorías de ciencias forestales en general y medición del bosque; en segundo lugar se hallan especies forestales (22,9 %) y renovación del bosque (10,4 %). En la elaboración de las tesis para optar el título de ingeniero forestal, durante el periodo 2013-2017 fueron desestimadas las subcategorías investigación forestal, subproductos derivados del bosque (leña, carbón), daños al bosque e Incendios forestales.

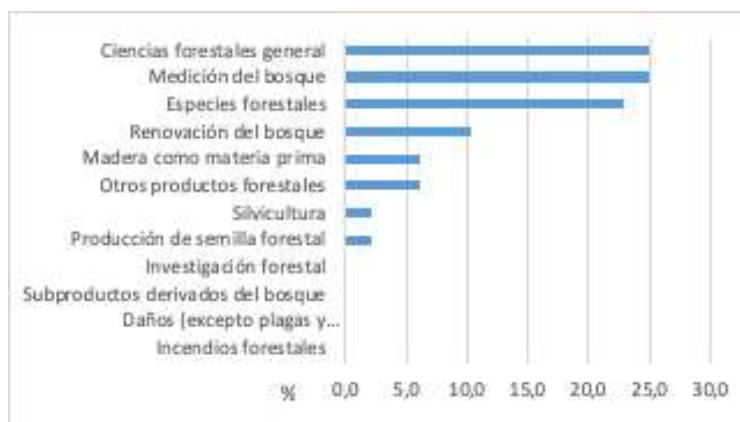


Figura 7. Subcategorías de ciencias forestales de los informes de tesis de Ingeniero Forestal de la UNL, 2013-2017



## ■ DISCUSIÓN

Iannacone *et al* (2017), en la investigación bibliointegrativa de las tesis de pregrado y posgrado sobre biodiversidad en las universidades de Lima, Perú, período 1989-2014, reporta que en los 25 años estudiados se presentaron 4,8 tesis por año, el porcentaje entre hombres y mujeres fue de 52 % y 48 %, respectivamente, datos análogos a los obtenidos en este estudio.

Las cifras sobre el tipo de documentos y el idioma de esta investigación son similares a las informadas por Meneses *et al* (2013) en su trabajo en la Universidad Veracruzana, donde el 60,46 % de las referencias fueron consultadas en libros y el 13,05 % en artículos de revistas; asimismo, el 86,63 % fueron de idioma español y el 12,79 % en inglés. El promedio de referencias de este estudio (65) supera en 22,6 % al promedio de 53 determinado por Bravo y Chaparro (2015) en su trabajo sobre análisis bibliométrico de los trabajos de grado de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

## ■ CONCLUSIONES

Durante el periodo 2013-2017 en la UNL se desarrollaron 48 tesis de Ingeniero Forestal por 61 egresados, siendo 64 % de sexo masculino y 36 % femenino. La producción promedia anual para el período fue de 4,6; el rango fluctuó entre 4 y 13 y el promedio fue de 9,6 tesis por año. Sobre el número de páginas del cuerpo principal, el 83,3 % de las tesis tiene entre 61 y 120 páginas; el 41,7 % de las tesis se efectuaron en otros cantones de la provincia de Loja (Zapotillo, Macará, Pindal, Celica, Puyango), el 31,3 % en otras provincias de Ecuador (región amazónica).

Se analizó un total de 3 129 referencias bibliográficas, siendo el promedio de 65 por tesis; el 70,8 % corresponde al rango >50 referencias; del tipo de soporte el 83,4 % fue de documentos impresos y el 17,6 % de recursos electrónicos; en la categoría del documento el 61,8% es de libros, folletos y documentos en internet, el 22,3 % de artículos de revistas científicas; el 79,5 % fueron de documentos en idioma español y el 19,9 % del inglés; el 71,1 % tiene una edad entre 0 y 15 años y la obsolescencia (edad mayor a 20 años) es de 15,3 %; el Índice de Price es de 23,24 %. El 50 % corresponde a las subcategorías de Ciencias forestales en general y Medición del bosque; en segundo lugar, se agrupan Especies forestales (22,9 %) y Renovación del bosque (10,4 %). Se sugiere a la Carrera de Ingeniería Forestal promover la realización de tesis sobre estudios bibliométricos, en los que se incluyan otras investigaciones: tesis de posgrado, trabajos de exámenes completos, informes de investigación, etc.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

- Ardanuy, J. (2013). *Análisis de los estudios bibliométricos en Cataluña*. Recuperado de <http://bid.ub.edu/es/32/ardanuy2.htm>
- Amézquita López, J. A.; Martínez Torres, D. C.; Martínez Torres, J. C. y Maza Ávila, F. (2011). *Bibliometría, infometría y cienciometría*. Cartagena, Colombia: Ediciones Unicartagena.
- Arenas, S. y Romero, A. (2003). Indicadores bibliométricos de la revista científica *Zootecnia Tropical*, 21(3). Recuperado de [www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692003000300007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692003000300007&script=sci_arttext)

- Armengol López, N. (2017). *Estudio bibliométrico de la revista Pastos y Forrajes y su relación con los cambios de paradigma de I+D+i en la EEPF Indio Hatuey* (Tesis de maestría, Universidad de Matanzas, Cuba). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/323178041\\_Estudio\\_bibliometrico\\_de\\_la\\_revista\\_Pastos\\_y\\_Forrajes\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_los\\_cambios\\_de\\_paradigma\\_de\\_IDi\\_en\\_la\\_EEPF\\_Indio\\_Hatuey](https://www.researchgate.net/publication/323178041_Estudio_bibliometrico_de_la_revista_Pastos_y_Forrajes_y_su_relacion_con_los_cambios_de_paradigma_de_IDi_en_la_EEPF_Indio_Hatuey)
- Babini, D. (2011). Acceso abierto a la producción científica de América Latina y el Caribe: identificación de principales instituciones para estrategias de integración regional. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 6(17), 1-24. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92422634002>
- Baldazo Molotla, F. A. (2016). *Sustentabilidad en empresas familiares rurales: estudio bibliométrico e indicadores* (Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, México).
- Escorcía Otálora, T. A. (2008). *El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Iannacone, J.; Romero, S.; Guabloche, A. y Alvarino, L. (2017). Investigación bibliointegrativa de las tesis de pregrado y postgrado sobre biodiversidad en las universidades de Lima, Perú. *Cátedra Villarreal*, 5(2), 149-158.
- Masuelli, R. W., Amoretti, M. L., Agüero, N. V. y Darre, M. (2017). *Análisis bibliométrico de la producción científica de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Argentina*. Recuperado de [http://revista.fca.uncu.edu.ar/images/stories/pdfs/En\\_prensa/Masuelli.pdf](http://revista.fca.uncu.edu.ar/images/stories/pdfs/En_prensa/Masuelli.pdf)
- Meneses Aguirre, B., Romero Pedraza, E. y Sesma-Muñoz, B. (2013). Análisis y evolución de las referencias de las tesis de un posgrado en la Universidad Veracruzana. *Revista Ciencia Administrativa* (1), 34-38.
- Montilla Peña, L. J. (2016). Análisis de la producción científica de los artículos de la *Revista Zootecnia Tropical del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas* (2006-2013). *Biblios* (65), 1-14.
- Pacheco-Mendoza, J. y Milanés Guisado, Y. (2009). Evaluación de la ciencia y los estudios bibliométricos. Recuperado de [www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/evaluacion\\_de\\_la\\_ciencia.pdf](http://www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/evaluacion_de_la_ciencia.pdf)
- Prince-Perciballi, I. (1983). *Esquema de categorías de materias AGRIS/CARIS*. (Trad. Hugo Cáceres Ramos; María José Galrao). San José, Costa Rica: IICA/CIDIA.
- Rojas-Moreno, B., Cásares, M., Vilorio, F y Chaparro-Martínez, E. (2013). Análisis bibliométrico de la literatura científica publicada en la revista de la facultad de ciencias veterinarias de la Universidad Central de Venezuela, período 2001-2011. II. Indicadores de consumo. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 54(2), 1-14.
- Saavedra-Fernández, O.; Sotolongo-Aguilar, G. y Guzmán-Sánchez, M. V. (2002). Medición de la producción científica en América Latina y el Caribe en el campo agrícola y afines: un estudio bibliométrico. *Rev. Esp. Doc. Cient.* 25(2), 151-161. Recuperado de <http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/96/159>
- San Martín H., F., y Pacheco M., J. (2008). *Análisis bibliométrico de las tesis de pregrado de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en el período 2001-2006*. Recuperado de [www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172008000100...](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172008000100...)
- Valle, R. y Salvador, E. (2009). Análisis bibliométrico de las tesis de pregrado de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de [http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-558320090](http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-558320090)

## Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja

### Ecosystem goods and services from the dry forests of the province of Loja

Nathalie Aguirre Padilla<sup>1\*</sup>  
Johanna Alvarado Espejo<sup>1</sup>  
Julio Granda Pardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docentes de la carrera de Economía de la Universidad Nacional de Loja

<sup>2</sup>Economista, Consultor

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

RECIBIDO: 27/09/2018

APROBADO: 11/12/2018

#### RESUMEN

Los bosques secos son ecosistemas únicos y frágiles, que se encuentran amenazados por las actividades antrópicas que avanzan de forma descontrolada. Siendo considerados una de las zonas de mayor importancia ecológica no solo por las condiciones en las que se desarrolla, su complejo comportamiento y las dinámicas ambientales que en él se presentan, sino además por ser considerado uno de los ecosistemas más amenazados dentro del territorio nacional, el bosque seco, es una zona de vida considerada como estratégica para la conservación teniendo en cuenta sus características propias y los beneficios socio ambientales que presta. Uno de los factores de mayor importancia que conllevan a la necesidad de la conservación de las áreas de bosque seco es el desarrollo excepcional de la diversidad biológica que allí se presenta. La composición florística de estas zonas presentan comportamientos de adaptación a condiciones que podrían considerarse extremas en las que se da un desarrollo importante de la vegetación en condiciones de muy poca disponibilidad de agua, lo que produce la presencia de gran cantidad de especies endémicas. En base a estos antecedentes surge indispensable conocer los bienes y servicios ambientales que los bosques secos de la provincia de Loja, están prestando a su población, análisis que permitirá conocer el verdadero funcionamiento del bosque seco en el desarrollo de vida de sus habitantes.

*Palabras clave:* servicios ambientales, bienes ambientales, bosque seco.

## ■ ABSTRACT

Dry forests are unique and fragile ecosystems, which are threatened by anthropogenic activities that progress in an uncontrolled manner. Being considered one of the zones of greater ecological importance not only by the conditions in which it is developed, its complex behavior and the environmental dynamics that are presented in it, but also because it is considered one of the most threatened ecosystems within the national territory, The dry forest is a life zone considered strategic for conservation, taking into account its own characteristics and the social and environmental benefits it provides. One of the most important factors that leads to the need for the conservation of dry forest areas is the exceptional development of the biological diversity that occurs there. The floristic composition of these zones show behaviors of adaptation to conditions that could be considered extreme in which there is an important development of vegetation in conditions of very little water availability, which produces the presence of a large number of endemic species. Based on this background, it is essential to know the environmental goods and services that the dry forests of the province of Loja are providing to their population, an analysis that will allow us to know the true functioning of the dry forest in the development of life of its inhabitants.

*Keywords:* environmental services, environmental goods, dry forest.

## ■ INTRODUCCIÓN

Los bosques secos al igual que todos los ecosistemas a nivel mundial brindan múltiples beneficios a la humanidad, con los bienes y servicios ecosistémicos que poseen, los cuales se derivan de los componentes que éstos tienen como el agua, nutrientes, luz, plantas, hongos, microorganismos (Balvanera, 2012). Por ello es necesario resaltar los beneficios que los seres vivos reciben de estos ecosistemas. Desde el principio de los tiempos, la humanidad ha vivido a través del consumo de especies silvestres disponibles en los diferentes ecosistemas. El uso de la flora y fauna por parte de grupos humanos incluye no solo la extracción de bienes ambientales de manera ocasional, sino también el uso sustentable. En algunas zonas la población ha explotado en forma excesiva algunos recursos, conduciendo al deterioro y desaparición de las especies de los bosques. Estos procesos se dan por el desconocimiento de la estructura, composición y función de los ecosistemas (Aguirre, Betancourt y Geadá, 2013).

Los bosque secos son formaciones vegetales caducifolias, donde aproximadamente el 75 % de sus especies pierden estacionalmente sus hojas (Espinosa *et al.*, 2012; Aguirre y Kvist, 2005). Estos bosques están compuestos por vegetación que está adaptada a condiciones climáticas extremas, con precipitación anual de 400-600 mm (febrero a abril); temperatura media anual de 24,9°C (Cañadas, 1983; Webber, 2009). El bosque seco del sur occidente de Ecuador es parte de la Región de Endemismo Tumbesina, caracterizada por el un elevado endemismo faunístico y florístico (NCI, 2005). Los bosques secos en el Ecuador, según Sierra *et al.*, (1999) citado por Montaña y Roa (2012, p.3) se distinguen como una franja costera de 25 030 km<sup>2</sup>, que equivale al 10 % de la superficie total del país, con una remanencia de 28,4 %. En la provincia de Loja se encuentra la mayor superficie de este ecosistema, distribuido entre 0 a 1100 msnm, incluyen las tierras bajas, estribaciones occidentales bajas de la cordillera de los Andes y los valles secos interandinos del sur. Aproximadamente el 20 % (2 000 km<sup>2</sup>) de la provincia (11 000

km<sup>2</sup>) es bosque seco. La temperatura varían entre 20 a 26°C y la precipitación media anual es de 500 mm. Se diferencian dos periodos; uno seco entre mayo a noviembre y otro lluvioso de diciembre a abril. Generalmente los suelos sobre los cuales se desarrollan son arcillosos, que en época lluviosa forman lodazales y en temporada seca se manifiestan con grandes grietas (Herbario Loja *et al.*, 2001, 2003). Los bosques secos de la provincia de Loja son semidensos (500 a 699 individuos/ha), con árboles grandes de: *Ceiba trichistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus* y *Terminalia valverdeae*, que en temporada lluviosa el bosque semeja a una selva tropical. Estos bosques soportan la explotación selectiva de especies maderables como: *Handroanthus chrysanthus*, *Loxopterygium huasango*, *Terminalia valverdeae* y *Geoffroea spinosa*, conversión de áreas para cultivos de temporal y pastoreo de ganado caprino, que son los factores que provocan la alteración de la estructura del bosque (Aguirre, 2017, p.63).

Actualmente los gobiernos, empresas y ciudadanos reconocen cada vez más el valor de la amplia gama de servicios que proporcionan los ecosistemas. A pesar de lo anterior para las comunidades rurales es difícil cuantificar los beneficios prestados por los bosques, sobre todo cuando se refieren a los servicios que son intangibles. Teniendo en cuenta lo que representan los ecosistemas para las comunidades allí asentadas y la destrucción acelerada a la que están siendo sometidos estos ecosistemas, es necesario valorarlo integralmente, como una herramienta que permita a las comunidades cuantificar los bienes y servicios que estos les ofrecen (Aguirre, 2017, p.75).

Según el estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico “Jhon Von Neuman” (2012), titulado: Valoración integral de los bosques secos del Dagua, valle del Cauca, en los bosques secos los pilares de seguridad económica son las explotaciones agropecuarias como la ganadería mayor y menor, agricultura, ganadería, minería, de percederos y cultivos de subsistencia. Su problemática está enmarcadas en dichas actividades, además del aprovechamiento forestal, contaminación ambiental y erosión. Por otro lado se reportan además diez servicios ambientales, de los cuales las personas reconocieron mayoritariamente tres de éstos, como son la conservación de especies de fauna y flora propia de la región, la protección de fuentes de agua, y la diversidad biológica que representan los bosques.

En base a trabajos de campo publicados y a revisiones bibliográficas, con este documento de pretender realizar una revisión sobre los bienes y servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques secos; de manera tal que permita conocer el valor ecológico de estos ecosistemas presentes en la provincia de Loja. Además, describir los bienes y servicios ecosistémicos del bosque seco, se exploran brevemente los temas: i) la relación entre los componentes y procesos del ecosistema y su capacidad de proveer servicios, ii) biodiversidad presente en el bosque seco de la provincia de Loja y iii) bienes y servicios ecosistémicos que prestan los bosques secos y que son poco valorados por los habitantes de la zona.

### Área de estudio

El análisis se realizó para los bosques secos de la provincia de Loja, localizados entre 190 a 1 000 msnm, en territorios de los cantones Zapotillo, Macará, Puyango, Paltas, Pindal, Céllica y Sozoranga; que comprende parte de la Reserva de Biosfera Bosque Seco, reconocida desde el año junio 2014. La

provincia de Loja tiene 11 000 km<sup>2</sup>, de estos 2000 km<sup>2</sup> son de bosque y vegetación seca, localizado en el extremo sur del Ecuador en el límite con el Perú (Figura 1) (Aguirre *et al.*, 2013, p. 52). El área tiene una precipitación anual promedio de 500 mm y temperatura promedio anual de 24°C (Espinoza *et al.*, 2012; Webber, 2009, p. 26). La población rural que vive entre y alrededor del bosque está dedicada a actividades de agricultura de autoconsumo, crianza de ganado caprino, aprovechamiento de especies maderables comerciales y uso de productos forestales no maderables, especialmente para subsistencia. Según Aguirre *et al.*, (2013) los bosques secos de la provincia de Loja, están en buen estado de conservación con una puntuación de 57,6 %, que refiere que éstos bosques secos se aprecian mejor conservados que los del norte peruano y que sus homólogos de Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro, considerando su composición, estructura y regeneración natural de las especies típicas.

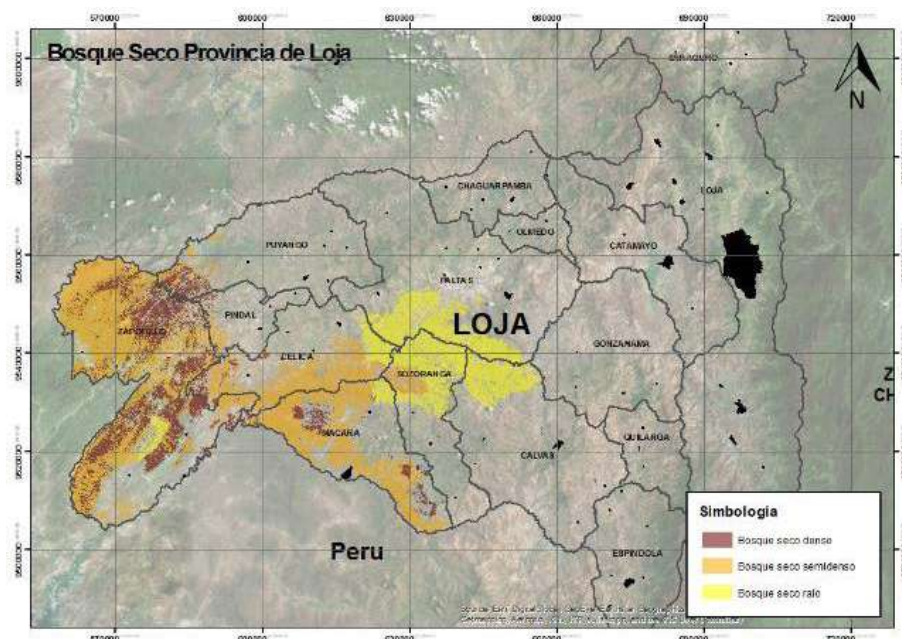


Figura 1. Localización de los bosques secos de la provincia de Loja.

Fuente: GAD provincial de Loja

### Bienes, Funciones y Servicios ecosistémicos

Los bienes ambientales son también llamados bienes ecosistémicos, los cuales son producto de la naturaleza, los seres humanos los aprovechan directamente, por ejemplo: agua, madera, frutos, forrajes, sustancias medicinales. Según, Rodas y Godínez (2012), pueden ser cuantificados y comercializados, son utilizados como insumo en la producción (materia prima) o como producto final, por lo tanto, es posible obtener un precio de mercado para la mayoría de ellos, lo que permite una estimación precisa de los ingresos generados por su aprovechamiento. Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios de los bosques, otros tipos de vegetación y sistemas productivos que favorecen al hombre y al funcionamiento del planeta (Rodas y Godínez, 2012, p. 35). Estos son, por ejemplo: captación hídrica, protección del suelo, fijación de nutrientes, control de inundaciones, retención de sedimentos, fijación de carbono, belleza escénica, protección de cuencas, protección de la biodiversidad. Sin embargo, la población no los reconoce, tiene escaso conocimiento sobre los servicios ambientales que presta la naturaleza,

ya que son intangibles, por lo que no valoran el bosque como tal, provocando sobreexplotación de los recursos naturales, sumado al uso irracional de los bienes ambientales, situaciones que no contribuyen al desarrollo sustentable de los bosques del país.

### Servicios ecosistémicos

Campos (2016) define a los servicios ecosistémicos como: los servicios que brindan los ecosistemas y agroecosistemas a la comunidad local, nacional e internacional y que inciden directa e indirectamente en la protección y mejoramiento del ambiente y por lo tanto en la calidad de vida de las personas (p.12). Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios de los bosques, otros tipos de vegetación y sistemas productivos que favorecen al hombre y al funcionamiento del planeta (Rodas y Godínez, 2012, p. 35). Estos son, por ejemplo: captación hídrica, protección del suelo, fijación de nutrientes, control de inundaciones, retención de sedimentos, fijación de carbono, belleza escénica, protección de cuencas, protección de la biodiversidad.

Sin embargo, la población no los reconoce, tiene escaso conocimiento sobre los servicios ambientales que presta la naturaleza, ya que son intangibles, por lo que no valoran el bosque como tal, provocando sobreexplotación de los recursos naturales, sumado al uso irracional de los bienes ambientales, situaciones que no contribuyen al desarrollo sustentable de los bosques del país. En la tabla 1 se puede observar algunas funciones y servicios ecosistémicos, con ejemplos que permiten comprender la diferencia entre estos.

Tabla 1. Funciones y Servicios Ecosistémicos que proveen los bosques secos de la provincia de Loja

FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	COMPONENTES Y PROCESOS DE LOS ECOSISTEMAS	EJEMPLOS DE BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
<b>Función de regulación: Provee una regulación de los procesos de los ecosistemas</b>		
Regulación de gases	Rol del ecosistema en ciclos biogeoquímicos (e.g. CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> , balance de la capa de ozono, etc.).	Protección UVb por O <sub>3</sub> . Mantenimiento de la calidad del aire Influencias sobre el clima. Mantenimiento de un clima favorable (ej. temperatura, precipitación). Balance de CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> . Niveles de SOx.
Regulación del clima	Influencia sobre el clima de la cobertura del suelo y de los procesos moderados biológicamente.	Regulación de los gases de invernadero
Mitigación de disturbios	Influencia de la estructura del ecosistema en el amortiguamiento de disturbios ambientales	Protección a tormentas. Mitigación de inundaciones. Recuperación por sequía y otros aspectos en respuesta de la variabilidad ambiental del hábitat controlado principalmente por la estructura de la vegetación
Regulación del agua	Papel de la cobertura vegetal en la regulación de escorrentías y descargas de ríos.	Drenaje e irrigación natural. Medios de transporte.
Suministro de agua	Filtración, retención y almacenamiento de agua dulce.	Provee de agua para uso de consumo

FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	COMPONENTES Y PROCESOS DE LOS ECOSISTEMAS	EJEMPLOS DE BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
Formación de suelos	Desgaste de la roca, acumulación de materia orgánica. Papel de las raíces de la vegetación y la biota del suelo en la retención del suelo.	Mantenimiento de la productividad en tierras cultivables. Mantenimiento de la productividad natural del suelo. Mantenimiento de la salud del suelo y ecosistemas productivos
Regulación de nutrientes	Papel de la biota en el almacenamiento y ciclaje de nutrientes.	Fijación de N, P del ciclo de nutrientes y otros elementos.
Polinización	Papel de la biota en el movimiento de los gametos florales.	Polinización de plantas nativas silvestres. Polinización de cultivos.
Control biológico	Control de la población a través de las relaciones dinámicas tróficas.	Control de plagas y enfermedades. Reducción de la herbivoría (daños a cultivos) por predadores topes.
<b>Función de hábitat: Provee de hábitat para las especies de plantas y animales silvestres</b>		
Función de refugio	Espacio adecuado vital para plantas y animales silvestres.	Mantenimiento de la diversidad biológica y genética (y por lo tanto la base de muchas otras funciones). Mantenimiento de especies cosechadas comercialmente.
Función de criadero	Hábitat de reproducción adecuado.	Caza, deportes, acopio de peces, frutos, cultivos de subsistencia a corta escala y acuicultura.
<b>Función de producción: Provee de recursos naturales</b>		
Alimentos	Conversión de luz solar dentro de plantas y animales comestibles.	Construyendo y manufacturando (ej. maderas, pieles).
Recursos genéticos	Evolución y materiales genéticos en plantas y animales silvestres.	Mejorar la resistencia de los cultivos contra patógeno y plagas. Modelos químicos y herramientas. Organismos de pruebas y ensayos.
Recursos medicinales	Variedad en sustancias (bio) químicas y otros usos medicinales en la biota natural.	Medicamentos y productos farmacéuticos.
Recursos ornamentales	Variedad de biota en los ecosistemas naturales con (potencial) uso ornamental.	Recursos para moda, artesanía, mascotas, culto, decoración, pieles, plumas, marfil, orquídeas, mariposas, acuarios, peces.
<b>Función de Información: Provee de oportunidades para desarrollos cognitivos</b>		
Información estética	Características atractivas del paisaje.	Disfrute de escenarios (camino escénicos).
Recreación	Variedad de paisajes con potencial uso recreativo	Viajes a los ecosistemas naturales por ecoturismo, paseos al aire libre, deportes, pesca deportiva.
Información cultural y artística	Variedad de características naturales y valores artísticos.	Uso de la naturaleza como motivos en libros, películas, pinturas, canciones, símbolos nacionales, arquitectura, publicidad.
Información cultural e histórica	Variedad en características naturales con valor espiritual e histórico	Uso de la naturaleza para propósitos religiosos o históricos (ej. valor de herencia del ecosistema natural y sus características).
Ciencia y educación	Variedad en la naturaleza con valor científico y educativo.	Uso del sistema natural para excursiones escolares. Uso de la naturaleza para investigaciones científicas.

Fuente: Tomado de Rodas y Godínez (2012), en base a Barrantes y Castro (1999)



## Funciones ecosistémicas

Las funciones ecosistémicas, según Rodas y Godínez (2014), son las interacciones entre las especies de flora y fauna de los ecosistemas (producto de la dinámica propia de los mismos), el espacio o ambiente físico (o abiótico) y la energía solar, dan origen a una serie de funciones ecosistémicas, también llamadas funciones ecológicas o ambientales. El ciclo hidrológico, los ciclos de nutrientes, la retención de sedimentos, son ejemplos de estas funciones, de esta interacción se pueden desprender variados bienes y servicios ambientales (p. 7).

## Biodiversidad de los bosques secos del sur de Ecuador

Los bosques secos de Loja (cantones Zapotillo, Macará, Célica, Pindal, Puyango, Paltas y Sozoranga) se han estudiado con intensidad; se reportan 219 especies de árboles y arbustos, de las cuales 19 son endémicas. Estos estudios indican que los bosques secos de la provincia de Loja son continuos y están en buen estado de conservación en comparación a sus similares de Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro y el norte peruano (Aguirre y Kvits, 2005; Aguirre, 2014). Los bosques secos de la provincia de Loja son importantes debido a la existencia de fauna única, por lo que es considerada como un EBA (Endemic Bird Area). Willians, (2005) citado por Montaña y Roa (2012) menciona que estos bosques están restringidos a un área geográfica pequeña (50 000 km<sup>2</sup>), entre Ecuador y Perú, son el hábitat de aproximadamente 500 especies de aves, 84 especies con una distribución limitada, de las cuales 15 están amenazadas; también viven 10 especies de mamíferos endémicos. Estos ecosistemas son muy frágiles, son el sustento de la población rural ya que satisfacen las necesidades de madera, leña, forraje y productos forestales no maderables (López, 2002; Aguirre, 2013).

Aguirre, Kvist y Sánchez (2006) describe las formaciones de bosques secos del Ecuador y se listan las especies de árboles y arbustos que crecen en estos bosques (a partir de 3 m de altura). Se reconocen siete formaciones de bosques secos: 1) Matorral seco espinoso, 2) bosque seco decíduo, 3) bosque seco semidecíduo, 4) bosque seco montano bajo, 5) bosque seco interandino del sur, 6) bosque seco interandino oriental y 7) bosque seco interandino del norte. Se registran 275 especies de árboles y arbustos; para cada especie se indica a qué formación de bosque seco corresponde y en cuáles provincias del Ecuador se encuentra. Actualmente casi no quedan extensiones intactas del bosque seco semidecíduo ni de las tres formaciones de bosque seco interandino (Aguirre, Kvist y Sánchez, 2006). Según Aguirre, Kvist y Sánchez (2006), las 275 especies registradas en los bosques secos del Ecuador, se distribuyen en dos formaciones, así: en el bosque seco semidecíduo (148) y el bosque seco decíduo (139). Las provincias con más especies son Loja (219), Guayas (169) y Manabí (143). Los resultados podrían reflejar que los autores han explorado Loja con mayor intensidad, pero los datos tienen sentido, considerando que los bosques secos de Loja están en mejor estado de conservación y tienen más formaciones de vegetación seca (5 de las 7 descritas).

En la costa, los bosques del litoral (Guayas, Manabí) son parecidos a los bosques de tierras bajas del sur (Loja, El Oro) y las formaciones boscosas de la costa también son parecidas, en particular los bosques secos deciduos y los bosques secos semideciduos. Igualmente, las formaciones boscosas de la sierra son parecidas; especialmente los bosques montanos bajos y los bosques secos interandinos del sur y del norte. El bosque seco interandino oriental es distinto. Las Leguminosae dominan los bosques secos totalizando 69 especies (= 25 % de las especies leñosas), le sigue Euphorbiaceae (12), Bignoniaceae (11), Cactaceae (11), Boraginaceae (10), Bombacaceae, Capparidaceae y Verbenaceae (8).

### **Servicios Ecosistémicos de los bosques secos del sur del Ecuador**

Dentro de los principales servicios ecosistémicos de los bosques secos se encuentran:

**Protección de biodiversidad:** para Guevara *et al.*, (2004) la caracterización individual y única de cada ecosistema obedece al tipo, cantidad y particularidades de las especies que lo habitan, así como la forma en que éstas interactúan entre sí y con su entorno. Sumado a esto la biodiversidad como factor determinante para definir los distintos tipos de ecosistema, e incluso para diferenciar la producción y la productividad en términos de proveer servicios ambientales. Para Guevara *et al.*, (2004) “he aquí la conservación de estos ecosistemas que favorezcan el equilibrio y la capacidad de autorregulación de los ecosistemas recuperados o en proceso de recuperación” (p.22).

**Belleza escénica:** para Guevara *et al.*, (2004) los ecosistemas se integran en formas caprichosas, la mayoría de las veces hermosas, generando espacios para la recreación y el disfrute de los diferentes paisajes y escenarios naturales. La naturaleza provee de belleza en sus más distintas expresiones y escenarios naturales. El servicio ambiental que aporta la belleza escénica es fundamental para el equilibrio del ser humano; además que se vincula con la conservación de estas áreas naturales pudiendo generar un encadenamiento de actividades productivas que fomenten el desarrollo comunitario sobre la base de la sustentabilidad. En el caso de los bosques secos el florecimiento de los guayacanes que sin duda constituye un espectáculo, que permite también el disfrute a turistas que contribuyen con el desarrollo de este sector. Este interés representa un enorme potencial económico que puede expresarse en formas organizadas para visitarlo con fines de aventura, de contemplación, educativo. Este servicio no solamente posibilita la recreación y la inspiración creativa, sino que también representa fuentes de trabajo y sustento para las comunidades aledañas, que con un adecuado trato y pago justo a los poseedores de estos recursos se podrán aprovechar conservando esta riqueza.

**Captura de carbono:** Los ecosistemas proveen varios servicios ambientales, siendo uno de ellos, el servicio ambiental captura de carbono, que es poco conocido y valorado y, que según Gore (2009), entre el 20-23 % de las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial o hasta el 25 % de dichas emisiones son capturadas por los bosques secos tropicales (INRENA, 2007). Los bosques secos capturan carbono, y pueden ayudar a remediar el calentamiento de la tierra, disminuyen el calentamiento global y estabilizan el cambio climático. Según Melo (2015), la captura de carbono se realiza únicamente durante el estado de desarrollo de los árboles, los cuales absorben CO<sub>2</sub> atmosférico, junto con otros elementos en el suelo y del aire, para convertirlos en biomasa expresada principalmente en forma de madera (biomasa). Las plantaciones forestales, por la gran cantidad de biomasa que producen por unidad de área, fijan

anualmente una alta cantidad de CO<sub>2</sub> que permanece acumulado en los árboles por largos periodos de tiempo (Melo, 2015, p. 70). Para cuantificar la cantidad de carbono eliminada hacia la atmósfera, la propuesta según Ravindranth & Oswald (2008) citado en Melo (2015), es realizar el establecimiento de plantaciones forestales, para lo cual es fundamental contar con herramientas adecuadas, como los modelos para la cuantificación de biomasa, los cuales permiten estimar con relativa precisión la biomasa de cada componente a nivel de árbol individual. Aguirre (2017), en la investigación titulada “Captura de carbono en el compartimiento leñoso del bosque seco en la provincia de Loja, con perspectivas de mercado”, se realizaron los cálculos de volumen y biomasa de los fustes de los árboles y considerando la densidad de madera de cada especie vegetal leñosa, se obtiene que en las 5 hectáreas de muestreo existen 164,49 t de carbono acumuladas; lo que significaría que en el compartimiento leñoso de los bosques secos de la provincia de Loja existen 32,90 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea.

**Protección hídrica:** el agua desempeña funciones vitales dentro de los procesos de formación y transporte de suelos, como soluciones nutritivas necesarias para el crecimiento y desarrollo de la vegetación. Según Encalada (2006), la relación entre los ecosistemas forestales y la disponibilidad y calidad del agua está determinada por dos aspectos fundamentales: 1) la estructura y fisonomía de la vegetación, y 2) su influencia sobre la estructura y estabilidad del suelo sobre el que se desarrolla. En cuanto a la estructura de la vegetación, esta influye sobre los flujos y la calidad de agua mediante varios mecanismos relacionados; la distribución espacial de los árboles y estructura del bosque determinan en gran medida la cantidad de agua de lluvia que puede ser retenida en el follaje antes de saturarlo. La estructura de la vegetación determina mayoritariamente la cantidad de agua de niebla que puede ser captada por el follaje y luego transportada al suelo.

El tipo de vegetación y su estructura determinan también la cantidad de agua que es absorbida del suelo y luego utilizada por la planta. Finalmente, la fisonomía de la vegetación es un factor determinante del microclima en el interior de un bosque, por lo cual influye directamente en la cantidad de agua que se pierde del suelo por evaporación. El segundo mecanismo mediante el que la vegetación afecta la cantidad y calidad del agua, está dado por su efecto sobre la estabilidad y estructura del suelo. Por un lado, el desarrollo de los sistemas radiculares de los árboles crea macro y microporosidades en el suelo las mismas que afecta directamente el flujo del agua en el suelo y su disponibilidad para las plantas. En vista de todos estos procesos, los bosques pueden ser considerados como captadores y transformadores de agua en donde el agua de lluvia o niebla es captada, transformada mediante la adición de elementos químicos presentes en los troncos y el follaje, y transportada al suelo donde la estructura física desarrollada por la vegetación regula el flujo y modifica aún más el contenido químico del agua.

Los servicios ecosistémicos hídricos proporcionados por los ecosistemas boscosos y que son consideradas en términos de los esquemas de PSA vigentes son: (i) Regulación de flujo: mantenimiento en temporada de secas y control de caudal; (ii) Mantenimiento de calidad hídrica, control de carga de sedimentos, control de carga de nutrientes (por ejemplo fósforo y nitrógeno), control de carga de sustancias químicas y salinidad; (iii) Control de erosión y sedimentación; (iv) Reducción de salinidad del suelo, regulación del nivel freático, y (v) Mantenimiento de hábitats acuáticos (por ejemplo mantenimiento de la temperatura del agua, áreas de sombra en ríos y arroyos, manteniendo la cantidad adecuada de astillas de madera en el agua).

## Bienes ambientales de los bosques secos

Dentro de este grupo de bienes ambientales en el ecosistema a analizar se encuentran algunos que se conocen como Productos Forestales no Maderables.

Los productos forestales no maderables “son bienes de origen biológico, distintos de la madera, derivados del bosque, de otras áreas forestales y de los árboles fuera de los bosques” (FAO, 1999; FAO, 2008). De los cuales existen algunas categorías de Productos Forestales No Maderables que pueden ser: Alimentos y Bebidas, aceites esenciales, artesanías, medicina humana, medicina veterinaria, tóxicos (utilizados para lavar, pescar, insecticida), látex, resinas, colorantes, tintes, forraje, usos en rituales, uso ornamental, miel de insectos, fibra para cercos, sogas y construcciones, materiales de construcción y herramientas de labranza.

En la provincia de Loja, al sur del Ecuador se ha investigado escasamente los productos forestales no maderables; Aguirre *et al.*, (2001) y Sánchez *et al.*, (2006) realizan las primeras observaciones sobre el uso y aprovechamiento de las plantas en los diferentes espacios culturales y en el tiempo, desde este tipo de bosque, ubicados en el extremo suroccidental del Ecuador.

Una investigación realizada por Aguirre (2014), titulada “Productos forestales no maderables de los bosques secos del cantón Macará, Loja-Ecuador”; en donde se levantó información mediante encuestas, la población local reconoce 111 especies que pertenecen a 103 géneros de 52 familias, que proveen productos forestales no maderables. Estas especies crecen en el bosque, en vegetación de galería, áreas abiertas y otras son toleradas en las huertas; resultados comparables con lo reportado por Aguirre *et al.*, (2001) que registraron 51 especies útiles; también que Sánchez *et al.*, (2006) que identificaron 81 especies en un área geográfica más grande y es menor comparando con el estudio realizado por Zamora (2002) en tres comunidades, que registró 165 especies útiles.

Las principales especies de árboles que se aprovechan son el Ceibo (*Ceiba trichistandra* (A. Gray) Bakh), Overall (*Cordia lutea* Lam.) y Pasallo (*Eriotheca ruizii* (K. Schum) A. Robyns). Seguidos del Charán (*Caesalpinia glabrata* Kunth), Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), Guápala (*Simira ecuadorensis* (Standl.) Steyerl), Higuerón (*Ficus citrifolia* Mill.), palo santo (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch), porotillo (*Erythrina velutina* Willd), zapote de perro (*Colicodendron scabridum* (Kunth) Seem) (Aguirre, 2014). Las tres especies con mayor valor de uso pertenecen a las categorías de alimentos y bebidas, artesanías, medicina humana, medicina veterinaria, látex/ resinas, colorantes y tintes, forraje, místico/ rituales, ornamental, miel de insectos, fibra para sogas, cercos y construcciones y materiales de construcción/ herramientas de labranza (Aguirre, 2014).

Concluye en que los niveles de aprovechamiento de PFM no son elevados, por lo que las especies típicas que brindan PFM mantienen su dinámica población, existiendo el riesgo que la extracción excesiva o incremento del aprovechamiento podría ocasionar la alteración de la estructura del bosque.

## ■ CONCLUSIONES

La valoración de los bienes y servicios ecosistémicos no siempre ha estado presente en la conciencia colectiva, conduciendo ello a la escasa preocupación por su uso racional y eficiente, ya que la población de la zona utiliza los bienes ambientales de manera no sostenible, lo que pone el peligro al bosque como ecosistema.

La vulnerabilidad de los bosques y sus servicios ambiental al cambio climático, lo cual hace que los bosques secos sean ecosistemas muy vulnerables por ejemplo una reducción en los niveles de precipitación puede incrementar la probabilidad de incendios forestales, sobre todo en los bosques tropicales secos. La frecuencia e intensidad de los incendios depende de la condición hidrológica del bosque así como de la disponibilidad de materia seca, factores que a su vez dependen de las condiciones climáticas.

Al conocer los bienes y servicios ambientales, la población local podrá no solamente conocer la productividad del bosque en términos económicos, y entonces el no usar los bosques para otras actividades, se valora por la cantidad de bienes y servicios ecosistémicos que está prestando a la sociedad en general. Al destruir los bosques se afecta también al recurso hídrico dando origen a uno de los problemas que soportan las poblaciones urbanas y rurales en el Ecuador como es la escasez de agua para consumo humano y riego, debido al acelerado proceso de deforestación de los bosques en las partes altas y a la degradación de los páramos por las constantes quemas y el sobrepastoreo, tomando en cuenta que la principal función de estos ecosistemas es la captación y regulación hídrica.

Uno de los mayores retos para la sociedad es desarrollar técnicas que permitan el aprovechamiento sustentable de los bienes y servicios ecosistémicos del bosque seco, ya que los bienes no tienen un valor económico en el mercado. La relación real entre variables como la producción económica, los efectos ambientales y la calidad de vida a todos los niveles de la actividad económica y social no ha sido todavía aprehendida en su totalidad. El valor económico de los recursos naturales y los ecosistemas, su contribución al progreso, su importancia en relación con el capital físico y humano, el grado de su agotamiento y deterioro y los efectos de ese deterioro en el bienestar humano son desconocidos en la mayoría de los casos.

En el bosque seco se encuentran los siguientes bienes ambientales: aceites esenciales, artesanías, medicina humana, medicina veterinaria, tóxicos (utilizados para lavar, pescar, insecticida), látex, resinas, colorantes, tintes, forraje, usos en rituales, uso ornamental, miel de insectos, fibra para cercos, sogas y construcciones, materiales de construcción y herramientas de labranza; considerados productos forestales no maderables, su uso racional contribuye al desarrollo sustentable.

El bosque seco de la provincia de Loja captura carbono y agua, es por ello que la diversidad de especies que habitan e interactúan en los bosques tienen gran importancia, lo que habla de una mayor concentración de organismos haciendo un uso más eficiente del espacio.

### **Contribución de autores**

NIAP: realizo la sistematización de información y elaboración del documento inicial, JA y JG apoyaron en la revisión del documento final e hicieron aportes al contenido.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, N. (2017). *Captura de carbono en el compartimiento leñoso del bosque seco en la provincia de Loja con perspectivas de mercado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Aguirre, Z., Cueva, E., Merino, B., Quizhpe, W. y Valverde A. (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. y Kvist, P. (2005). Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. *Lyonia*. Volumen 8 (2): 41-67.
- Aguirre, Z., Kvist, P. y Sánchez, O., (2006) Bosques secos en Ecuador y su diversidad. Universidad Mayor de San Andrés. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. p. 162-187.
- Aguirre, Z. y Kvist, L. (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.
- Aguirre, Z. (2013). *Estructura del bosque seco de la provincia de Loja y sus productos forestales no maderables: caso de estudio Macará*. Tesis Doctoral. Universidad Pinar del Río. Cuba.
- Aguirre, Z. Betancourt, Y. y Geada, G. (2013). Composición florística, estructura de los bosques secos y su gestión para el desarrollo de la provincia de Loja, Ecuador. *Revista científica Avances*. Volumen 15 No. 2. Pinar del Río, Cuba.
- Aguirre, Z.; Betancourt, Y.; Geada, G. (2013). Regeneración natural en los bosques secos de la provincia de Loja y su utilidad para el manejo local. *Revista CEDAMAZ*. 3(1): 54-65.
- Aguirre Z. (2014). *Estructura del bosque seco de la provincia de Loja y sus Productos Forestales No Maderables: caso de estudio Macará* Tesis Doctoral. Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas* 21 (1-2): 136-147
- Campos, E. (2016). *Valoración Económica del Servicio de Producción Hídrica de la Microcuenca del Rio Blanco. Proyecto de titulación de la Maestría en Economía y Administración Agrícola*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Cañadas, L. (1983). *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. MAG-PRONAREG. Editores Asociados. Quito, Ecuador. 210 p.
- 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.
- 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.
- Encalada, G. (2009). *Pago por Servicios Ambientales del Recurso Hídrico como una alternativa de conservación*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Ecuador.
- Espinosa, C.I., De la Cruz, M., Luzuriaga, A. L. 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.
- Espinoza, J. (2014). *Plan de Negocios para un almacén de vidrios, aluminios y policarbonato en Quevedo*. Facultad de Empresas y Negocios. Universidad Técnica Equinoccial.

- FAO. (2008). Productos forestales no maderables. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [disponible en: [www.fao.org/forestry/site/6388/es](http://www.fao.org/forestry/site/6388/es)].
- Guevara, A., Pérez, M., Braña, J. Estrada, M., y Gil, M. (2004). Introducción a los servicios ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico “Jhon Von Neuman” - IIAP, (2012). *Valoración integral de los bosques secos del Dagua, valle del Cauca*. Colombia.
- López, F. (2002). Ecuador-Perú, conservación para la Paz. *Editorial UTPL*. Loja, Ecuador. P 73-76.
- Melo, O. (2015). *Modelación del crecimiento, acumulación de biomasa y captura de carbono en árboles de Gmelina arborea Roxb., asociados a sistemas agroforestales y plantaciones homogéneas en Colombia*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. 14 de septiembre de 2016, del Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia, sitio web: <http://www.bdigital.unal.edu.co/50068/1/5937625.2015.pdf>
- Montaño L. y Roa J.C. (2012). *Estado actual de la conservación de los bosques secos pluvies-tacionales del suroccidente de la provincia de Loja*. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales, INRENA (2007). *Perú Forestal en números*. MINAG, Perú.
- Rodas, V. y Godínez, B. (2012). *Manual para la implementación de mecanismos de Pago por Servicios Ambientales (PSA)*. San Marcos-Guatemala: Ambiens Infinitus.
- Sánchez, O.; Kvist, L.; Aguirre, Z. 2006. *Bosques secos en el Ecuador y sus plantas útiles*. Pp 188 – 204 En: Morales, R.; Ollgaard, L.; Kvist, F.; Borchsenius & H, Balslev, H. 2006. (Eds.) *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia. 557 p.
- Webber, L. (2009). Diagnóstico y plan de monitoreo de la calidad del agua en las Áreas de interés hídrico de los cantones Celica, Pindal, Puyango y Macará. *Naturaleza y Cultura Internacional*. Loja, Ecuador.



REVISTA INDEXADA  
**BOSQUES LATITUD CERO**

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

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

## Octava Edición

ISSN: 2528-7818

ISSN 1390-3683

**Periodicidad:** Semestral

**Publicación:** Digital

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

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

**Página Web:** [www.revistas.unl.edu.ec](http://www.revistas.unl.edu.ec)

**e-mail:** [bosqueslatitudcero@unl.edu.ec](mailto:bosqueslatitudcero@unl.edu.ec)

Indizada/Resumida en Latindex-Directorio

**Folio:** 16056

2018

LOJA-ECUADOR

### **Diseño, Diagramación y Portada:**

*Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo*

### **Diseño de logotipo:**

*Ing. Vinicio Alvarado Jaramillo*

### **Fotografía:**

*Ing. Nelson Jaramillo*

### **Revisión de Abstract:**

*Ing. Clemencia Herrera*

### **Institución Editora:**

*Universidad Nacional de Loja*

### **Código Postal:**

*110150*

### **Ciudad:** Loja

**Parroquia:** San Sebastián

**Teléfono:** (+593) 07 - 2547275

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

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

Para ver una copia de esta licencia visite:

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

